

特集論文

エコロジカル・フットプリント指標分析の方法論的進歩と最近の論点[†]

中野 桂*・和田喜彦**

Methodological Progress of Ecological Footprint Analysis
and Some Controversial Issues

Katsura NAKANO and Yoshihiko WADA

Faculty of Economics, Shiga University

Faculty of Economics, Doshisha University

The Ecological Footprint (EF) was co-developed by William E. Rees and Mathis Wackernagel at the University of British Columbia, Canada, in the early 1990s. In recent years, Ecological Footprint analysis has been widely recognized and applied in many parts of the world. In this paper, we first discuss the meaning and contribution of EF analysis in terms of fostering the sustainability of human enterprise. We then review the recent development of EF calculation methods, with a focus on the use of the input-output matrix in EF estimation. We provide an interpretation of global hectareage with a simple numerical example. Thirdly, we attempt to calculate the EF of Shiga Prefecture, Japan, through input-output analysis. In the latter part of this paper, we explore possible improvements in calculation methods which could reflect whether the use of resources is sustainable or not. For example, we contemplate ways of taking into account the destructive use rate (DUR), the natural capital depletion rate (NCDR) and prolonged impact management (PIM) costs.

Keywords: Ecological Footprint (EF), Sub-national EF, Input-output analysis, Shiga Prefecture, equivalence factor, natural capital depletion rate (NCDR), prolonged impact management (PIM) costs

1. はじめに

持続可能で環境共生型の社会経済システムを構築するためには、進捗状況を知るための持続可能性（サステナビリティ）評価指標が必要である。持続可能性評価指標の一つであるエコロジカル・フットプリント（Ecological Footprint, EF）が、近年世界的に注目されている。エコロジカル・フットプリントは、1991年カナダのブリティッシュ・コロンビア大学（UBC）大学院コミュニティー地域計画学研究所（SCARP）で開発されたが、開発者は、同研究所教授のウィリアム・リース、並びに当時博士課程の学生であったマティス・ワケナゲルである（Wackernagel

and Rees [1996]）。この指標は、経済活動による環境収容力需要量を土地面積に還元して表現することにより、地球生態系の有限性という視点から経済活動の資源消費量が「適正」であるか、すなわち生態学的な観点から持続可能か否かを判断するためのツールである。

このツールは、近年欧州・米州、豪州を中心に政策面と環境教育ツールとして広く認知されつつある（和田・岸 [2005]）。国のエコロジカル・フットプリントを政府として公式に継続的に計測していかこうとする動きがあり、特にスイス、フィンランド、カナダ、そして日本がGDPと同様に、国家として計測してゆく体制を築くための準備段階に

[†] なお、本研究は、地球環境研究総合推進費・研究課題番号（H-9）「物質フローモデルに基づく持続可能な生産・消費の達成度評価手法に関する研究」（H.18）の支援を得て行った研究成果の一部である。

* 滋賀大学経済学部・環境総合研究センター研究員（環境政策研究部門）

** 同志社大学経済学部

入っている。日本政府の場合2006年4月7日に閣議決定した第三次環境基本計画の中で、エコロジカル・フットプリント指標を利用し、環境基本計画の進捗状況を評価することを謳っている。2006年6月には、エコロジカル・フットプリントに関する初めての国際会議（「フットプリント・フォーラム・2006」）がイタリアのシエナ近郊で開催され、世界各国から200名近くの参加者があった。アジアからも少数ながら参加者がおり、日本（NGO：1名、国連機関：1名）、中国（NGO：2名）、アラブ首長国連邦（NGO：1名）などである。2007年5月には、ウェールズのカーディフでエコロジカル・フットプリントを議論する学会が予定されている（主催：カーディフ大学）。これらのことは、エコロジカル・フットプリントがサステナビリティ状況の理解を助け、サステナビリティ促進に貢献しうる科学的ツールとして期待されていることの象徴であると思われる。

本論文では、エコロジカル・フットプリント指標の貢献について吟味し、計算手法の発展を展望する。産業連関表を使う手法を応用して、滋賀県のエコロジカル・フットプリントを試算した結果を提示する。最後に今後の計算方法の課題について議論したい。

2. エコロジカル・フットプリントの貢献

2-1. 物質的需要-供給バランス関係を定量的に測定するツールの出現

エコロジカル・フットプリントが持続可能性達成という人類共通の目標のためにもたらした貢献は大きい。その筆頭として挙げられることは、生態系による環境サービスの供給サイドと需要サイドの量的バランス関係を総合的且つ客観的に測定する尺度を提供したことであろう。産業革命以来、人類による生態系による環境サービスに対する需要が伸び続ける中で、生態系の供給能力の限界に伴う経済成長の有限性が認識されてきた。1972年にはローマ・クラブがまとめた『成長の限界』（Meadows, et al. [1972]）が発表され、環境サービス供給能力の有限性による成長の限界について人々の関心が高まっていった¹。

しかし、環境サービス供給量が需要と比べてどの程度逼

迫しているのかを総合的に算定するツールが存在しない状況が長期間続いた。そのギャップを埋めたのがエコロジカル・フットプリントである。

人間の活動による生態系サービス需要が、生態系の供給能力に肩を並べる程度に拡大し、超過（「オーバーシュート」）した可能性があるという事態は、地球史上前代未聞である。このような新しい状況に適切に対応するため、前者（人間による需要）と後者（生態系による供給）の量的なバランス関係がどうなっているのかを測定するための新しい道具の出現が待ち望まれていたのである。エコロジカル・フットプリントはそのような待望の新ツールとして前出の二人（リースとワケナゲル）によって1990年代前半に開発されたが、彼らの考え方の理論的な基盤はエコロジー経済学である。エコロジー経済学の源流については、さまざまな見解があるが、J. S. ミルなどの古典経済学者たちを起源とすることもできる。

遡ること約1世紀、19世紀に古典派経済学者たちは、資源制約による経済成長の限界について議論していた。1848年に、J. S. ミルが資源供給の制約と、人口の増加により、経済は、「定常経済」（stationary state economy）に移行すると予測していた（Mill [1848]）。しかし、20世紀に主流となっていく新古典派経済学者たちは、古典派経済学の物質的な制約を重視する姿勢から脱却し、人々の選好や効用を出発点とする経済モデルの構築に関心を向けていった。こうしてミルの関心事は忘れ去られていった。

エコロジー経済学者のハーマン・デイリーは、一世紀以上忘却されていたミルの「定常経済」の論考に光明を見出し、1970年代から、ミルの思想を継承しつつ執筆活動を進めていった（Daly [1977]）。経済活動の規模が生態系供給能力に到達しつつあり、到達した時点で経済を通過する資源量（＝スループット）が一定規模に留まるという「定常経済」（steady-state economy）の到来を予言し続けた。デイリーは、自身の師であったジョージ・ジェスク＝レーゲンの論考に立脚し、経済の定常状態化を理論付けていたのだ（ジョージ・ジェスク＝レーゲンは、エントロピー法則を初めて経済分析へ応用した数理経済学者）。因みに、日本では、玉野井芳郎、槌田敦、室田武などのエントロピー学会の創

1 環境サービスの供給能力の限界を生態学では、環境収容力（環境容量、英語では‘Carrying Capacity’）と呼ぶ。環境収容力の考え方のルーツは、古くはギリシャのプラトンまで遡ることができる（Durham [1994]）。近世では18世紀フランスの経済学者・医師のフランソワ・ケネーの論考『経済表』（Quesnay [1758]）が出発点と言えよう。イギリスの経済学者でもあり牧師でもあったマルサスは、食糧不足による人口増加の限界を示唆した（Malthus [1798]）。最近では、ヒギンズらが国連食糧農業機関（FAO）の要請に基づき、途上国各国に居住できる人口の限界を計算している（Higgins et al. [1983]）。また、日本では鷲田 [1992] が異なる生活水準毎に地球上に住むことができる人口の上限を計算している。

設メンバーが同様の研究を進めていた。

いずれにせよ、エコロジカル・フットプリントが開発されるまでは、生態系による環境サービス供給と人間による需要のバランス関係を定量的に評価する手法は確立されてはいなかった。このツール開発から約16年の歳月を経た現在、サステナビリティ実現の進捗状況を評価するツールとして世界各地で用いられ始めている。

2 - 2 . 環境・資源の他地域への依存の地理的範囲の認識を支援

エコロジカル・フットプリントの二つ目の貢献は、ある国の経済、または地域経済の活動の環境への影響が他の地域に及んでいること、さらに、他の地域の資源に多かれ少なかれ依存している実態を明確に提示することができたことだ。環境影響や資源依存の地理的な広がり (geographical extension) を認識し易くしたことだ。経済システムがグローバル化する中、資源の外国への依存度を高めている国が増えているが、エコロジカル・フットプリントが開発されたおかげでその現状を包括的に明瞭に把握できるようになった。

3 . 計測方法の最近の展開

世界各国の EF については、世界自然保護基金 (WWF)、Zoological Society of London (ZSL)、Global Footprint Network (GFN) による『生きている地球レポート』(原題は Living Planet Report, WWF et al. [2006]) によって隔年ごとに示されているが、近年の政策提案の観点から、より小さな地域レベルにおける EF の推計に議論の中心が移ってきている。より正確に言うと、サブ・ナショナルなレベルへの関心であり、地理的条件だけではなく、年齢や性別あるいは職業などによって消費行動が近接すると思われる集団についての分析が行えれば政策上きわめて有用であることから、こうした関心が高まっているといえる。

EF の計測方法については、これまでさまざまなものが提案されてきている。実際に用いられる方法は、さらにそれらの組み合わせ (hybrid) であることも多く、それらについて分類することは容易ではない。しかしながら、以下ではいくつかの軸を示しながら、これまで提案されてきている計測方法について、一応の整理を試みたい。

3 - 1 . コンポーネント法とコンパウンド法

まず、EF の計測方法にはコンポーネント法とコンパウ

ンド法の二つがあるとされる (以下の説明を含め、WSP Environmental Ltd, et al. [2003], pp. 8-9を参照した)。

コンポーネント法は、個別の財・サービスの消費量から、それらの生産から消費そして廃棄にいたるまでのライフ・サイクル・アセスメント (LCA) により必要となる EF を求め、それをすべての財・サービスについて集計をして全体の EF を算出する。しかしながら、この方法では財・サービスごと正確に LCA を把握する必要があり、とても労力がかかる。また、二重計算 (double counting) の可能性もあり、慎重を要する。

一方、コンパウンド法は、国レベルの資源需要量をもとに計算する方法である。資源需要を直接見るので、個別の経済活動から遡及して、用途を把握する必要がなく、コンポーネント法に比べてマクロのデータは入手がしやすいという利点がある。

コンポーネント法については、当初は比較的単純に考えられていた中間財投入も、重複算入を避けかつすべての中間財投入経路について考慮し、次のように理論的に整合的な形で提起されるようになって来た (Lenzen and Wiedmann [2006], Equation 6)。

$$F' = \sum_{\alpha} \frac{\mathcal{E}_{l(\alpha)}}{y'_{\alpha}} \sum_j \chi_{\alpha j} \sum_k \chi_{jk} \sum_l \chi_{kl} \cdots \sum_{\Omega} C_{\Omega}$$

$$= \sum_{\alpha j k l \dots m \Omega} \frac{\mathcal{E}_{l(\alpha)}}{y'_{\alpha}} \chi_{\alpha j} \chi_{jk} \chi_{kl} \cdots \chi_{m \Omega} C_{\Omega}$$

ここで、F はエコロジカル・フットプリント、 $\mathcal{E}_{l(\alpha)}$ は各一次産品、 C_{Ω} は各最終消費財を表す。C は、財 Ω の消費量 (kg) であり、 χ_{ij} は j 財 1 単位を生産するのに必要な中間財 i の投入量 (kg/kg) を表す。 χ_{ij} は財 Ω の必要とする土地のタイプを示し、 χ_{ij} はその土地に対する等価係数である。等価係数は農地や宅地などの異なるタイプの土地面積を生物生産力に基づいて比較可能なよう大きさに変換する係数である。例えば2003年の WWF et al. [2006] による推計では、表 1 の係数が用いられている²。y は、土地の平均生産性 (kg/ha) である³。各最終消費財と一次産品を結びつける「経路」は、無数の入れ子のようになっていて、それぞれを合計したものが、各一次産品に対する EF となり、さらにそれらすべての一次産品について合計したものが、EF となる。実はこの過程は、物量ベースの産業連関表から求められるレオンティエフ逆行列から導かれる (Lenzen and Wiedmann [2006], Appendix A)。

表1 等価係数(2003年)

主要耕作地	2.21
周辺耕作地	1.79
森林	1.34
永久牧草地	0.49
海洋	0.36
内陸水	0.36
建設用地	2.21

出典: WWF et al. [2006].

3-2. 産業連関表の利用

近年のEFの計測において、産業連関表はさまざまな局面において、重要な役割を果たすようになった。したがって、産業連関表の利用の有無も、分析方法を分類する上でのひとつの基軸とすることができる。ただし、その利用の仕方は多様である。

一つは、上で見たように、コンポーネント法の精緻化の過程で、物量ベースの産業連関表を利用する場合である。Hubacek and Giljum [2003] は、この方法でEU(15カ国)についてのEF分析を行っている。

また、その亜種として、金額ベースの産業連関表を使う方法も提案されている(Wiedmann [2006])。実は、コンポーネント法にせよ、コンパウンド法にせよ、物理的消費量(kg, kWh, kmなど)に換算率(ha/kg, ha/kWh, ha/kmなど)を掛け合わせるにより、EF(ha)を求めるという点では同じである(同)。前述の(1)(2)もこれに対応する。ただしこの推計方法では、物理量のデータについて、国レベルでは入手可能であっても、地域レベルでは入手が困難であるという問題点がある。その点、金額ベースの産業連関表は入手が比較的容易である。

金額ベースの産業連関表を使った場合、計算は消費金額(例えば¥)に産業連関表と各部門別土地利用面積から求めた土地投入係数(ha/¥)を掛け合わせてEF(ha)を求めることになる。この方法を最初に提案したのはBicknell et al. [1998]であるが、その後、Feng [2001]によって計算の最後の過程での間違いが指摘された。具体的には、Bicknell et al. [1998]は、同じ土地カテゴリー(例えば、農地とか山林とか)に属する各部門ごとの土地投入

係数を合計した後に、それに部門ごとの最終需要を掛け合わせて、各部門のEFを算出していた。それに対し、Feng [2001]は、土地投入係数を同じ土地カテゴリーについて合算するのではなく、土地係数マトリックスそのものに部門ごとの最終需要を掛け合わせて、各部門ごとのEFを計算する方法が正しいものとした。日本でも、伊藤・高橋 [2006]がこの「正しい」計算方法で北海道のEFの計測している。

ただしここで注意しなければならないのは、Bicknell et al. [1998]やFeng [2001]の方法では、ワケナゲルらのオリジナルなEFとは、生産性評価の方法が異なるということである。特に、オリジナルなEFでは生産阻害地として分類されるような土地について、ワケナゲルらはその土地において穀物生産等を行った場合の生産性でその土地を評価しているのに対して、Bicknellらの方法では実際に生産される財の土地生産性で評価をしている。この違いは、EF概念の根本にかかわる問題であって、後者をEFと呼んでよいのかどうかは十分に議論される必要がある。

さて、こうした問題はあるものの、産業連関表を用いた分析は、さらに進展を見せている。Feng [2002]は、EFの構成要素として比重が高いにもかかわらず、産業連関表の中で十分に分析が行われてこなかったエネルギー地について、分析をする枠組みを提示し、これに一般均衡(CGE)モデルを組み合わせて、エネルギー関連製品(鉱物・石油精製・石炭製品)に消費税を課した場合の政策がもたらす効果についてシミュレーションを行っている。

3-3. ローカル・ヘクタールとグローバル・ヘクタール

EFについて、常に議論が多いのは、グローバル・ヘクタール(gha)という考え方についてである。

実際の物理量を面積に変換するには、3-1で紹介した(1)(2)のように、一定の換算率が用いられる。等価係数(α)は土地生産性が違うタイプの土地を単純に加算することによる問題を回避するために用いられるものであり、これを土地の平均生産性(\bar{y})で除したものが換算率であり、この換算率を算出する際に土地の生産性を世界でとるか、それとも対象地域でとるかによって、結果ならびにその意味するところは大きく違ってくる。

2 なお、原典のWWF et al. [2006]ではこの表に単位としてgha/haが与えられている。ghaとはグローバル・ヘクタールという概念であり、WWF et al. [2006]では土地の種類別の世界平均生産力の差からこの係数が求められているために単位としてgha/haが使われている。グローバル・ヘクタールについては、あとで詳述する。

3 これについても、Lenzen and Wiedmann [2006]では、kg/ghaが用いられているが、ここでは単純にkg/haとしておく。

これについてA国とB国の2つの国からなる世界を考えて、説明をしよう。どちらの国も小麦と木材の2部門のみを生産しており、生産量は表2の(A1)および(B1)、それに使用している土地面積は(A2)および(B2)でそれぞれ与えられている⁴。

輸出も輸入も考えず、これら生産物が当該国において直接消費されるとすると、ひとつの考え方としては、それぞれの国のEFは(A2)あるいは(B2)の土地面積を合計すればよいと考えることができる。これを今、ローカルEFと呼ぼう。したがってA国とB国のローカルEFは、それぞれ200haと250haである。

この時、各国の部門別土地生産性は生産量を生産面積で割ることによって求められる。例えばA国における小麦部門の土地生産性は1ha当たり1tである(1t/ha)。B国のそれは約0.67であるから、小麦部門の土地生産性はA国のほうが高いといえる。木材部門についての土地生産性もA国が0.2t/ha、B国が0.05t/haでA国のほうが高い。その結果、土地投入の総面積はA国が低いにもかかわらず、B国(小麦100t+木材5t)よりもA国(小麦100t+木材20t)のほうが多く生産しかつ消費していることになる。つまり、生産効率からいうとA国は少ない土地で多くの生産を行っており、「優等生」であるといえる。

一方、A国とB国を合わせてひとつの世界と見た場合にはどうなるのであろうか。小麦と木材の総生産量は、それぞれ200tと25tであり、それにかかった土地面積はそれぞれ250haと200haである。そこから計算される部門別の世界平均土地生産性は、それぞれ0.8t/haと0.125t/haである(W3)。世界平均の土地生産性を使うと、ひとつの国または地域の消費量を、仮想的に世界平均の土地生産性を持つ土地で生産するとすれば、どれほどの面積が必要であるかを表すことになる。例えばA国は小麦を100t生産および消費しているが、この量を世界平均の土地生産性を持つ土地で生産するとすれば、 $100(t)/0.8(t/ha)=125ha$ 必要である。こうして求められた面積が、表の(A4)および(B4)である。各国ごとに集計してみると、A国は285ha、B国は165haとなり、先ほど求めたローカルEF(A国200ha、B国250ha)とは大小関係が入れ替わっている。A国の消費水準がB国よりも高いということを考えると、世界平均の土地生産性でみたEFの方が、消費実態を表している

いえる。ローカル・ヘクタールでみたようにA国は生産効率という観点から見た場合には「優等生」であるが、消費水準から見た場合には過剰すなわち「劣等生」になっているのではないかということである。

すなわち、世界平均土地生産性に基づいて求められた一人当たりのEFは、「公平性」についての規範的な判断基準を提供する。一方、注意も必要である。世界平均を使って計算されたEFは仮説的な面積であって、実際の面積ではない。言い換えると、各地域ごとの(一次製品の)生産性を反映したものになっていない。

Lenzen and Wiedmann [2006]はこのことを、産業連関表を使った分析と関係付けて、より正確に次のように述べている。もし、一次製品の生産性が世界平均土地生産性(y)で評価されるのであるならば、中間財の生産性は産業連関表からえられる地域の投入係数(a_{ij})で評価されという齟齬を生ずる。このことはこうして求められたEFの縮小のためには、中間財における生産性の向上は反映されるのに、一次製品の(土地)生産性の向上は反映されないということになってしまうというのである。この齟齬を解消するには、もし世界平均で分析を行いたいのであれば投入係数も世界平均を使うべきであり、また地域に着目するのであれば、土地生産性も地域のものを使うべきであると彼らは述べている。

Lenzen and Wiedmann [2006]が指摘するように、世界平均を使うかその地域の生産性を使うかで、国レベルのEFは2倍かそれ以上違うという研究結果が多数報告されている。

グローバルか、ローカルかという問題は、分析の目的によって使い分けられるべきものであろう。公平性に注目するのであれば世界平均を、地域間の生産性の違いなどに注目した分析を行いたい場合には地域の生産性を使うことであり、またそれらは相互に補完しあわねばならないものであると考える。

等価係数についての考え方もこの表を用いて説明ができる。農業地と林地の土地生産性はそもそも異なるはずである。土地生産性の違う土地をそのまま合算するのではなく、生産性の高さを加重してから合算しようとするのが、等価係数である。表の(W5)は農業と林業の生産量を足して、それを農業と林業の総生産面積で割ったものを世界平

4 林業ではなく工業を例としても良いのだが、既述のごとくオリジナルなEFでは、工業地等は生産能力障害地として計算されるので、ここでは林業を例としている。

表2 ローカル・ヘクタール、グローバル・ヘクタール、等価係数（数値例）

A国		農業 小麦	林業 木材	ローカル EF	グローバル EF 等価係数なし	グローバル EF 等価係数あり
(A1)	生産量 (t)	100	20			
(A2)	生産面積 (ha)	100	100	200		
(A3)	地域生産性 (t/ha)	1.0	0.2			
(A4)	生産面積 (ha、世界平均生産性)	125	160		285	
(A5)	生産面積 (gha、世界平均生産性 + 等価係数)	200	40			240
B国		農業 小麦	林業 木材	ローカル EF	グローバル EF 等価係数なし	グローバル EF 等価係数あり
(B1)	生産量 (t)	100	5			
(B2)	生産面積 (ha)	150	100	250		
(B3)	地域生産性 (t/ha)	0.67	0.05			
(B4)	生産面積 (ha、世界平均生産性)	125	40		165	
(B5)	生産面積 (gha、世界平均生産性 + 等価係数)	200	10			210
世界 (A国 + B国)		農業 小麦	林業 木材	ローカル EF	グローバル EF 等価係数なし	グローバル EF 等価係数あり
(W1)	生産量 (t)	200	25			
(W2)	生産面積 (ha)	250	200	450		
(W3)	世界平均生産性 (t/ha)	0.8	0.125			
(W4)	生産面積 (ha、世界平均生産性)	250	200		450	
(W5)	等価係数	1.6	0.25			
(W6)	生産面積 (gha、世界平均生産性 + 等価係数)	400	50			450

均総生産性とし、それとおのおのの産業の世界平均生産性と比較をしたものである。農業地の生産性が1.6であるのに対して、林地の生産性は0.25となる。これを調整前の部門別 EF (A4ならびに B4) に乗じたものが、等価係数による調整後の部門別 EF (A5ならびに B5) であり、これがワケナゲルらのいうグローバル・ヘクタール (gha) に対応するものとなる。

ここでは、総生産量を基に計算しており、総生産額で計算する方法もあろう。また、これまでも述べてきているように、オリジナルな EF 概念に基づく WWF et al. [2006] などの実際の等価係数の算定方法はここで紹介した方法とは異なる。しかし、いずれにせよ、生産性の違いを反映させることで、ローカルの EF はさらに修正されることになる。ここで使用している数値例では、生産性の高い農業地をより多く使用している B 国の EF が増加し、逆に比較的農業地の使用の少ない A 国の EF が減り、両国間の差は調整前よりも減少することになる。

4. 地域経済への応用

4-1. 推計手法

地域の（あるいはサブ・ナショナルの）EF を計測する場合、データが入手可能でさえあれば、国レベルの EF を計測するのとなんら変わらない。このことはつまり、地域レベルの EF の推計方法もこれまで説明してきたようにさまざま方法がありうるということを意味する。

例えば、McDonald and Patterson [2004] は、基本的に Bicknell et al. [1998] の方法を踏襲して、直接地域の EF の計測を行っている。Bicknell et al. [1998] との違いは、彼らがニュージーランドにおける国レベルの産業関連表を、16の地域産業関連表に割り振り、相互の関係性を維持したまま、オークランドというひとつの地域の EF 分析を行ったことにある。

しかしながら、このように国レベルの EF の推計と同様な方法で常に分析できるとは限らない。地域レベルの EF の推計の場合、国レベルの EF の推計といくつか異なる点

がある。まずそれは、データの入手可能性の違いである。一般的に言って、国レベルでは統計整備が行われており、特に物量のデータなどは入手がしやすい。地域レベルでは、逆に国で入手できない細かいデータがある一方で、地域間比較や時系列分析の点で、必ずしも整合的なデータが常にあるとは限らない。

こうした問題を回避する方法のひとつは、国レベルのEFから間接的に推計する方法がある。間接的に推計を行ったものとしては、国土交通省が2004年に試みた方法がある(国土交通省 [2004])。この推計方法は以下のとおりである。まず 国全体のEFをコンパウンド法により計算した後に、全国版のEFを産業連関表の部門に割り付けて、部門別生産EF原単位を作成、部門別生産EF原単位に、逆行列係数表を乗じて、最終需要財の金額あたりEF(EF原単位)を算定、EF原単位に、国内最終需要額を乗じ、最終需要財別・最終需要項目別(消費支出、固定資本形成、在庫純増)の国内消費EFを算定、国内消費EFに最終需要財別・最終需要項目別の地域別按分指標を乗じて、地域に按分し、地域のEFを算出した(同、pp. 58 - 59)。

4 - 2 . 滋賀県のEFの試算

日本における地域レベルのEFの推計としては、国土交通省 [2004] がある。推計の方法は既に述べたとおりである。これによると滋賀県のEFは、一人当たり3.86haである。内訳の詳細は表3を参照されたい。なお、この推計では土地生産性は地域で測られたものである。

表3 滋賀県のEF (2000年)

消費 EF	(ha)	一人当たり (ha)
農地・牧草地	214,000	0.16
森林地	384,000	0.29
二酸化炭素吸収地	2,499,000	1.86
生産能力阻害地	41,000	0.03
海洋淡水域	2,045,000	1.52
合計	5,183,000	3.86

出典：国土交通省 [2004]、参考資料7より作成

前述のごとく、この推計は国レベルのEFをコンパウンド法によって推計した後に、産業連関表を使って地域に割

り付ける方法で推計されているが、地域産業連関表を使って直接推計したものが前出の伊藤・高橋 [2006] である。2000年の北海道について推計したものであり、こちらも地域の土地生産性を基準に算定されたものである。

伊藤・高橋 [2006] は、北海道経済産業局が公表している「平成12年北海道地域産業連関表(52部門表)」を3部門に縮減したうえで、競争輸入型連関表を非競争輸入型に変換して、北海道の人口1人当りの「EF」を試算した⁵。結果は1人当たり1.0659haであった。またこの数字は、北海道の生物生産可能地に対する比率が0.7725であり、二酸化炭素吸収地を含めていないが、北海道ではいわゆるオーバーシュートが発生していないという結果になった。国土交通省 [2004] の試算によると北海道の二酸化炭素吸収地としてのEFの大きさは、約2.24haであり、これを加えると約3.3haになる。

一方、我々も滋賀県について同様の推計を行った。推計方法については伊藤・高橋 [2006] と基本的に同じ方法によるので、紙幅の都合で省略をする。詳細については当該論文を参照されたい。推計1では、伊藤・高橋 [2006] と比較をする意味で、農業、林業、その他部門の3部門で推計を行った。推計2では、対応する土地利用データが比較的入手しやすかった7部門(農業、畜産、林業、漁業、非金属鉱物、鉄道輸送、その他産業)を対象とした。参考資料として、7部門の産業連関表ならびに部門別土地投入を表4として、提示しておく。

土地面積については、平成12年度滋賀県統計書(滋賀県 [2002])より、農業部門としては田と畑面積の合計、畜産部門では牧場面積、林業部門では山林面積、漁業では琵琶湖面積、非金属鉱物では非金属鉱区の面積、その他産業は宅地、ゴルフ場、遊園地、その他雑種地、非課税地籍の合計から非金属鉱区の面積を除いたものを推計2では使用し、推計1では農業、林業部門以外をその他に統合しなおして推計を行った。土地面積の決定の際に用いられた基本的方針は、最終的なEFが過少とならないように、「予防の原則」の観点から、選択の幅があるときには面積の大きいほうを採用するということである。つまり、林業施業にかかわる山林面積は、ここで見積もった値よりも実際はかなり小さいと思われる。また、漁業についても琵琶湖面積をすべて算入しているが、これについても同様のことが言える。その他産業に利用されている土地には、宅地、道路に

5 前述のごとく、ワケナゲルらのEFとは異なるという意味で括弧付きのEFである。

加えて雑種地も算入してある。

推計1、2による滋賀県の一人当たりの「EF」は、それぞれ0.34haと0.38haであった。滋賀県の面積(401,736ha)に対する県全体の「EF」の割合は、1.13および1.28とわずかにオーバーシュートしていることが示された。伊藤・高橋[2006]と同様に、二酸化炭素吸収地を含んでいないので、これを国土交通省[2004]の推計から借りてくるとすると、一人当たりのEFは1.86haほど増えるが、それでも合計は2.2ha、2.24haにしか過ぎず、WWF報告の日本の4.4haなどの数字と比べてかなり低い。

Lenzen and Murry [2001]で採用されているようなland disturbanceという考え方を使うとこの推計値はさらに小さくなる。land disturbanceとは土地利用面積のうち、実際に土地に負荷がかかっている割合を0から100%で評価をして、それを乗じることにより実際の土地利用面積を補正するものである。例えば1haの建設用地であれば100%阻害されているとして、そのまま1haが計上されるが、穀物栽培地の場合状況に応じて60もしくは80%が実際に負荷を発生しているとみなして、0.6もしくは0.8haを算入するという具合である。等価係数が土地の持つ生物生産性の違いに着目しているのに対して、こちらは実際の生産管理などの状況を反映させる考え方である。彼らがオーストラリアについて行った推計では、land disturbanceで実際の利用土地面積を補正したときのEF値は、単純に実際の利用土地面積を使ったときの推計値の約半分にしか過ぎ

なかった。つまり、land disturbanceを使うとさらに滋賀県のEFは下方修正されることになる。

このように考えると今回の我々の推計はWWF et al. [2006]などと比べて小さいが、その原因として考えられるのは、我々が生産性評価を地域レベルで行っており世界平均生産性を使っていない、すなわちグローバル・ヘクタールを使っていないということがある。日本の土地生産性は総じて高く、それが地域レベルでも同様に効いていると見ることができる。

そもそもBicknellら(Bicknell et al. [1998])によって提案された方法によれば、対象地域の実際の部門別土地投入が計算の基礎になるために、移輸入・移輸出を考えなければEFが環境収容力を超過(オーバーシュート)することはまずない。移輸入・移輸出がなくオーバーシュートするとすれば、化石燃料の消費から発生する二酸化炭素を吸収する土地面積分の存在が理由となる。

最後に、今回の試算について琵琶湖とのかかわりで若干述べておきたい。

琵琶湖では、昭和20年末から30年代前半にかけては、約1万トンの漁獲高があったが、その後急激に減少した。昭和40年代から50年代にかけては多少の変動はあるものの5~6,000トンで比較的安定的に推移したが、昭和60年代から平成初頭には4,000に減り、さら平成6年には2,000トン台へと半減した。現在は2,000トン台という低位ではあるが、比較的安定推移している。

表4 2000年の滋賀県産業連関表(100万円)ならびに部門別土地投入(ha)

	耕種 農業	畜産	林業	漁業	非金属 鉱物	鉄道 輸送	その他産 業合計	県内最終 需要計	移輸出計	(控除) 移輸入計	県内 生産額
耕種農業	928	1,521	5	0	0	0	24,549	28,369	59,035	- 50,632	63,775
畜産	612	2,107	12	0	0	0	17,262	2,582	4,293	- 14,289	12,579
林業	6	0	738	0	0	0	5,817	5,287	957	- 6,380	6,425
漁業	0	0	0	420	0	0	6,242	3,822	4,439	- 9,189	5,734
非金属鉱物	0	0	1	0	38	0	22,792	58	7,987	- 8,623	22,253
鉄道輸送	8	0	6	9	44	20	23,284	36,947	350	- 12,907	47,761
その他産業合計	21,768	6,123	844	1,777	10,737	20,741	5,206,160	5,458,938	5,579,414	- 4,880,920	11,425,582
粗付加価値部門計	40,453	2,828	4,819	3,528	11,434	27,000	6,119,476				
県内生産額	63,775	12,579	6,425	5,734	22,253	47,761	11,425,582				
土地投入(ha)	61,932	47	101,683	67,025	17,982	769	144,139				

出典：生産者価格表については滋賀県産業連関表(104部門)を7部門に統合。土地投入は平成12年度滋賀県統計書(滋賀県[2002])より対応するものを計上。農業部門としては田と畑面積の合計、畜産部門では牧場面積、林業部門では山林面積、漁業では琵琶湖面積、非金属鉱物では非金属鉱区面積、その他産業は宅地、ゴルフ場、遊園地、その他雑種地、非課税地籍の合計から非金属鉱区面積を除いたもの使用。

量的観点から言えば負荷量は減ったといえるが、同時に生産性も低下してきているはずであり、生産性評価の基礎となる土地面積（この場合は水域であるが）をどうするかは重要な問題である。前者がEFを減らし、後者がEFを増やす方向に働くからである。今回は「予防の原則」で琵琶湖面積を全算入しているが、特に時系列比較の際はより正確な「投入面積」の算定が必要であろう。

5. 今後の課題と展望

5 - 1 . 破壊的利用と持続的利用の峻別

Bicknell からも強調するように、彼らの方法では、採用されている技術が持続可能であるかどうかについては、考慮されていない (Bicknell et al. [1998, p. 153])。つまり、当期において投入された土地面積を用いているが、例えば、農業に使用されている技術が土壌を劣化させたり土壌流出を招くようなものであるか、そうではないかについては区別がない。当然、持続可能な方法で行われたものでなければ、将来のEFは増加する。逆に過去にさかのぼってみれば、そのようにして生じた生産力の低下もしくはなくなった土地（生産能力阻害地）は、現在の産業連関表の上には現れてこない。

この問題は産業連関表を使った分析に限らず、従来のエコロジカル・フットプリント指標の計算に置いても基本的に同様に存在し、破壊的な資源利用と持続的な資源利用を必ずしも峻別しないという問題がある。たとえば、同じ樹種からとれる木材資源を利用した場合、同じ質量であれば同じ面積に換算される。しかし、持続可能な森林管理を行っている森林とそうでない森林の場合、エコロジカル・フットプリントで計算される面積が同じであっても、環境への影響（インパクト）は違ってくる。とりわけ、破壊的影響が長期的、特に次世代にまで渡るものについては、峻別が必要と思える。この考え方は、将来への影響を見ているのであり、動学的な視点である。このような手法は、前出のLenzen and Murry [2001] が提案している land disturbance の概念は静的であり、別の概念である。

エコロジカル・フットプリントの計算実務では、従来より、土地や海洋淡水域は持続的に利用されていると仮定して計算されてきた。それは、土地・海洋淡水域の利用が持続的であるか否かの判断は難しいという事情がある。しかし、エコロジカル・フットプリントの一層の普及のためには、この課題は克服すべき問題であろう。

資源の破壊的利用 (Destructive Use) と持続的な利用

表5 資源の破壊的利用 (Destructive Use) と持続的な利用 (Sustainable Use) の例

(1) 農地の土地生産性が低下する利用 vs 農地の生産性が持続される利用
(2) 不健全な森林利用 vs 森林の多面的機能が充分発揮される形での森林利用
(3) 生物多様性を減少させる土地利用(外来種導入による固有種の減少、里山の破壊) vs 多様性を育む土地利用(里山の保全)
(4) 環境破壊をもたらす鉱山開発から得られる地下資源の利用 vs 環境破壊を抑制する鉱山開発から得られる地下資源の利用
(5) DNA への放射線影響を発生させるエネルギー利用(原子力エネルギー) vs DNA への放射線影響を及ぼさないエネルギー利用(化石・自然エネルギー)
(6) 社会・文化・社会的関係資本の破壊をもたらす資源利用 vs 社会・文化・社会的関係資本の破壊をもたらさない資源利用
(7) 絶滅・枯渇の危機に瀕している野生生物種の利用 vs 個体数が充分残っている野生生物種の利用
(8) 生殖能力の高い若い成魚を捕獲する漁業資源利用 vs 漁業資源のストックが充分維持されている資源利用

(Sustainable Use) は、表5のように分類できる。

資源の利用を以上のように破壊的と破壊的利用の形態分類に分けてみた。エコロジカル・フットプリントは、資源利用の「規模」(スケール)を把握するが、その「質」については、持続可能であるという前提で議論しがちである。

資源利用が破壊的な場合は、中長期的に見れば、バイオキャパシティ(BC)の減少につながる。このBCの減少は、将来的には実際の農作物などの収量の減少となって現れるであろうし、その結果として、統計的な数値にも現れ、将来のBC値の減少として記録されるはずである。換言すれば、将来の生態系サービスの供給の減少となる。しかし、現時点での需要サイド、すなわちエコロジカル・フットプリント値の変動は無である。

5 - 2 . 破壊的資源利用の程度をEFに反映させる具体的手法

(1) エコロジカル・フットプリントに資源利用の破壊的か否かを反映させる方法の一つの案は、土地項目毎に「破壊的利用率(Destructive Use Rate, DUR)」を算定し指標化する方法だ。たとえば、破壊的利用率を0パーセント~100パーセント表示する。ゼロに近ければより持続的(サステイナブル)であると評価される。エコロジカル・フット

プリント全体としても各土地カテゴリーの DUR の加重した値を合計して出す。森林資源利用などに応用できると考えられる。この手法は、表 5 の(1)~(6)までに適用できると考えられる。

(2) 二つ目の手法は、自然資本のストック量を減少させているか否かという観点からの手法である。すなわち、「自然資本減耗率」(Natural Capital Depletion Rate, NCDR) という概念の導入である。この手法は、上の表 5 の(7)と(8)のような事例に適用できると思われる。たとえば、漁業資源の利用の中で、生殖能力の高い若い成魚の捕獲の程度を数値化する方法である。

前出の『生きている地球レポート』には、エコロジカル・フットプリントとともに、Living Planet Index という指標が採用されている。これは、生物種毎の資源ストックが基準年から比較して相対的にどの程度増減したかを%表示で示す指標である。この手法が参考になるであろう。

5 - 3 . 将来のエコロジカル・フットプリントを増大させる資源利用

5 - 1、と 5 - 2 では、破壊的な資源利用により将来のバイオキャパシティ (BC) の減少を引き起こす形態の資源利用について議論した。当節では、逆に、需要サイドであるエコロジカル・フットプリントの将来的な増加を引き起こす資源利用に着目する。資源利用を行うことにより将来世代に廃棄物管理コストを引き受けさせる場合がその典型例である。このようなコストを事後継続的影響管理 (Prolonged Impact Management, PIM) コストと呼ぶ (和田 [2007]、近刊)。事後継続的影響管理 (PIM) コストの例としては、鉱山の閉山後にも不可欠とされる水質・尾鉱 (tailings) などの長期的管理コストや、高レベル放射性廃棄物の超長期的管理コストなどである。ウラン鉱山の尾鉱や水質の管理は、最低でも 1 万年必要であるとする専門家による見解が示されている (Wassen et al. [1998], Authority of the Senate [2002])。それ以上に長期に渡って管理されなければならないのは使用済み核燃料である。使用済み核燃料の天然ウランに対する相対毒性は一旦は低下する。しかし連続的な核崩壊が多種類の放射性物質を産み出すことにより、相対毒性は再び上昇し、70 万年後に最大化する (室田 [1981])。高レベル放射性廃棄物の管理期間は少なくとも 100 万年という専門家の見解 (小出 [2004]) がある。

これらの PIM コストを算入して日本の原子力発電利用

のエコロジカル・フットプリントを試算した結果、莫大な結果となった (和田 [2007])。日本の全原発 (55 基) を耐用年数稼働させた場合の EF 計算では、54 億 2 千万 gha/年となり、日本のバイオキャパシティの 57 倍の面積となった。国民一人当りにすれば、42.4 gha/年となった。一人が 0.9 gha の土地に森林を育成して 50 年間管理し続けることで、将来世代にコストを負担させずに済むという結果と解釈できる (表 6)。

表 6 日本で稼働している 55 基の原子力発電所を 30 年の耐用年数まで稼働させた場合の EF (総発電容量 : 47,700,000 kW)

日本の原発利用の EF	5,420,000,000 gha/year (日本のバイオキャパシティの 57 倍の広さ)
日本の原発利用の EF (一人当たり)	42.4 gha/人/年 (東京ドームの約 10 倍の広さ)
50 年間掛けて EF を返済する場合 (一人当たり)	0.9 gha/人/年 × 50 年

5 - 4 . 将来の BC の減少分と EF の増大分の統合的算入
以上のように、将来世代のエコロジカル・フットプリントを増大させる資源利用を現世代の責任と捉えて計算することができる。この要素と前々節でみた、将来のバイオキャパシティ (BC) を減少させる資源利用とを統合できないか。BC の減少分を年数で掛けることで、マイナスのフローの減少量総量が計測できる。この減少分の絶対値と EF の増加分の絶対値を合算することにより、現世代が将来世代に負わせることとなる環境負荷を、現世代のエコロジカル・フットプリントの追加分として加算することが可能であると考えられる。

実際上の計算時に問題となる点は、BC 減少の期間をどう設定するかである。これは、一旦失われたバイオキャパシティが回復される期間を採用したらどうであろうか。たとえば、1980 年代秋田県の八幡平は乱獲が原因で資源量が激減したが、それが回復するまで 3 年間禁漁をしたため回復した。完全に回復した期間を特定し、その期間を算出の基準とするという手法が可能性として考えられそうである。

6 . まとめ

本論文では、まずエコロジカル・フットプリント指標が

持続可能な発展という人類が直面する課題解決のためにどのような貢献を成し得るかについて考察を加えた。その後、エコロジカル・フットプリントの計算方法の近年の動向をサーベイした上で、産業連関分析を応用して地域経済のEFを計算する手法について検討を加えた。さらに、従来から分かりにくいとされていたグローバル・ヘクタール概念について簡単な例を示して解説をした。その後、ケーススタディーとして滋賀県のエコロジカル・フットプリントの推計を試みた。

最後に、今後エコロジカル・フットプリント計算方法を改良するための具体案についての議論を行った。まず、破壊的な資源利用により将来のバイオキャパシティ(BC)の減少を引き起こす可能性が高い資源利用の場合について、どのように持続的利用の場合と区別することができるかについて検討を加えた。さらに、将来のEFの増大を助長する資源利用について考察を行った。事後継続的影響管理(PIM)費用という考え方をを用いて、将来世代に負わせることになる環境影響を、現世代のエコロジカル・フットプリントとして算入する手法について検討した。

GFN内部でも、将来に負わせる環境影響をEF計算に入れる必要性を認める意見もある(Kitzes [2006])。日本政府は第三次環境基本計画の進捗状況をEF指標等を用いてモニタリングしてゆくことを決定し、その目的遂行のための検討会が組織され、本格的な議論が2007年1月より開始されている(2007年1月24日、第一回検討会開催)。その中でも、工業先進国の鉱物資源利用の環境負荷をより適切に反映できるものにEF計算法を改良してゆくべきだという意見も出されている。日本政府は、GFNとの共同研究を2006年秋より開始したが、この論点について積極的に議論をリードし、国際社会に提言していくことが求められていると言えよう。

参考文献

- Authority of the Senate [2002], "Official Committee Hansard: Senate Environment, Communications, Information Technology and the Arts References Committee held on Tuesday, October 1, 2002," Senate, Commonwealth of Australia, Canberra.
- Bicknell, K., R. J. Ball, R. Cullen, and H. R. Bigsby [1998], "New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy," *Ecological Economics*, 27, pp. 149-160.
- Bullard, C.W., and R.A. Herendeen [1975], The energy cost of goods and services. *Energy Policy*, 3, 4, pp. 268-278.
- Daly, H. [1977], *Steady-State Economics*, San Francisco: W. H. Freeman.
- Durham, D. F. [1994], "Carrying Capacity Philosophy," *Focus*, 4, 1, pp. 5-7.
- European Common Indicators Project (ECIP), EUROCIITIES/Ambiente Italia [2001] "The use of Ecological Footprint and Biocapacity Analyses as Sustainability Indicators for Sub-national Geographical Areas: A Recommended Way Forward (Final Report)".
- Ferng, Jiun-Jiun [2001], "Using composition of land multiplier to estimate ecological footprints associated with production activity," *Ecological Economics*, 37, pp. 159-172.
- Ferng, Jiun-Jiun [2002], "Toward a scenario analysis framework for energy footprints," *Ecological Economics*, 40, 1, pp. 53-69.
- Higgins, G., Kassam, A. H., Naiken, L., Fischer, G., and Shah, M. [1983], "Potential Population Supporting Capacities of Lands in the Developing World," Technical Report of FAO, IIASA and UNFPA Project Int/75/P13, *Land Resources for Populations of the Future*, Rome: FAO.
- Hubacek, K. and S. Giljum [2003], "Applying physical input-output analysis to estimate land appropriation (ecological footprints) of international trade activities," *Ecological Economics*, 44, 1, pp. 137-151.
- Kitzes, J. [2006], Personal Communication on October 22, 2006.
- Lenzen, M. [2006], "Input-output techniques in Ecological Footprint analysis", (presentation material), Footprint Forum, Siena, 13-17 June 2006.
- Lenzen M. and S. A. Murray [2001], "A modified ecological footprint method and its application to Australia," *Ecological Economics*, 37, pp. 229-255.
- Malthus, T. M. [1798], *An Essay on the Principle of Population*, (1st edition), London: W. Pickering, 1986.
- McDonald, G. W. and M. G. Patterson [2004], "Ecological Footprints and interdependencies of New Zealand regions," *Ecological Economics*, 50, 1-2, pp. 49-67.
- Meadows, D. H. Meadows, D. L., Randers, J. and Behrens, W. W. III [1972], *The Limits to Growth*, New York: Universe Books.
- Mill, J. S. [1848], *The Principles of Political Economy with Some of Their Applications to Social Philosophy*, London: Longmans, Green and Co., ed. William J. Ashley, 1909. (Seventh edition).
- Quesnay, F. [1758], *Tableau Economique*, (邦訳『経済表』岩波文庫、1933)
- Simmons C., K. Lewis, and J. Barrett [2000], "Two feet-two approaches: a component-based model of ecological footprinting", COMMENTARY FORUM: THE ECOLOGICAL FOOTPRINT, *Ecological Economics*, 32, 2, pp. 375-380.
- van Vuuren, D. P. and E. M. W. Smeets [2000], "Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands," *Ecological Economics*, 34, 1, pp. 115-130.
- Wackernagel, M., and W. Rees [1996], *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers (Canada). (邦訳:『エコロジカル・フットプリント』、合同出版、2004年)
- Wassen R. J., White, I. Mackey B. Fleming M. [1998], "The Jabuluka Project: Issues that Threaten Kakadu National Park." Submission to the UNESCO Delegation World Heritage Committee Delegation to Australia, (October

- 1998).
- Wiedmann, T. [2006], "The Use of Input-Output Analysis in Ecological Footprint Analysis," Footprint Forum, Siena, 13-17 June 2006. Available at <http://www.footprintnetwork.org/download.php?id=238>.
- Wiedmann T. and M. Lenzen [2006], "On the conversion between local and global hectares in Ecological Footprint analysis," *Ecological Economics*, In Press, Corrected Proof, Available online 18 December 2006,
- WSP Environmental Ltd & Natural Strategies LLC [2003], *Towards a Sustainable London: Reducing the Capital's Ecological Footprint, Phase 1 Report: Determining London's Ecological Footprint and Priority Impact Areas for Action*.
- WWF, Zoological Society of London, Global Footprint Network [2006], "Living Planet Report 2004," WWF International, Gland, Switzerland (邦訳は『生きている地球レポート』としてウェブ上に掲載。アドレスは http://www.wwf.or.jp/activity/lib/lpr/lpr2006_j.pdf).
- 伊藤昭男・高橋義文 [2006]、「エコロジカル・フットプリントと産業連関分析 - 方法論と地域への適用」, 産業連関, 14, 1, pp. 27-34.
- 小出裕章 [2004] 「『再処理』からの撤退を求めろ！」, 京都保健医新聞、第2444・2445合併号付録、pp. 7-15、pp. 27-53。
- 国土交通省 [2004] 『自然界の物質循環への負荷の少ない社会を目指した資源消費水準のあり方検討調査 報告書』, 平成16年3月、国土交通省国土計画局。
- 滋賀県 [2002]、『平成12年度 滋賀県統計書』, 滋賀県企画県民部 情報統計課 (現在は政策調整部統計課)
- 滋賀県 [2005]、「平成12年滋賀県産業連関表」, 滋賀県政策調整部 統計課、<http://www.pref.shiga.jp/data/io/>。
- 室田武 [1981] 『原子力の経済学』, 日本評論社。
- 鷲田豊明 [1992] 『環境とエネルギーの経済分析：定常循環系への課題』(和歌山大学研究叢書18) 白桃書房。
- 和田喜彦 [2007] 「エコロジカル・フットプリント指標の応用動向と今後の課題」, 日本LCA学会誌, 3, 1, (近刊)。
- 和田喜彦、岸基史 [2005] 「解説：世界のエコロジカル・フットプリントの活用事例 - 欧州・英国・ウェールズの事例を中心に -」ニッキー・チェンパース、クレイグ・シモンズ、マティース・ワケナゲル著。五頭美和訳。『エコロジカル・フットプリントの活用：地球1コ分の暮らしへ』発行：インターシフト、発売：合同出版。pp. 224-235。