

エコロジカル・フットプリント算出のための産業連関表導入に関する研究

A Study on Introduction of Input-Output Table for Estimation of Ecological Footprint.

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 余川 雅彦 (Masahiko Yokawa)
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 加賀屋誠一 (Seiichi Kagaya)
 北海道大学大学院工学研究科 正 員 内田 賢悦 (Ken-etsu Uchida)
 北海道大学大学院工学研究科 正 員 萩原 亨 (Toru Hagiwara)

1. 研究の背景と目的

1987 年の国連総会で「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 future¹⁾」において広く提示された「持続可能な開発」という概念は、今日では行き渡っている。

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超えないことがその前提となるはずである。なおかつ、地域内産業などの地域レベルで環境容量を超えなければ、国レベル・世界レベルで見ても持続可能であるはずである。

しかし、そのような地域レベルでの環境容量の総合的な指標化は容易ではなく、現在までには国レベルで二酸化炭素排出量などが算出されている程度が実情である。仮に、環境負荷などを金額ベースでとらえることができたとしても、容量や限界までは算出できない。

そこで、環境負荷の量ではなく環境負荷の容量を算出することのできるエコロジカル・フットプリント (EF) が挙げられる。これは、環境への負荷を面積に換算し、実際の面積 (限界) との間にどれだけ差があるのかを基に考えられている。

しかし、EF は国・都道府県単位での算出においては容易ではあるが、地域・産業レベルでの算出においては財貨・サービスの取引を考慮しなければならないために従来の方法では困難である。一方、産業連関表は EF とは他分野ではあるが、地域における複数の産業間の財貨・サービスの取引関係を表すことができるなど、EF に不足している部分を持ち合わせている。この両者 (環境と経済) を複合させることは、これからの持続可能な社会においては、考慮しなければならないことだと考える。しかし、EF は面積であるのに対して、産業連関表は金額であるために、原単位等を導入しなければ適用することができない。

そこで、本研究では地域レベルでの総合的な地域レベルでの環境容量を明らかにするために、生産活動における EF を産業連関表から原単位を用いて適用可能かを検討し、加えて実際にその方法を適用し北海道内を事例とした各産業がどの程度の環境負荷の影響を与えているのかを評価することを目的とする。

2. エコロジカル・フットプリント

EF は、当時カナダのブリティッシュ・コロンビア大学博士課程の Mathis Wackernagel, PhD と同大学の William Rees Prof. の 1996 年発表の共著「Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth」ではじめて紹介された。生態系の生産性を面積という単位に置き換え、単純化することで人間の活動と、生態系の許容量の関係を表すことのできる手法である。

既存の研究としては、谷口ら²⁾の都道府県別の EF 算出、福田ら³⁾の内包エネルギーと EF を統合化した研究等が挙げられる。

既存の事例として、世界自然保護基金(WWF)により発行されている「Living Planet Report⁴⁾」では 2000 年版から各国の EF を算出している。

具体的には、国連食糧農業機関 (FAO) などの 1 次データソースで使われている

食物、動物飼料、穀物、植物油およびゴムなどの作物を育てるための面積

肉や乳製品、皮革、羊毛などを消費するための動物に草を食べさせるための面積

木材製品を算出するために必要な森林面積

魚類および海産物を生産するために必要な面積

住宅、輸送および工業生産用建築物を提供するための面積

の 5 つの区分にさらに EF の発案者らが、

エネルギー消費を支えるのに必要とされている面積を加えた 6 つのカテゴリーに分類され、地域における生産・輸入を実際の土地面積を地域人口で除することによってその地域における EF (ha / 人) とし、式 - 1⁵⁾で表される。

$$EF = \frac{CON}{PRO} \times \frac{1}{POP} \quad \text{式 - 1}$$

EF : エコロジカルフットプリント

CON : 生産物の地域内消費量

PRO : 単位面積当たり生産量

POP : 地域内人口

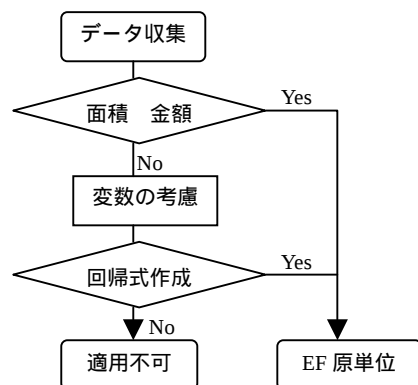
しかし、既存の研究手法では国際食糧農業協会 (FAO) による 6 つのカテゴリーを算出するにとどめており、地域レベルでの EF 算出においては財貨・サービスの取引を考慮することが困難である。なおかつ、精度が粗いという問題点もある。

3. 産業連関表分析

産業連関表とは、1 年間にある地域で財貨・サービスの生産がどのような費用構成で行われたか、また、生産又は輸移入した財貨・サービスがどのように取引されたかを一つの表にまとめたものである。これにより産業相互の関係や、産業と家計の結びつきなどが明らかになるだけでなく、投資の経済波及効果等、各種の分析を行うことができる。

産業連関分析の概念を EF に導入することにより、より詳細な産業間での関係を分析することが可能になると考えられる。しかし、従来の EF は収穫量・排出量などの重量を基に面積に換算して算出しているのに対し、産

業連関分析では金額が用いられているため、単位を変換しなければならないという問題が生じる。実際、ストックホルム環境研究所ヨーク支店（SEIY）では、従来の物理量データを出発点とする分析に対して、貨幣量データから EF を計算することを課題⁶⁾としている。そこで、本研究では、産業連関表を用いた EF を算出するにあたり、各産業による環境負荷量を求めるための土地利用原単位（面積 / 金額）を算出し、各産業の単位金額当りでの程度の環境負荷を与えるのかを求めることとした。土地利用原単位を算出するためのフローを図— 1 に示す。



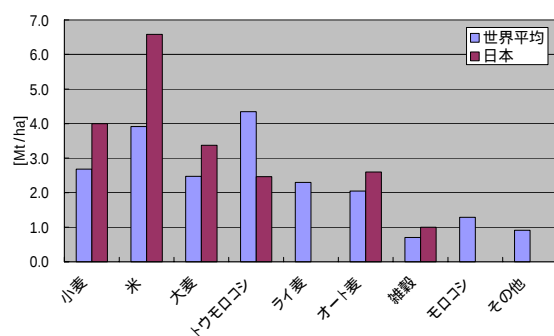
図— 1 土地利用原単位を算出フロー

4. 土地利用原単位の検討

4.1 農業

従来の分析方法⁵⁾では、耕作地の EF を例に挙げると、肉・乳製品・魚・穀類・果物と野菜などと、大きな分類のデータを用いて算出している。そのため、精度を向上させるためには、より詳細なデータ分析が必要になると考える。

輸入と国産による生産効率や作物自体の収穫効率に着目すると、従来の方法では、単位面積あたりの生産量は「世界収量(kg/ha)」というものをを用いて算出していた。世界収量は、世界の平均的な単位面積あたりの生産量であるため、国や地域によつての収穫効率を同じとみなしている。そのため、収量係数（国によつて異なる収穫効率を考慮した値）を掛け合わせて補正しているが、最終的な EF に掛け合わせているため、作物による生産効率の違いを考慮していないと考えられる。穀類の例を図— 2 に挙げても、国や品種によつて、生産効率（単位面積あたりの収穫量）が異なるのがわかる。穀物という大きな分類で EF を算出しても、概算にすぎず、精度の低くになると考えられる。



図— 2 各穀類の生産効率

したがって、金額ベースで原単位を算出するためには、輸入と国産による生産効率や作物自体の収穫効率を考慮した原単位を作成しなければならないと考える。

4.2 製造・サービス業

従来の分析方法では、この産業の算出方法は二酸化炭素排出量をベースにしている。具体的には、排出量は二酸化炭素吸収に必要な森林面積としている。そのため、金額ベースで原単位を算出するためには、二酸化炭素排出量を考慮したものが考えられるが、地域レベルでの詳細な二酸化炭素排出量はデータとしては存在しないため、新たな変数を用いなければならない。

なおかつ、第3次産業である情報・サービス産業などは、生産額から土地面積へといかにして結び付けていくのかを検討中である。具体的には、土地面積よりも、人材・機器によって大きく左右されと考えており、それらを考慮した回帰式で一般性を持たせることなどを検討している。

なお、具体的な入力・出力データ・比較・検討は発表時に行う。

5. まとめ

本研究では、地域レベルでの環境容量を明らかにするために、生産活動における EF を産業連関表から原単位を用いて適用可能性を検討した。

しかし、第1次産業の場合、輸入・国産の生産効率を考慮した EF 原単位の算出が必要であると考えられる。第2次・第3次産業の場合、土地面積よりも、人材・機器を考慮した EF 原単位の算出が必要であると考えられる。

それとともに、産業連関表ですべての EF が算出できるのかの考察、EF を産業連関表と同程度の精度に向上させる等の課題もある。

今後の展望として、EF の概念は日本ではあまり浸透しておらず、これから発展していく可能性が十分にあると考える。仮に産業連関分析の概念を用いることが可能であるならば、この手法を用いて EF の波及効果、地域間産業連関表を用いて地域間の EF フローを算出できると考えている。

参考文献

- 1) World Commission on Environment and Development: Our Common Future, Oxford Univ. Press, 1987
- 2) 谷口守, 阿部宏史, 重兼薫: エコロジカルフットプリントに基づく都道府県別超過環境負荷の算出, 地域学研究論文集, 34(1), pp. 23-36, 2004
- 3) 福田篤志, 森杉雅史, 井村秀文: 日本のエコロジカルフットプリント—土地資源に着手した環境指標に関する研究—, 環境システム研究論文集, Vol. 29, pp. 197-206, 2001
- 4) <http://www.wwf.or.jp/lib/wwf/lpr2004/ecoprint.htm>
- 5) Mathis Wackernagel, Chad Monfreda, Dan Moran, Paul Wermer, Steve Goldfinger, Diana Deumling, Michael Murray; National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method, www.footprintnetwork.org
- 6) Dr Thomas Wiedmann, Dr John Barrett, The Use of Input-Output Analysis in REAP to allocate Ecological Footprints and Material Flows to Final Consumption Categories; Resources and Energy Analysis Programme