

3-4 循環型社会形成のための新たな評価指標の開発とその適用

—エコロジカル・フットプリント分析に基づく中国の生態学的赤字の実態—

岡山大学廃棄物マネジメント研究センター

氏原 岳人

岡山大学大学院環境学研究科資源循環学専攻

阿部 宏史

1. 研究概要

本研究では、循環型社会形成のための評価指標を開発するとともに、アジア・太平洋地域においてその適用を試みることで、具体的な政策提案を行うことを目標としている。

本年度は、近年着目されているエコロジカル・フットプリント (EF) の概念を用いて、先進的な地域から発展途上地域までが混在する中国を対象にその適用を行った。

分析の結果、1)経済発展の著しい中国では、環境的視点からみると、既にオーバーシュート (Ecological deficit : 生態学的赤字) の状態に陥っていることが明らかになった。さらに、地域 (省級) レベルでの EF 分析の結果からは、2)北東部の地域では生態学的赤字が特に大きく、中南部の省との格差が顕在化していることが示されたが、生態学的黒字の地域は存在しないも把握できた。一方で、3)中国西部の省において、自地域内での環境負荷を自地域内で吸収できるほどの土地資源を有した地域も数多く存在した。

2. 研究報告

(1) 研究背景と目的

地球温暖化や廃棄物問題などへの対応が喫緊の課題とされており、その具体的な解決策の一つとして循環型社会の形成が挙げられている。循環型社会の形成に向けては多種多様な側面からのアプローチが試みられており、そのための評価指標としては温室効果ガスの排出量や循環利用率などがあるが、その研究蓄積は十分とは言い難い。

一方で、近年では人間活動に伴う資源消費などの多種多様な環境負荷を土地面積 (フットプリント) ベースにて換算して複合的に評価できるエコロジカル・フットプリント (EF)¹⁾指標が着目されている。この指標は、国や地域の環境受容量 (実際の自然的土地利用) と比較することで環境的なバランスやオーバーシュート分 (生態学的赤字²⁾) を定量的に評価できるなどの特長を有しており、循環型社会形成のための一側面を表す評価指標としても期待されている。また、人々の直感に訴えることのできるツールであり、環境問題を共通イメージとして具体的に捉えることができる。つまり、本プロジェクト「学官パートナーシップによるアジア・太平洋諸国を対象とした廃棄物マネジメントの実践的研究教育」を推進していく上でのコミュニケーションツールとしても重要な役割を担える。

本研究では、EF 指標の概念に基づいた循環型社会形成のための評価指標を開発するとともに、ある特定の国や地域に適用することによって、具体的な政策提案を行うことを目的とする。本年度の対象地域として中国を選定した。この理由としては、本プロジェクトで

は、経済発展とともに環境問題が顕在化しているアジア・太平洋諸国を対象としており、中国ではその傾向が顕著であり、かつ広大な国土に先進的な地域から発展途上地域まで混在しているため、アジア・太平洋地域の縮図（言い換えれば地域間格差の激しい）とも言えるからである。本年度の研究内容としては、中国の省級レベルを対象に EF 指標値の算出を試みることで、経済成長著しい中国の環境負荷及びオーバーシュートの実態、さらには地域間格差の現状について定量的な分析から明らかにする。

（２） 研究方法

１） EF 指標の算出方法

本研究における EF 指標の構成要素は以下の通りである。

EF1：食料、動物飼料のための作物を育てるための耕地

EF2：肉および乳製品のための動物に草を食べさせるための牧草地

EF3：材木、製紙材料等を採取するための森林地

EF4：都市的な活動を提供するために必要な土地

EF5：排出された二酸化炭素を固定するために必要な森林地

EF1-5 の構成要素とするとともに、Wackernagel らによって提案された式(1)¹⁾の概念をベースとして算出した。主な使用データを表-1 に示す。本研究における EF 指標値の算出には、産業連関を考慮していないため、自地域及び他地域の都市活動に伴って間接的に生じる環境負荷は対象外なっていることに留意する必要がある。なお、チベット自治区についてはデータが不十分であったため、対象外としている。また、EF2 や 3 のように全国平均値を用いている場合もあり、地域特性を十分に反映している。これらについては、今後も引き続き、データ整備を行い改善させていく必要があると考えている。

$$EF_p = \sum_{l=1}^n \frac{C_l}{P_l} \quad (1)$$

EF_p ：一人あたりのエコロジカル・フットプリント (ha/人)

C_l ：消費財 l における一人当たりの消費量 (t/人)

P_l ：消費財 l における単位面積当たりの生産量 (t/ha)

l ：対象とする消費財

表-1 EF 計算のための主な使用データ

EF	構成要素		主な使用データ
1	食料、動物飼料のための作物を育てるための耕地	食糧	穀物、野菜、果実などの各地域一人あたりの消費量 ³⁾
		飼料	豚肉、牛肉、鶏肉などの各地域一人あたりの消費量 ³⁾
2	肉および乳製品のための動物に草を食べさせるための牧草地		Global Footprint Networkによって計算された中国人1人あたりの各フットプリント ²⁾
3	材木、製紙材料等を採用するための森林地		
4	都市的な活動を提供するために必要な土地		各地域の都市的土地利用 ³⁾
5	排出された二酸化炭素を固定するために必要な森林地		各地域のCO ₂ 排出量 ⁴⁾

2) 環境負荷超過率及び生態学的赤字の算出方法

本研究における環境負荷超過率とは、「対象とする地域の環境受容量（自然的土地利用の面積）に対して、その地域から発生する環境負荷量が、どの程度超過（オーバーシュート）しているのか、それら環境受容量と環境負荷量とのバランスを示す定量的な指標」である。つまり、単純にその指標値が 1.0 以下の地域は、他地域における環境負荷を地域内での土地利用において負担（吸収）している地域となる。

各地域の環境負荷超過率 (r_i) は式(2)によって求める。

$$r_i = \frac{EF_i}{EC_i} \quad (2)$$

EF_i : 各地域 i のエコロジカル・フットプリント (ha/人)

EC_p : 各地域 i の環境受容量 (ha/人)

但し、環境負荷の帰着先は問うておらず、例えば地域内で消費される食料を地域内で必ず生産するという話ではない。また、どの地域においても環境負荷超過率 1.0 未満を目指すということでもない。環境負荷分だけの土地利用を地域内でできる限り準備するという概念が重要であり、そのための基準を定量的に示すものである。

また、各地域の一人あたりの生態学的赤字 (d_i) を式(3)によって求める。この指標は、各地域一人あたりの EF 指標値から中国の環境受容量を国民に均等配分した数値を差し引いた（オーバーシュート）分を表している。つまり、環境負荷超過率は地域内での環境バランスを示しているのに対して、生態学的な赤字は国内の環境受容量に対する各地域（あるいは国）の環境負荷量とのバランスを示している。

$$d_i = EF_{ip} - EC_p \quad (3)$$

EF_{ip} : 各地域 i の一人あたりのエコロジカル・フットプリント (ha/人)

EC_p : 中国人一人当たりの環境受容量 (ha/人)

(3) 分析結果

主な分析の結果は以下の通りである。

- 1) 中国全体の EF 指標値は約 12 億 ha である。これに対して、環境受容量は約 8 億 ha であり、中国の生態学的赤字は約 4 億 ha であることが明らかになった。つまり、急速な発展を遂げている中国であるが、環境的な視点からみれば既にオーバーシュートの状態に陥っていることが分かる。
- 2) 図-1 より、各地域の生態学的赤字は中国東部、特に北東部において高くなっている。また中国東部と中南部との環境格差も少なくない。しかしながら、一人あたりの環境受容量が各地域の EF 指標値を上回った状態、つまり生態学的黒字の地域は存在しないことも把握できた。
- 3) 図-2 より、海側地域が「Source area」であり、それらを囲むように「Sink area」が存在している。特に北京市や上海市が「Sink area」の代表例である。一方、「Sink area」に着目すると、例えば、内蒙古などは、一人あたりの EF 指標値は高いものの、それははるかに上回る環境受容量を地域内に有しているおり、環境負荷超過率でみると決して高くない。また、四川省のように環境受容量も多く存在し、かつ一人あたりの EF 指標値も低く抑えられている地域もある。このように様々なケースがあるが、数値上では環境的に自立した地域（循環型社会）が構築されているということが言える。

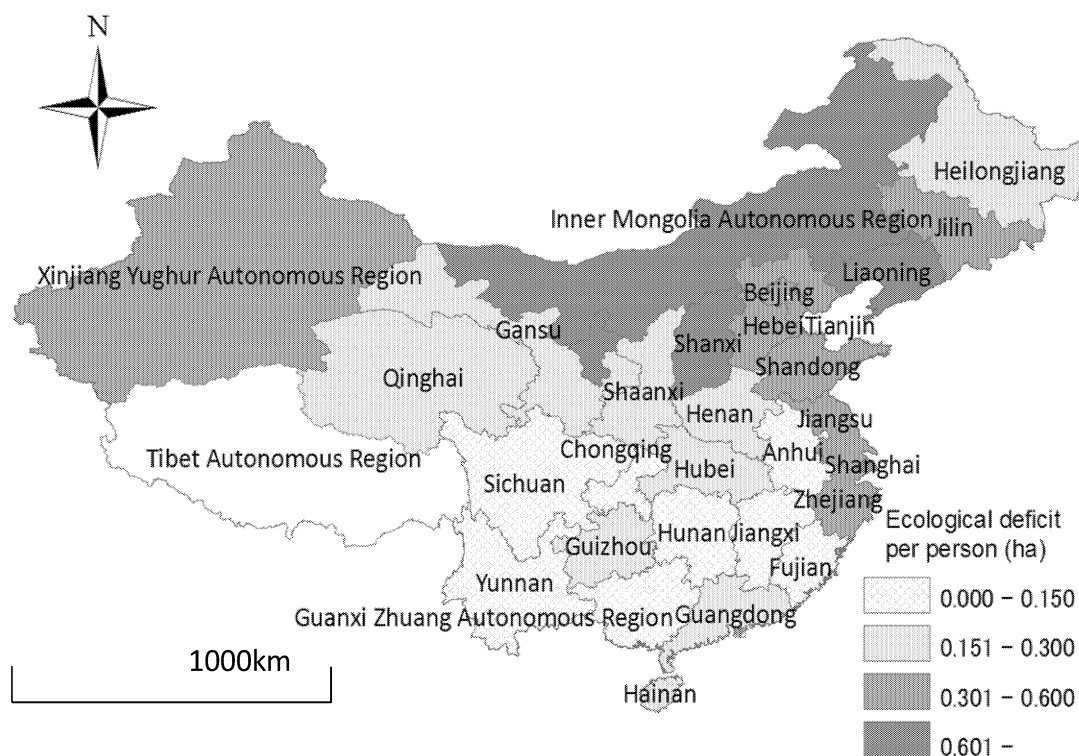


図-1 各地域の生態学的な赤字

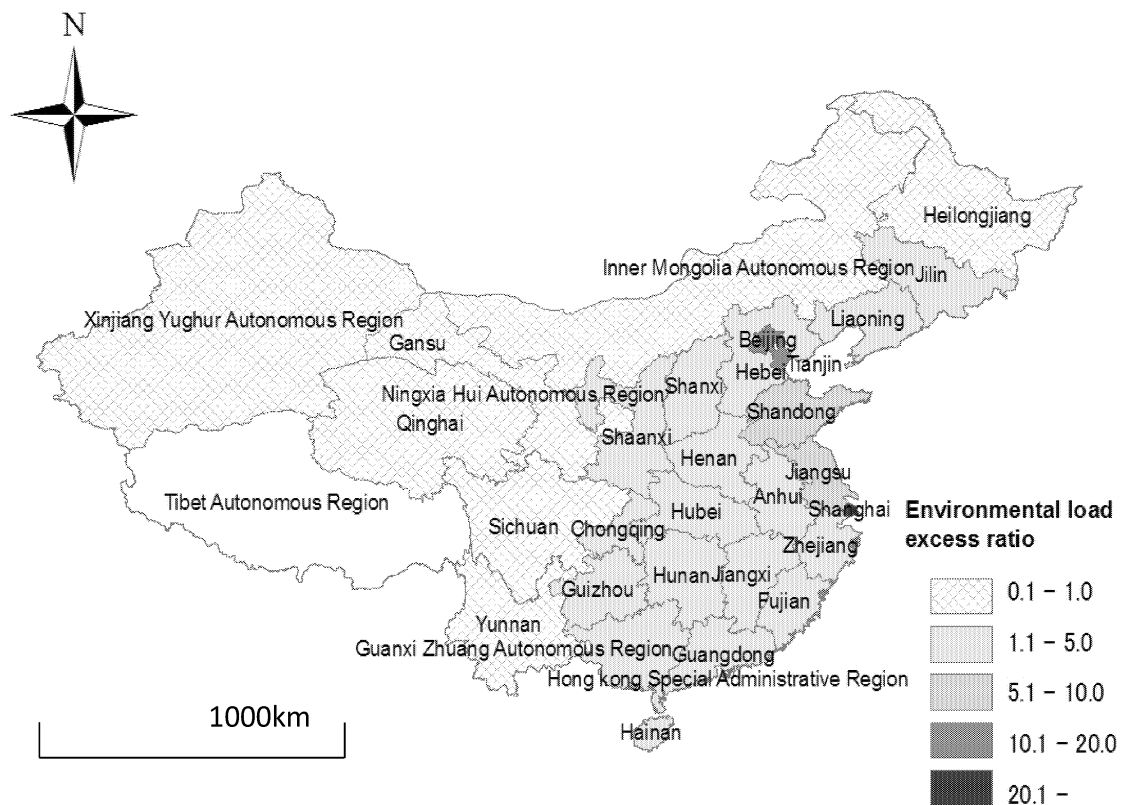


図-2 各地域の環境負荷超過率

3. 今後の計画

各地域の EF 指標値と経済指標（GDP や所得など）との関連性に基づいて、経済成長と環境負荷とを分離させる（デカップリング）ための方策について検討していく予定である。

参考文献

- 1) Wackernagel, M. and W. Rees, *Our ecological footprint Reducing Human Impact on the earth*, new society publishers, (1996)
- 2) Global footprint network, *Ecological footprint and biocapacity 2007, National Footprint Accounts 2010*.
- 3) National bureau of statistics of China, *China statistical years book 2010*.
- 4) 清水政行, 中国における産業別・地域別 SO₂、No_x、CO₂ 排出量の推計と考察, 日本国際経済学会第 69 回全国大会報告論文,(2010).