

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・フットプリント指標を用いた デカップリング指標に基づく中国の持続可能性評価—

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) を用いて、中国全体及び特性の異なる複数の地域を対象にデカップリング概念に基づく持続可能性評価を試みた。

分析の結果、1)1995年から2010年の間、中国のEF指標値は一貫して増加傾向にあり、特に2000年以降の伸びが顕著である。2)上海市(都市的性格)の一人あたりのEF指標値は河南省(農村的性格)の2.5倍であるが、3)青海省(中間的性格)や河南省のEF指標値の増加率は高く、それら要因には産業構造の変化のみならず、食生活の変化等も関係している。EF指標値とGDPに基づき、デカップリング評価を行った結果、4)中国全体においては、“Relative good decoupling”状態にあるものの、EF指標値とGDPの変化率は比例関係にあり、5)それらの傾向は地域特性によって大きく異なることが明らかとなった。

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、エコロジカル・フットプリント（EF）を用いて、中国全体及び特性の異なる複数の地域を対象にデカップリング概念に基づく持続可能性評価（1995年～2010年）を試みた。

（２） 研究方法

１） 研究対象地域

本研究では、中国全体及び特性の異なる複数の地域を対象とした分析を行う。分析対象としては、都市的性格の地域、中間的性格の地域及び農村的性格の地域など都市人口及び農村人口の構成割合及び地理条件をもとに選定している。対象地域は以下の通りである。
 上海市：中国の沿岸側に位置し、都市人口は約 1,700 万人、農村人口は約 220 万人である。都市人口の構成比率は約 90%であり、都市的性格の地域であると位置づけた。
 河南省：中国の内陸側に位置し、都市人口は約 3,600 万人、農村人口は約 5,900 万人である。都市人口の構成比率は約 42%であり、中間的性格の地域であると位置づけた。
 青海省：中国の内陸部及び山間部に位置し、都市人口は約 230 万人、農村人口は約 320 万人である。農村人口の構成割合は約 62%であり、農村的性格の地域であると位置づけた。

２） 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。また、EF3 においては、全国平均値を用いている。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	出典	
1	食糧、動物飼料のための作物を育てるための耕地（食糧・飼料）	食糧	穀物、野菜、果実などの国及び各地域一人あたりの消費量	3)4)5)6)7)
		飼料	豚肉、牛肉、鶏肉、羊肉、乳製品などの国及び各地域一人あたりの消費量	3)4)5)6)
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（牧草地）	の国及び各地域一人あたりの消費量		
3	都市的な活動を提供するために必要な土地（都市面積）	国及び各地域の一人あたりの都市的土地利用面積	3)	
4	材木を採取するための森林地（木材）	中国全体の一人あたりの木材消費量	7)8)	
5	排出された CO ₂ を固定するために必要な森林地（CO ₂ 吸収地）	国及び各地域の一人あたりの CO ₂ 排出量	9)10)	

3) デカップリング状態の評価方法¹¹⁾¹²⁾

デカップリングとは、OECD¹³⁾によって提唱された概念であり「環境に悪いこと」と「経済に良いこと」とのつながりを断ち切ることを意味する。本研究では、高井ら¹¹⁾¹²⁾の提案するデカップリング状態の分類方法を用いて、中国及び対象地域の持続可能性評価を行う。なお、環境負荷指標として「一人あたり EF 指標値」を、経済指標としては「一人あたり GDP」を用いて分析を行った。EF 指標を用いることにより、地域住民の食生活や資源消費量及び、CO₂ 排出量など、複合的な視点からの環境負荷と経済との関係を把握できる。

まず、一人あたり EF 指標値を EF/P とあらわし、その変化量を $\Delta(EF/P)$ と表記する。このとき、「一人あたり EF 指標値の変化率」

$$\Delta(EF/P)/(EF/P) \quad (2)$$

EF : 各省・直轄市における EF (ha)

P : 各省・直轄市における人口 (人)

と定義する。また、一人あたり GDP は I/P と表し、その変化量を $\Delta(I/P)$ と表記する。このとき、「一人あたり GDP の変化率」は、

$$\Delta(I/P)/(I/P) \quad (3)$$

I : 各省・直轄市における GDP (元)

と定義できる。これら 2 指標によって、図-1 のようにデカップリング状態が定義される。

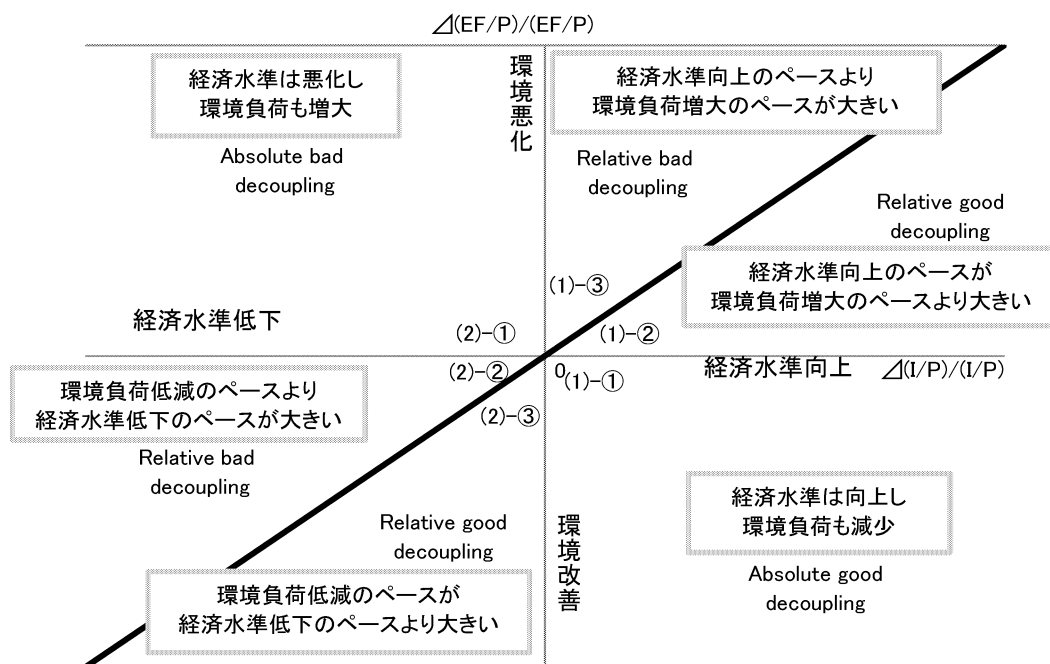


図-1 高井ら¹¹⁾¹²⁾によるデカップリング状態の分類図
(環境指標を EF に変換して著者作成)

(3) 分析結果

1995 年から 2010 年までの中国全体及び各地域の EF 指標の推移を図-2 に示す。
主な分析の結果は以下の通りである。

- 1) 中国全体の EF 指標値は増加傾向にあり、特に 2000 年以降の伸びが著しい。また、上海市(都市的性格)の一人あたりの EF 指標値は河南省(農村的性格)の 2.5 倍である。
- 2) 一方、上海市などの比較的成熟した都市においては、EF 指標値は横ばいであるのに対して、青海省や河南省では急増していることが分かる。つまり、近年の中国の環境負荷の増加はこれら地域が大きく寄与していることが考えられる。
- 3) これらの増加要因として、産業構造等の変化による CO₂ 排出量の増加が大きく寄与しているが、近年における中国国内での食生活の変化(食の欧米化)も少なからず関係している。

中国全体及び各地域のデカップリング状態の推移を図-3～6 に示す。
主な分析の結果は以下の通りである。

- 4) 中国全体においては、“Relative good decoupling”状態にあるものの、EF 指標値と GDP の変化率は比例関係にあることから、GDP の増加が EF 指標値の増加に強い影響を与えている可能性が読み取れる。
- 5) その一方で、各地域のデカップリング状態の推移は、地域特性によって大きく異なり、例えば、青海省では、2000 年以降、GDP 変化率は一定であるのに対して、EF 指標値の変化率は顕著に増えている。また河南省では、2000 年以降、GDP 変化率は減少しているにもかかわらず、EF 指標値の変化率は一定となっている。つまり、中国全体でみた場合には、GDP と EF 値の変化率は単純な比例関係として捉えることができるが、

各省や直轄市のような地域レベルまでブレイクダウンさせた場合には、それら特性によってデカップリング状態の推移は大きく異なることが示された。

3. 今後の計画

本年度では、国及び地域レベルでの EF 指標値の推移及び経済指標との関連性について分析を試みた。今後は、地域から人々の暮らし方までスケールダウンして、ライフスタイルの違いによる EF 指標値の差や、それらが地域レベルでの持続可能性に及ぼす影響について明らかにすることにより、「循環型社会の構築」とそのための「人々との暮らし」をリンクさせた研究を行う予定である。

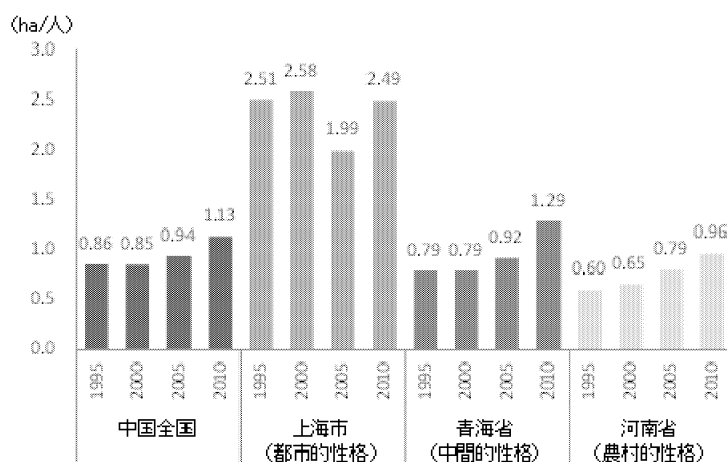


図-2 中国及び対象地域の EF 指標値の推移

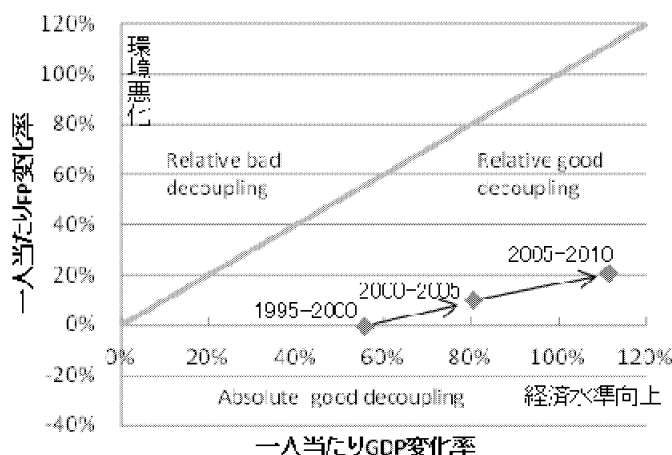


図-3 中国全体のデカップリング状態の推移

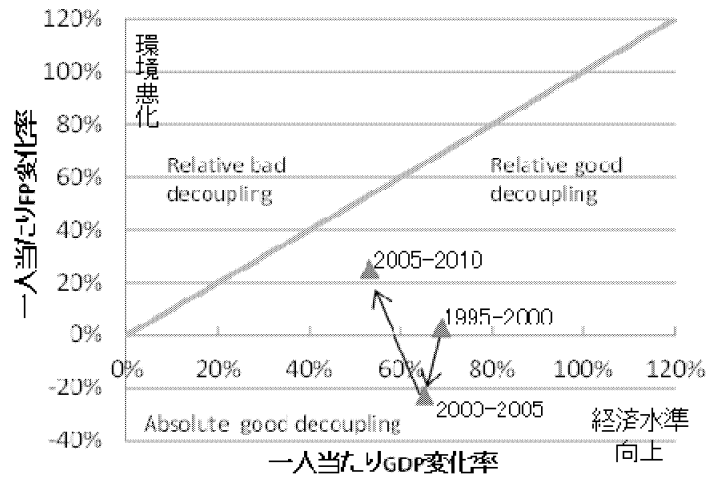


図-4 上海市のデカップリング状態の推移

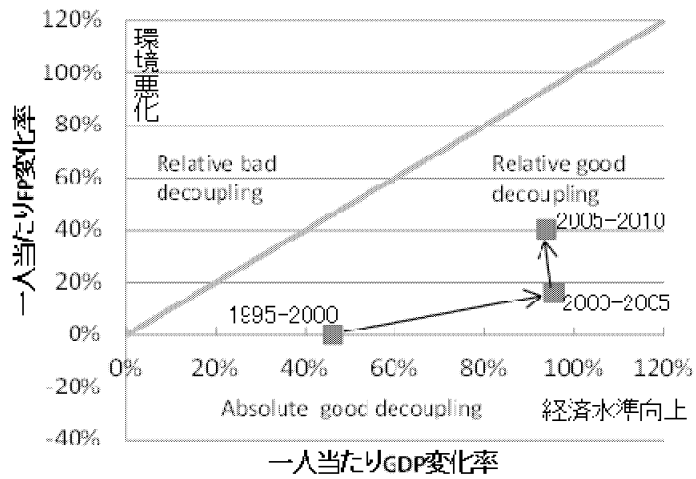


図-5 青海省のデカップリング状態の推移

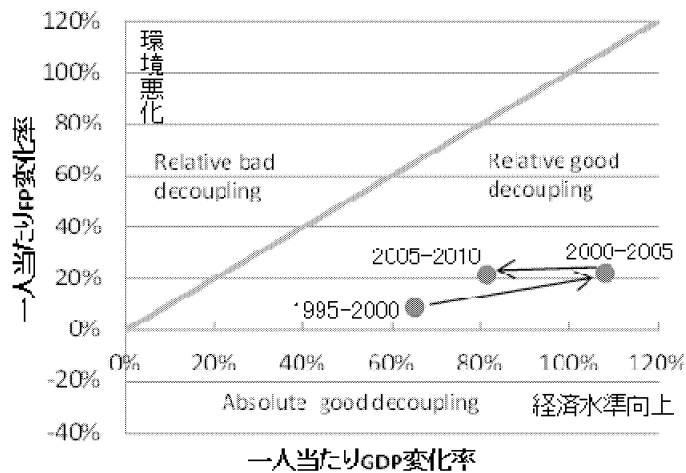


図-6 河南省のデカップリング状態の推移

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) 中華人民共和国国家統計局, 中国統計年鑑 : <http://www.stats.gov.cn/>, 2012.01 最終閲覧.
- 4) 上海統計局, 上海統計年鑑 : <http://www.stats-sh.gov.cn/>, 2012.01 最終閲覧.
- 5) 青海統計局 : 青海統計年鑑 2010, 中国統計出版社, 2010.
- 6) 河南統計局, 河南統計年鑑 : <http://www.ha.stats.gov.cn/hntj/index.htm>, 2012.01 最終閲覧.
- 7) FAOSTAT 国連食糧農業機関 : <http://www.fao.org/>, 2010.01 最終閲覧.
- 8) 国土交通省, 国土計画局 : 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, 2004.
- 9) 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
- 10) 中国人民大学気候変化・低炭素経済研究所 : 中国低炭素経済年度発展報告, 石油工業出版社, 2011.
- 11) 高井亨・本田智則 : 自治体における環境と経済とのデカップリング状態の評価手法について, 環境情報科学論文集, Vol.23, pp.31-36, 2009.
- 12) 高井亨 : デカップリング概念と要因分解の統合による持続可能性評価, 環境情報科学論文集, Vol.24, pp.261-266, 2010.
- 13) OECD, 経済協力開発機構 : <http://www.oecd.org/>, 2012.02 最終閲覧