

地域レベルでの環境容量の試算と環境負荷の要素分解*
—石高データを活用した「成長」と「環境」のアンチノミー分析—
Designation of Environmental Capacity and Load Factors at Regional Scale*

—Antinomy Analysis between Growth and Environment Based on Koku of Rice Data —

谷口守**, 阿部宏史**, 足立佳子***

By Mamoru TANIGUCHI**, Hirofumi ABE**, Yoshiko ADACHI***

1. 本研究の背景

(1) 濫用される「持続可能性」

1987年の国連総会に「環境と開発に関する世界委員会」から提出された報告書“our common future”¹⁾において広く提示された「持続可能な開発」という概念は、今日では行き渡り、地域における計画に関わる様々な場面において頻繁に用いられる便利な用語となっている。しかし、その一方で「持続可能性」の定義は明確でなく、言葉が個別の目的に応じて濫用されているという現実もある。理屈の上では、持続可能であるためには厳密には人間の活動量がその地域における一定の環境容量を越えないことがその前提となるはずである。

しかし、そのような地域レベルでの環境容量の指標化は容易ではなく、現在までに粗いレベルでも検討されていないのが実情である。そのことを端的に示す例として、「環境容量」という単語でYahooによるホームページ検索を行う（平成14年2月時点）と約1200件ものサイトがヒットする。しかし、その中のごく一部に環境容量の計測を試みようとするサイト²⁾や、狭小なビオトープレベルで生物個体数を数えようとする試みが見られるだけで、実際に地域スケールで正面から環境容量を定量的に扱ったものは見当たらない。これらの諸サイトの中には環境容量計測の本質的な難しさを指摘するものも多い。オランダなどにおいてその計測を試みたケースも実際にはある³⁾が、持続可能を想定する年限が短いなどの諸点において、限界があるものである。これらのことから、地域レベルで持続可能性の定量的検討を実現するためには、ある程度の分析の粗さを容認した上で、一般的な地域分析の枠組みやスケールに縛られない斬新な発想に基づく検討が求められる。

(2) 「環境負荷を配慮しない成長政策」と 「成長を配慮しない環境保全政策」

一方、地域における諸計画の過去からの経緯を見ると、最近までは人口の成長をはじめとする地域成長が持続可能な環境保持よりも重視されてきたという事実がある。ごくマクロにとらえれば、歴史的には地域の環境負荷を高めることと引き換えに地域成長を実現してきた部分が多いことは否めない（環境負荷を考慮しない成長政策）。また、この逆に、近年では環境負荷を軽減することに注意が注がれるようにはなったが、それによって実現され得た地域の成長力が損なわれることには全く無頓着な議論も多い（成長に配慮しない環境保全政策）。これら両者の共通点は、一方を重視することによって一方が損なわれるかもしれないというジレンマの直視を避けることにある。このようなアンチノミーの存在をまず認識することが、地域成長と持続可能性を議論する上で重要になる。そしてそれは、ごくマクロにとらえることを許せば、地域の成長と持続可能性の確保は表裏の関係にあるという研究フレームの論拠となる。（もちろんミクロなレベルにおいて、成長と環境の両立をはかる努力を怠るべきではないことは言うまでもないが、本論文では上述したようなマクロな領域での方法論の検討を研究対象としている。）

どの程度の地域成長を実現し、その反面どの程度まで環境負荷を容認するかということは、それぞれの時代や地域によって考え方に違いが有って然るべきであろう。しかし、その客観的な議論のために、各種の（成長）政策によってどの程度環境負荷が高まり、またこの逆にどのような政策要素が地域成長を抑制するかを同一尺度上で数値化しておくことが望ましい。それが可能となれば、少なくともマクロなレベルでジレンマを直視することは可能になる。このようなアンチノミー（同じ政策を行っても、それを環境負荷の側面から捉えるか、もしくは地域成長の側面から捉えるかで、その評価がプラスマイナス逆転するという二律背反的性質を指す。）としての問題認識と、それに基づく成長と環境負荷の同一尺度上での検討が本研究の基本的な文脈となる。

*キークズ：地域計画、計画基礎論、環境計画

** 正員 工博 岡山大学環境理工学部

(岡山市津島中3-1-1 Tel: 086-251-8850

E-mail: mamoru34@cc.okayama-u.ac.jp)

*** 正員 米子市役所

2. 既存関連研究と本研究の目的

(1) 環境容量計測の試みとその現実

マクロな地球環境容量に関する最も基礎的で、かつ歴史の有る考え方は、「いったい何人の人間が食糧供給から考えて養えるか？」というものである。このような環境容量に対する着想は、1924年にプロイセン科学アカデミーで Penck が講述した「地球表面とそこから生み出される栄養で生活している人間との関係」に遡ることが可能（印刷物としての公表は1925年⁴⁾）である。ここで彼は地球の人口は、「全体の食糧生産量」を「人間一人が必要とする平均的な栄養量」で割った値で定めるのが適切であると述べている。本研究は地域環境容量を検討するにあたり、食糧供給をベースにし人口を代理指標とするため、この Penck の発想にその基礎をおいていと解釈することが可能である。

このような食糧供給に基づく人口指標に基づき、地球全体の環境容量を実際に算出しようとした既存研究は実は数多い。それらの成果は既に整理されている⁵⁾ため、本論文では解説に紙数を割かないが、ここでは参考のために両極端（最大と最小）の計算例を2例示すのみに留める。まず、地球全体での扶養可能人口の最高値として1,570億人⁶⁾という数字を示した研究がある。この計算では農業が可能な土地をすべて考慮し、その地力を最大に活かすという前提で計算がなされている。一方で、地球全体での持続可能人口を、10億人とした研究例⁷⁾もある。この研究では全世界の人間が米国民と同じ生活水準で活動するという前提のもとで計算がなされている。この他の研究も、その計算の前提に応じて、この最高値と最小値の間で様々に散らばった値を解としている。

これらの研究例から言えることは以下の2点である。

- 1) 計算の絶対的な前提条件が一つに決められる訳ではないため、環境容量を一つの真値として算出しようとする自体、そもそも無理な試みである。
- 2) 地球レベルでは環境容量を概算できても、分析に適した地域範囲をどう定めるかという難しさもあり、地域レベルでの検討は十分になされていない。

また、以上のような既存研究の知見から、人口指標に基づいて地球環境容量を定義しようとする自体は方法論として既に認知されており、地球ベースでは具体的な数値としてある程度の数値が更に出されていることがわかる。ただ、それらの問題点としては地域レベルでの計測方法が具体的に存在しなかったため、各地域における具体的な政策論に発展する余地が無かった点である。本研究は、既存研究で達成できていなかったこの地域レベルの問題を可能にする研究として位置づけることができる。

なお、地域における人口指標はその地域の成長を表現

する代理指標として見なされてきた側面が現在までは強かった。しかし、本研究では環境負荷を間接的に表現する代理指標として人口を捉え直そうというスタンスに立っている。このような新たな視点は従来の固定観念からみれば強引に映る側面も有るようだが、現実には成長管理政策など地域人口の抑制を通じて環境水準を達成しようとする政策は既に数多く存在している。その意味で、むしろ現実の社会が既に本研究の基本的な考え方に対する根拠と妥当性を既に提示しているといえることができる。

本研究では、その地域レベルでの環境上の人口容量算出を目的の一つとするが、地球レベルでの既存研究結果から考えて、前提の置き方によってその値はかなりの幅を持つはずであり、絶対的に厳密な真値を得ることが可能だとは考えていない。しかし、だからといって何もできないというのではなく、政策間、及び地域間での相対的な比較検討に役立てていくことは最低限必要であるし、またそれは本論文で示すような方法や工夫次第によって、地域レベルでもある程度は達成可能と考えている。すなわち、以下における検討内容は、絶対的精度の確保は難しくとも、相対的な政策の検討には耐えうるという性格のものであることに注意が必要である。

(2) 本研究の目的と内容

本研究では地域の環境容量を具体的に表現する方法を提案し、実際にその方法を適用することを目的とする。また、現在の各地域の活動水準がこの環境容量をどの程度越えたものになっているかを具体的に算出し、そのような環境負荷が生じた理由をモデル分析によって定量的に明らかにする。研究の具体的な内容としては、下記の通りである。

- 1) 近代的な機械技術や化学肥料及び高速交通機関が利用不可能であった江戸初期における各藩の石高データを利用することにより、環境容量を「持続可能人口」という粗い指標で表現する方法を提案する。
- 2) 1)で提案した方法を実際に適用することで、地域ごとの持続可能人口を明らかにする。また、算出した持続可能人口と現人口を比較し、現在各地域においてどれだけ環境面での負荷が生じているかを「地域環境負荷率」という指標によって表現する。
- 3) さらに、基盤整備、国土計画、諸政策、災害など、何が地域環境負荷率に影響を及ぼしたのかをモデル分析により明確にし、あわせて「環境」と「成長」に関する長期的な二律背反問題（アンチノミー）について同一尺度上で言及を行う。

3. 本研究の特徴と使用データ

(1) ベンチマークとしての江戸初期

本研究が依拠する基本的な考え方は、江戸初期を持続可能な社会としての一つのベンチマークとして位置づけて地域の環境容量を人口ベースで算出し、そこから現代社会がどれだけ隔たっているかという観点から環境負荷を求めるものである。ここで江戸初期をベンチマークとして採用したことの理由は、以下の通りである。

- 1) 江戸初期は社会が安定する一方で、科学技術が未発達なため資源循環型生活がまだベースとなっており、持続可能型社会のモデルとして設定しても大きな無理が少ない⁹⁾。
- 2) 一方で、環境容量計測の難しさの本質は、計測地域単位を論理的に決めることが難しく、地域単位の大小で結果が全く違ってしまいうことにある。この面でも江戸初期の「藩」という地域単位は、近代的な交通網が存在しない状況下で比較的完結した生活・経済圏を成すものであり、わが国で地域環境容量を考える際の分析単位としては最適といえる。
- 3) 本研究では食糧生産に基づいた検討を行うが、現代の農業による食糧供給は既に持続可能な域を越えているという指摘¹⁰⁾が既に各所でなされている。このため、化学肥料の使用や新田開発など、地域の食糧生産において近代的な「無理」がかかる以前の時代（江戸初期以前）をベンチマークとすることを一つの考え方として採用することが考えられる。
- 4) またこの逆に、時代を昔に遡るほど地域の正確な情報を得ることは困難になる。本研究では人口統計が存在しない状況で地域人口を全国横断的に一定の精度を確保して推計する必要があるため、石高情報が存在する江戸初期以降しかデータ分析は事実上難しい。
- 5) さらに、江戸初期に決定された石高は、それ以降の江戸期の地域開発に応じて改訂されていない。このため石高データを利用する場合、実際の地域における生産高との一致状況が一番よい（精度が一番高い）のは江戸初期である。

一方、このような設定を行うことには問題もある。例えば、江戸初期は既に完全な農本型循環社会ではなく、農業以外が支える人口も数多く存在した。本研究では都市人口を除外する方法を採用してバイアスの最小化を試みてはいるが、その影響を完全に除去できたわけではない。実証分析の形態をとる以上、いずれかの時点にベンチマークを設ける必要があり、本研究では上記に整理したような理由から、現実にはデータ分析が可能であり、かつ、相対的な検討を行う上で問題点が最も少ないと考えられた江戸初期を採用した。このような実証研究では、どの時点をベンチマークに取り上げてもそれに対する批判は容易である。この江戸初期というベンチマークの設定に対しても何か問題指摘を行うのは実に簡単なことではあるが、それはむしろ個人的な見解の相違であり、討

議として誌上での意見を期待したい。

(2) 石高データの活用

一方、人口調査の開始は江戸も後半にさしかかった頃から試みられている¹⁰⁾が、本研究に利用するには網羅性を備えておらず、時代も本研究の目的に照らすと少し遅い。このため、本研究では各藩ごとに示されている江戸初期の石高データを人口に換算することにより、地域環境容量を求めた。石高に着目した研究は主に歴史分野において、石高制の成立過程、生産高との対応、封建制度としての石高制など多岐に渡る¹¹⁾。それらの成果から、石高制は米の商品化の進んでいた畿内からはじまり、豊臣政権により確立され、江戸初期の石高は当時の藩域の生産力を比較的正確に反映していたことが指摘されている¹²⁾¹³⁾。一方、石高データを統計的な視点から扱ったり現在の人口レベルと比較しようとした既存研究¹⁴⁾はほとんどなく、それらも少ないサンプルによる単純な比較分析で、都市と藩域の対応関係も明確でない。本研究では実際に藩域を考慮することで、ポイントレベルの検討ではなく空間的な領域ベースでの議論を可能とした。

3. 地域別持続可能人口の算出方法

(1) 持続可能人口の定義と算出式

本研究ではその地域内部の基本的な農業生産によって養うことのできる人口を、その地域の「持続可能人口」(sustainable population)と定義する。ここで述べる農業生産とは、近代的な機械技術や化学肥料及び高速大量交通機関の使用を前提とするものではなく、地域の地力を正確に反映した農業生産力として捉える必要がある。その点で、現在の農業生産高より、近代化以前の各地域の米作による農業生産高がこの概念に対応する。この定義に基づくと、各地域における具体的な持続可能人口は、下記の式で算出される。

$$P_i = \alpha \cdot K_i \quad (1)$$

ここに、 P_i : 地域 i における持続可能人口

α : 石高当たり扶養可能人口

K_i : 1664年における地域 i の(表記)石高

江戸初期として1664年を採用した理由は補注(2)に示す。 α は前提とする条件によってかなり変動することが予想され、正確な値を求めることは容易ではない。このため、本研究では1) 総人口を通じて求める方法と、2) 米の一人当たり消費量を通じて求める方法の考え方の異なる2法を提案する。それぞれの方法でとりうる α 値の最大・最小値を求め、その中間値を算出することで各方法による α 値を求める。さらに、この2種類の異なる方法によって求めた α 値を平均することで最終的な α 値を決

定する。

(2) 総人口を用いた α 値の算出

まず、第一の方法として、当時の総人口（域内での農業生産に依存しない都市部を除く）を当時の総石高で除す（2）式によって α 値を求めた。

$$\alpha = \{Q - \sum P_j\} / \sum K_i \quad (2)$$

ここに、Q：1664年における日本の総人口

P_j ：域内での農業生産に依存しない都市部
の人口

実際には以下のような手順で計算を行っている。

- 1) Qは諸資料より推計されている1573～1614年と1721年の総人口値¹⁸⁾³⁾をもとに内挿法によって算出を行い、22,473,790人という値を得た。
- 2) 当時の江戸、大坂、京都の人口を求め⁴⁾、さらに公家・寺社・3都市以外の農業生産に依存しない都市（長崎など）も含めて200万人を農業生産を前提としない人口として総人口から除外した。この値の正確な数値を知るのは難しいが、本分析ではあくまで全人口の1割に満たない程度という考えにたつた概算であり、今後検討を通じてより正確な値に改善する必要がある。
- 3) 日本全国の総石高は、1664年における各藩の石高データ¹⁹⁾を総計し、1798.34万石という値を得た。
- 4) これらの数値に基づいて（2）式の計算を行ったところ、 $\alpha = 1.138$ という値が得られた。しかし、地域における農業生産はすべてその地域の住民を扶養するために費やされるわけではなく、実際には5公5民などの厳しい租税の取り立ての結果、1石当たりでより数多い人間を扶養していたはずである⁵⁾。このため、厳しい租税徴収の代名詞である5公5民に基づく税徴収が実施された場合を α の最大値($1.138 \times 2 = 2.276$)、最小値を1.138と想定する。
- 5) 以上の結果、総人口を用いた α 値として、上記の平均値 $(1.138 + 2.276) / 2 = 1.707$ を採用する。

(3) 米の一人当たり消費量を用いた α 値の算出

個人差や時代差はあるが、個人の実際の米消費量から直接 α 値を求めることも可能である。現在の米の消費量は一人当たり66kg²⁰⁾であり、 α 値に換算すると1石は150kgであるため $\alpha = 2.273$ となる。現在は食事に副食の占める割合が高く、栄養源として米に頼る部分は少なくなっているため、この α 値をこの方法に基づく最大値と考える。一方、この30年間で一人当たり米の消費量はおよそ50kg減少しており²⁰⁾、過去の実測に基づくデータ²¹⁾では昭和初期には一人1日3合を食していたことが記録されている。この場合の年間の一人当たり消費量は164.25kg

に相当する。この値を α 値に換算すると $\alpha = 0.913$ となり、 α 値の最小値と考える。以上の結果、米の一人当たり消費量を用いた α 値として、 $(0.913 + 2.273) / 2 = 1.593$ を採用する。

(4) α 値の算出結果

以上（2）、（3）の結果を平均すると、 $(1.593 + 1.707) / 2 = 1.65$ となり、この値（1.65）を本研究では α 値として以下の検討で用いる。

(5) 分析対象藩と藩域の確定

本研究では分析精度を確保するため、以下の分析においては次の3種類の地域は分析対象から除外した。1) 1964年において5万石未満の規模の藩、2) 実際の米作には限界があり、石高と地域の実状が対応していない藩（対馬藩及び南部藩以北）、3) 正確な石高が明確でない徳川本家（天領も含め）、寺社領、天皇領。この結果、分析対象としたのは表-1及び図-1に示す87の諸藩である。

なお、本研究はポイントベースの分析ではなく藩域の広がりまで考慮した検討を行うため、各藩域と現在の市町村の対応関係を明確にする必要がある。具体的には、各藩域の現在人口を求める際、図-1に示す藩の境界情報¹⁹⁾に基づき、藩域に対応した正確な現在人口を求めた。また、藩と市区町村の境界が対応しないものについては、面積比に合わせて人口分割を行うことで現在人口を求めた。現在の各市区町村の人口値としては、1995年の国勢調査結果を用いた。

4. 地域別の持続可能人口と環境負荷率の算出結果

(1) 地域持続可能人口の算出結果

地域持続可能人口の算出結果を図-2に示す。 α 値は全国共通としたため、藩間の持続可能人口比は石高比と一致する。また、図-2には、藩域ではなく現在の都道府県境界を参考のため記入している。

(2) 地域環境負荷率の算出方法

地域環境負荷率は、環境容量（地域持続可能人口）に対する、地域の現在人口値を比率で示した指標として定義する。この式だけを見た場合は、これだけで地域環境負荷を表現すると考えてよいのか、やや強引に映る側面もあろう。しかし、2.(1)およびその他の部分においても既に述べた通り、地球全体における環境負荷を考える場合には、既存研究においてこの式から i が落ちただけの形で既に数多くの議論が積み重ねられており、一つの自然な考え方として広く受け入れられている。本研究ではそれと同様の議論を地域ベースにいかんにかブレークダウンするかという性格を持つものであり、その意味で最低

表-1 分析対象とした藩名一覧

No.	藩名	No.	藩名	No.	藩名	No.	藩名
1	秋田藩	23	川越藩	45	和歌山藩	67	徳島藩
2	仙台・一関藩	24	佐倉藩	46	彦根藩	68	高松藩
3	山形藩	25	小田原藩	47	膳所藩	69	丸亀藩
4	新庄藩	26	村上藩	48	宮津藩	70	松山藩
5	庄内藩	27	新発田藩	49	岸和田藩	71	大洲藩
6	米沢藩	28	長岡藩	50	出石藩	72	宇和島藩
7	会津藩	29	高田藩	51	明石藩	73	高知藩
8	中村藩	30	富山藩	52	篠山藩	74	小倉藩
9	二本松藩	31	金沢藩	53	姫路藩	75	久留米藩
10	三春藩	32	大野藩	54	赤穂藩	76	柳河藩
11	平藩	33	福井藩	55	淀藩	77	佐賀藩
12	棚倉藩	34	小浜藩	56	郡山藩	78	唐津藩
13	白河藩	35	甲府藩	57	鳥取藩	79	福岡藩
14	水戸藩	36	上田藩	58	松江藩	80	平戸藩
15	笠間藩	37	松代藩	59	浜田藩	81	熊本・宇土藩
16	古河藩	38	松本藩	60	岡山藩	82	岡藩
17	館林藩	39	名古屋藩	61	津山藩	83	中津藩
18	宇都宮藩	40	加納藩	62	福山藩	84	臼杵藩
19	前橋藩	41	大垣藩	63	松山(高梁)藩	85	県(延岡)藩
20	高崎藩	42	桑名藩	64	三次藩	86	飫肥藩
21	忍藩	43	亀山藩	65	広島藩	87	鹿児島藩
22	岩槻藩	44	安濃津藩	66	下松・萩・長府藩		

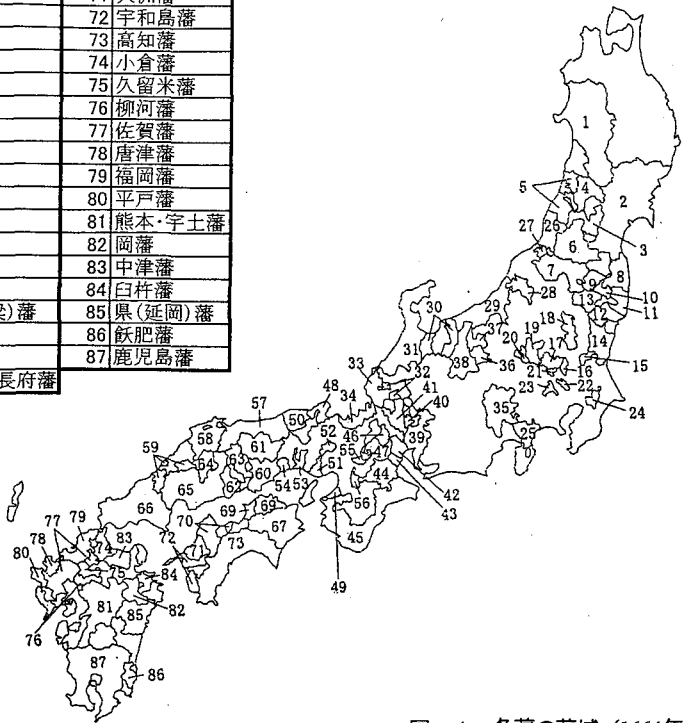


図-1 各藩の藩域(1664年)

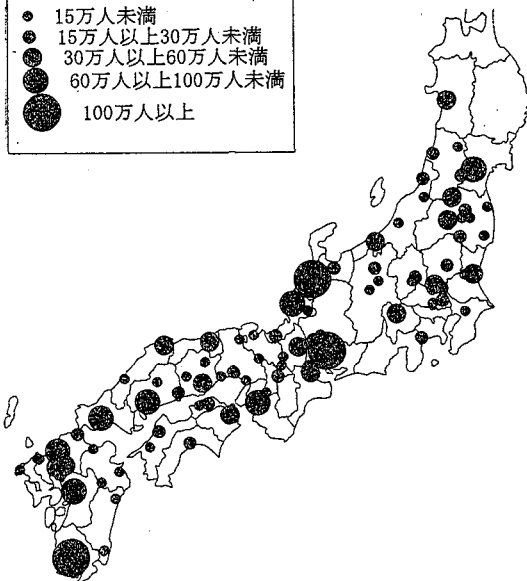
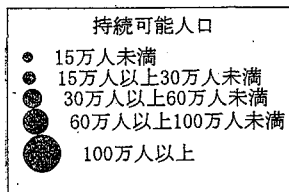


図-2 地域別持続可能人口

限の根拠と妥当性を有するものである。

$$E_i = PP_i / P_i \quad (3)$$

ここに、 E_i : 地域 i における環境負荷率

P_i : 地域 i における持続可能人口

PP_i : 地域 i における現在人口

この地域環境負荷率は、人口という視点から地域環境にどれだけ負荷が及んでいるかを示すことに加え、近代化や様々な地域整備プロセスを通じて、持続可能な人口レベルからその地域がどれだけ成長したかを示す指標と解釈することも可能である。

(3) 地域環境負荷率の算出結果と考察

地域環境負荷率の算出結果を図-3に示す。大きな傾向として、現在の3大都市圏周辺及び太平洋ベルト地帯に属する藩域で環境負荷率が高い傾向が見られる。この逆に日本海側の藩域などでは環境負荷率が100%に満たない地域もある。

全体的にみて、地域によって環境負荷率のばらつきは

表-3 地域環境負荷率（地域成長）に関する
要素分解モデル

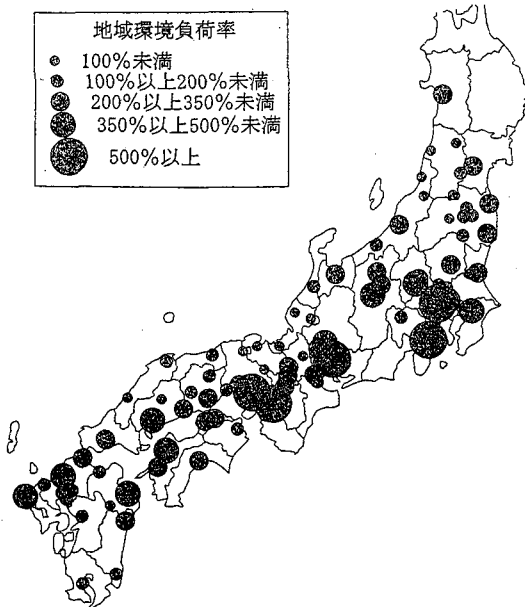


図-3 地域環境負荷率の算出結果

No.	説明変数名	非標準化係数	標準化係数	t値
1	3大都市衛生都市ダミー	285.3	0.64	8.02
2	地方中枢都市ダミー	129.3	0.22	3.88
3	軍事都市ダミー	107.4	0.21	3.69
4	関東地方ダミー	67.5	0.16	2.97
5	国内線空港ダミー	46.6	0.13	1.86
6	県庁所在地ダミー	41	0.14	1.95
7	新幹線駅ダミー	37.2	0.12	1.82
8	太平洋ベルト地帯ダミー	30.4	0.1	1.25
9	新産都市・工特ダミー	24.6	0.08	1.35
10	戦災都市ダミー	-31	-0.07	-1.19
11	豪雪地帯ダミー	-60.1	-0.19	-3.21
12	幹線鉄道ルート外ダミー	-69.9	-0.2	-3.63
13	地方中枢都市競合ダミー	-94.1	-0.12	-2.3
14	地震災害ダミー	-104.1	-0.17	-3.09
15	県庁競合ダミー	-120.2	-0.27	-5.05
16	水害低湿地ダミー	-152.8	-0.27	-4.99
	定数項	188	-	11.8
	自由度調整済み決定係数	0.811		

表-2 モデル分析に用いた説明変数

No.	説明変数名	内容
1	3大都市衛生都市ダミー	東京・大阪・名古屋の衛星都市から成る藩域
2	地方中枢都市ダミー	中枢都市平均が1.0になるようカバー県数に応じて補正したダミー
3	軍事都市ダミー	師団及び大規模軍港が存在した藩域
4	関東地方ダミー	関東地方の都市を含む藩域
5	国内線空港ダミー	第2種地方空港が存在する藩域
6	県庁所在地ダミー	藩域内に県庁所在地都市含む箇所(松代、加納、長州、臼杵含む)
7	新幹線駅ダミー	1995年以前開業のフル規格新幹線ターミナルがある藩域
8	太平洋ベルト地帯ダミー	首都圏から福岡都市圏に至る太平洋ベルト地帯に属する藩域
9	新産都市・工特ダミー	新産業都市・工業整備特別地区に指定された市町村を含む藩域
10	戦災都市ダミー	被害建物率が70%以上の戦災復興都市を含む藩域
11	豪雪地帯ダミー	豪雪地帯対策特別措置法に指定された市町村を含む藩域
12	幹線鉄道ルート外ダミー	国土主要幹線鉄道上に属さない藩域、3大都市圏除く
13	地方中枢都市競合ダミー	維新後に地方中枢都市と競合が生じた藩域(金沢、岡山、熊本)
14	地震災害ダミー	1995年までに1000人以上が死亡した地震の被害中心地域
15	県庁競合ダミー	15万石以上あったのに、県庁が置かれなかった藩域
16	水害低湿地ダミー	1995年までに1000人以上が死亡した洪水の被害中心地域及び濃尾・淀川三川合流地帯などの洪水常習低湿地

大きく、様々な要因がその違いに影響を及ぼしている可能性が高い。このため、次章では重回帰モデルによる分析を通じて地域環境負荷率に影響を及ぼした事項を要素分解し、詳細な考察を加える。

5. 地域環境負荷率に影響を及ぼす要素

藩域ごとの地域環境負荷率を説明する変数には、多様な変数の取り込みを検討した結果、最終的に表-2に示す内容の変数を採用した。モデル分析の結果を表-3に示す。モデルの精度としては、実績値と予測値間の相関係数値が0.920、自由度調整済み決定係数が0.811と十分に高い

結果が得られた。この表でパラメータ値がプラスの場合は、その要素によって地域成長が生じた反面、地域環境負荷を高める傾向が生じたことを意味し、逆にマイナスの場合はその要素によって地域成長が阻害された反面、地域環境負荷を緩和する傾向が生じたことを示している。すなわち、このモデル分析では、「地域環境負荷の増加」と「地域成長」という裏表の現象を一つのパラメータで表現しており、「環境」と「成長」に関するアンチノミー（二律背反的）関係をそのまま定量化しているということができる。

このモデル分析から得られた具体的な知見は以下の通

りである。

- 1)最も地域環境負荷率に影響を与えているのは、3大都市衛星都市ダミーであり、持続可能人口をはるかに越える人口集積がこれら衛星都市に対応する藩域では進んでいることがわかる。
- 2)地方中枢都市もプラス効果が大きい。標準化係数で見ると、その効果は新産業都市・工業整備特別地区の3倍程度もあることがわかる。
- 3)明治以降で考えると、第2次大戦前までに整備された軍事都市の影響も大きい。
- 4)交通機関に関連しては、国内線空港、新幹線駅ダミーは正の効果、幹線鉄道ルートからはずれるとマイナスの効果が得られる。
- 5)新産業都市・工業整備特別地区整備の影響も見られるが、行政的な中心機能（地方中枢、県庁）の方が効き方としては大きい。
- 6)戦災や自然災害は地域の長期的な成長を阻害し、地域環境負荷という観点からは負荷をさげる影響があることが示された。特に、地震や水害で激甚災害を受けた地域はその影響が顕著である。
- 7)豪雪地帯については t 値が高く、その影響が確実に負荷率を下げている。
- 8)地方や県の内部において、ある一都市に機能集中が発生すると2番手の都市域における負荷率が小さくなり、成長が抑えられることが読みとれる。このことより、日本の各所でスケールの小さい一極集中問題が発生してきたことがわかる。

6. おわりに

本研究で実施したモデル分析は対象期間がおおよそ330年にわたるもので、このような超長期的なモデル分析はおそらく試みとしても初めてのものである。いわゆる通常の整備された統計的データを前提とした地域分析と比較すれば粗い精度での検討でしかないが、この程度の精度でも本研究の目的は十分に達成することができたといえる。

本研究の具体的な個々の研究成果は下記の通りである。

- 1)環境容量を把握するために、石高データを用いた持続可能人口の算出方法を具体的に考案し、実際に1664年のデータを基に算出を行った。
- 2)持続可能人口と現在人口の比率を地域環境負荷率として計算し、地域の環境にかかっている負荷の度合いを把握した。その値は日本海側や東北地方の諸藩域で相対的に小さな値となったが、空間的分布パターンだけからはその特性を把握することは容易ではなく、モデル的な検討から要素分解を行う必要性が示された。
- 3)地域環境負荷率と都市特性との関連性を数値的に表す

ために、重回帰モデルを構築した。その結果、調整済み決定係数が0.811と高く、有意性のあるモデルを構築することができた。

- 4)モデル分析の結果、衛星都市化した藩域では環境容量をはるかに越えた人口集積が見られること、中枢機能、軍事都市機能、県庁機能などもそれぞれ地域環境負荷の増加に影響があること、新幹線や空港整備、工場配置の政策なども地域環境負荷に影響をおよぼしていることが具体的に示された。さらに、戦災、地震災害、水害などの影響、積雪地帯や交通不便地区であることの影響、中枢機能を有する都市との競争による影響なども定量化することができた。
- 5)「環境負荷軽減」と「地域成長」の二つの目的間に存在する二律背反的な関係を、具体的数字を介して問題提起することができた。分析結果から、地域ハンディキャップと捉えられている事柄や、この逆に諸地域の希求する諸整備などが、持続可能性が真剣に議論される時代では現在と同じ評価が与えられる必然性は無いことも示唆された。

本研究のフレームワークは成長と環境負荷の軽減は両立しないという視点にたつマクロな分析である。もちろんミクロな視点にたてば、成長と環境の両立の方向性を模索する多くの試みをあげつらうことは容易である。またそのような動きは「望ましいもの」としてメディアなどで取り上げられる機会も多い反面、安易な期待に基づく効果が不確実なものも多い。むしろ本研究では、これら安易な期待も含めた両立策を排することにより、環境サイドから見れば安全側の検討を行っていることになる。

なお、本研究では基礎的な食糧生産が地域の環境容量を規定するという最も基本的な（最低限の）考え方に立脚して分析を行ったが、その一方で様々な科学技術の発展は必ずしも環境を損なうばかりでなく、環境容量を拡大する側面があることも事実である。そのような他の要素についても計測可能でさえあれば、本研究のフレームワークの中に、そのまま付加していくことが可能である。今回の検討においては、このような食糧生産以外の要素を定量的に検討できるだけの信頼に値する計測方法を確立するに至らなかったため、本論文は敢えて食糧生産に立脚した環境容量のみに限定して分析を行った。このことも持続可能性という観点にたてば、最も安全側の結果を示したという意味を持っている。同じ意味で、米以外の生産物の存在によって、実質的な α 値は今回の検討結果より大きな値となる可能性についても今後検討が必要である。

また、本研究では持続可能性や地域成長を検討するにあたり、その概念を人口という最も基本的な社会経済指標に投影して議論を行った。しかし、これも議論の対象とする政策によっては、土地利用面積など他の指標に投

影して表現する方が適切な場合がある。これら利用指標の適切性についても今後の更なる考究が必要である。

<補注>

- (1)なお、これらの計算例では、計算時点において持続可能性という概念は存在しなかったため、あくまでその時点で地球が扶養できる最大人口を計算したものであるものも少なくない。持続可能性という要素を厳密に付加するなら、Clarkの計算結果はこれより小さな値になることが考えられる。
- (2)各地域の正確な農業生産力を最初に把握したのは1594年～1595年の太閤検地による¹¹⁾。江戸幕府も基本的にこのデータを基に各藩の石高を算定している。3代将軍家光の代(1623年～1651年)には太閤検地で測量が不十分であった地域の再検地もほぼ終わり¹²⁾、また幕藩体制初期に見られた改易等による領地の混乱も落ち着いてきた。一方、1600年代中頃以降は幕藩制度の硬直化から表記石高は江戸末期まで据え置かれ、新田開発等も加わって表記石高と実石高の間に乖離が見られるようになる¹³⁾。このため、本研究では実石高と表記石高のズレが少ない1600年代中頃において、各藩の領地境界情報¹⁷⁾が得られる1664年における石高データを分析に用いることとした。
- (3)文献¹⁸⁾の原典は、1573～1614年：高橋梵仙推算、1721年：小宮山経介説による。
- (4)3都市の人口は"Chandler, T.: FOUR THOUSAND YEARS OF URBAN GROWTH, The Edwin Mellen Press, 1987."の研究成果をもとに内挿法を用いて推計した。
- (5)これらの詳細については、「新人物往来社：藩主総覧、p.380、1997。」などに詳しい。知行形態などによって同じ領地高でも各藩ごとに差異があったといえる。

参考文献

- 1) World Commission on Environment and Development: Our Common Future, Oxford Univ. Press, 1987
- 2) たとえば、<http://www.jacses.org/ecosp/index2.html> (2002.2.)
- 3) たとえば、Rennings, K. and H. Wiggering: Steps Towards Indicators of Sustainable Development: Linking Economic and Ecological Concepts, Ecological Economics, No.20, pp.25-56, 1997.
- 4) Penck, A.: Das Hauptproblem der physischen Anthropogeographie, Zeitschrift für Geopolitik, No.2, pp.330-348, 1925.
- 5) たとえば、Cohen, J.: How Many People Can the Earth Support?, W.W. Norton & Company, Inc. (重定・瀬野・高須訳：新人口論、農文協、1998.)
- 6) Clark, C.: Population Growth and Land Use, 2d ed. (1st ed. 1967). Macmillan, 1977.
- 7) Hulett, R.: Optimum World Population, BioScience 20, pp.160-161, 1970.
- 8) Harris, J. et al.: Agriculture and Renewable Resources, Ed. by Harris, J., Wise, T., Gallagher, K. and Goodwin, N.: A Survey of Sustainable Development, Island Press, pp.155-188, 2001.
- 9) たとえば、石川英輔：大江戸えころじー事情、講談社、2000.
- 10) 鬼頭宏：人口から読む日本の歴史、講談社学術文庫、2000.
- 11) たとえば白川部達夫：石高制論の展開、(村上・白川・大石・岩田編：日本近世史研究事典)、pp.26-29、東京堂出版、2000.
- 12) 脇田修：近世封建成立史論、東京大学出版会、1975.
- 13) 福島正夫：地租改正、吉川弘文館、1968.
- 14) 服部銑二郎：教養の都市地理学、古今書院、pp.63～67、1997.
- 15) *ibid.* 11) p.23-26
- 16) 渡辺京二：逝きし世の面影、葦書房、pp.96～97、1999.
- 17) 児玉幸多編：日本史地図、吉川弘文館、p.33、1956.
- 18) 総務庁統計局：国勢調査集大成 人口統計総覧、東洋経済新報社 p.49、1985.
- 19) 日本史広辞典編集委員会編：日本史要覧、山川出版社、pp.118～134、2000.
- 20) ジョニー・ハイマス：おこめ、小学館、1996.
- 21) 本間・小室：健康食ごはん、農山漁村文化協会、pp.18～21、1987.
- 22) 中川・西村・波床：鉄道整備が市町村人口の変遷に及ぼしてきた影響に関する実証的研究、土木計画学研究・論文集、No.11、pp.57-64、1993.
- 23) 浅見・中村：持続可能性の評価、(浅見泰司編：住環境)、pp.105-139、2001.
- 24) 青木伸好：地域の概念、大明堂、1985.
- 25) Morris, D.: Self-Reliant Cities, Sierra Club Books, 1982.
- 26) 速水・鬼頭・友部：歴史人口学のフロンティア、東洋経済新報社、2001.
- 27) Bradshaw, K. and C. Bell.: The Capacity to Respond, Institute of Governmental Studies, University of California at Berkeley, 1987.

地域レベルでの環境容量の試算と環境負荷の要素分解*

—石高データを活用した「成長」と「環境」のアンチノミー分析—

谷口守**、阿部宏史**、足立佳子***

持続可能性に関わる諸計画は、地域レベルでの環境容量に関する議論が欠けているため、説得性に欠ける場合が多い。本研究では基礎的な食糧生産(石高)をベースに、相対的な地域環境容量の算出法を考案し、その適用を行った。また、地域における環境負荷と成長がマクロ的には表裏(アンチノミー)の関係にあることに留意し、モデル分析を通じて環境負荷と成長に影響を及ぼす要素を定量的に明らかにした。分析の結果、地域中枢機能整備、基盤整備、産業振興政策、諸災害による長期的な影響が明確にできた。

Designation of Environmental Capacity and Load Factors at Regional Scale*

—Antinomy Analysis between Growth and Environment Based on Koku of Rice Data —

By Mamoru TANIGUCHI**, Hirofumi ABE**, Yoshiko ADACHI***

Though sustainability is very important concept, it is very difficult to define it quantitatively. This study aims to quantify regional environmental capacity and long-term growth by using koku of rice data. The results show that metropolitan region has suffered heavy environmental loads. The model to investigate environmental load factors indicates that the environment preservation and regional growth are both side of the same paper, a kind of antinomy. The effect on regional environment and growth by disasters and infrastructure are also examined by using this model.
