

エコロジカル・フットプリント指標を用いた地区レベルでの環境負荷の定量化*

Environmental Load at the District-Scale in Urban Areas based on the Ecological Footprint Index*

氏原岳人**・谷口 守***・松中亮治****

By Takehito UJIHARA**・Mamoru TANIGUCHI***・Ryoji MATSUNAKA****

1. はじめに

1992年のブラジルのリオ・デ・ジャネイロで開催された「環境と開発に関する国際会議（リオサミット）」において、「環境と開発に関するリオ宣言」や「持続可能な開発に向けた行動計画（アジェンダ21）」等が採択されるに至った。前者は、持続可能な開発に向けての27原則を宣言している。それに対して、後者は、それら諸原則を実施するための行動計画を提示しており、その内容は広範多岐にわたる。その第40章（意思決定のための情報）においては、持続可能な開発を実現する際の、その意思決定の拠りどころとなる正確かつ適切な情報構築の必要性が明記¹⁾されており、持続可能な都市・地域社会を再構築するための、具体的で、かつ定量的に評価可能な指標（環境指標）づくりが世界各所で実施されている。

一般的に広く知られているエコロジカル・フットプリント指標（以下、EF指標と略記する）もそれら環境指標の1つである。この指標は、人間活動が及ぼす様々な環境負荷をFootprint（土地の消費面積）という同一基準によって総合的に評価することができる。また、対象とする都市・地域の環境容量に対して、どの程度のオーバーシュート（環境負荷の超過量）が発生しているのかについても評価できる点などに特長がある。

また、地方自治体においてEF指標の導入に積極的な英国では、EF指標を持続可能な都市・地域社会に向けた政策に対する達成度指標として用いている例も数多い。そんな中、E. Leighton ら²⁾は、スコットランドを対象として、このように持続可能性の達成度指標としてEF指標を採用している全ての地方自治体のプロジェクトに対して調査を行っており、EF指標の導入が都市・地域の持続可能性に対する人々の認識の向上を図り、政策に対して

有用な情報を与えるツールとなることを示している。

その一方で、これまでEF指標の算出事例としては、国レベルなどの広範囲を対象としたものが多かったのに対して、近年では、先述のように都市・地域レベルにおける算出事例も見られるようになってきており、都市・地域計画を実施する際の環境指標として明確に位置づけた調査・研究が進められている。また、それら都市や地域は多種多様な地区によって構成されている。このため、地方自治体等が具体的に持続可能な都市・地域づくりを進める際においては、都市・地域全体における環境負荷とあわせて、都市内のどのような都市活動が行われている地区において、どの程度の環境負荷（Footprint）が生じているのかについて定量的に把握することが重要になってくる。しかしながら、それらに関する研究蓄積は、これまで十分に行われているとは言い難く数少ない。

このような状況にあって、本研究の目的は、都市内における地区の居住者や従業者構成等の地区特性に着目し、それら地区内の人間活動が生じさせる環境負荷を、EF指標を用いて定量的に明らかにする。このことより、持続可能な都市・地域社会に向けて、各自治体がEF指標をその達成度指標として採用する際の基礎的な数値情報を提供する。

2. 既存研究レビューと本研究の特長

国レベルでのEF指標の算出事例としては、WWF (World Wide Fund for Nature : 世界自然保護基金) によって世界の約150カ国のEF指標値を算出した例³⁾が挙げられる。また、都市・地域レベルでの算出事例は英国において顕著であり、例えばロンドン⁴⁾やヨーク⁵⁾などで算出されている。さらに、わが国においても岡山都市圏⁶⁾を対象として、市町村レベルにおけるEF指標の算出が行われている。その一方で、先述のように都市を構成する地区レベルでの算出事例は数少ないが、ロンドン東側に位置するテムズ・ゲートウェイにおいて、環境共生型の住宅地域を建設する際に、住宅タイプ (Ecohomesなど) や現状のライフスタイルを見直すことによる環境負荷削減量を、EF指標値を用いて算出した研究⁷⁾や、メルボルンの16地区 (Sub-divisions) における家計支出のデータに

*キーワード：環境計画、地球環境問題、
エコロジカル・フットプリント指標

**学生員、環修、岡山大学大学院 環境学研究所

***正員、工博、岡山大学大学院 環境学研究所

(岡山市津島中3-1-1 Tel. Fax. 086-251-8850)

****正員、博(工)、岡山大学大学院 環境学研究所

(岡山市津島中3-1-1 Tel. Fax. 086-251-8921)

に基づき、独自に開発したI-O分析を用いて地域レベルでのEF指標値を算出し、さらに重回帰分析を用いて、その地域内における地区レベルのEF指標値を算出した研究⁸⁾が見られる。しかしながら、前者においては、都市内のある特定の地域の開発事例に留まっているため、他都市において参考とすることは容易ではない。また後者においては、I-O分析および重回帰分析を用いて詳細な検討を行っているが、居住者ベースにおけるEF指標に限定して算出しているため、対象地区全体におけるEF指標を算出しているわけではない。また、I-O分析を適用するためには、詳細なデータの準備が必要となる。以上のような既存研究に対して、本研究は以下のような特長を有する。

- 1) 各地区の居住者構成（年齢層や世帯人数）や住宅の種類および、産業別従業者構成等に注目して、どのような都市活動が行われている地区において、どの程度の環境負荷（EF）を発生させているのかについて明らかにする。
- 2) これら算出においては、全国レベルで整備されている統計データを利用することで、全国各地で同様の手法によりEF値を算出することが可能な汎用性の高いEF値の算出方法を提案する。

3. 分析対象都市と本研究におけるEF指標値の算出方法

(1) 分析対象都市

地方中心都市である岡山市を分析対象都市とし、約680地区（平成12年時点の町丁目）におけるEF指標値の算出を行う。岡山市を分析対象都市として選定した理由は、商業・業務系の都心部から住宅系の郊外部、また沿岸部における工業地帯等、偏りのなく様々な地区から構

成されているためである。

(2) EF指標の構成要素

本研究におけるEF指標の構成要素としては、清岡ら⁹⁾のEF指標の算出方法を参考として、

- ① 食料、動物飼料のための作物を育てる耕地
- 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
- ③ 材木、製紙材料等を採取するための森林地
- ④ 都市的な活動を提供するために必要な土地
- ⑤ 排出された二酸化炭素を固定するために必要な森林面積

以上①～⑤の構成要素とするとともに、Wackernagelの提案した式（1）⁹⁾の概念をベースとして算出する手法を提案する。なお、この概念は一般的にコンパウンド法と呼ばれるものである。

$$EF = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{P_i} \quad (1)$$

EF：一人あたりのエコロジカル・フットプリント（ha/人）

C_i ：消費財*i*における一人当たりの消費量（t/人）

P_i ：消費財*i*における単位面積当たりの生産量（t/ha）

i：対象とする消費財

(3) 各構成要素における算出方法

岡山市における資源総消費量や総CO₂排出量と各地区内におけるそれらについて、地区レベルでの按分指標を用いて、都市レベルとの整合性を図りつつEF指標値を算出している。按分指標については、国勢調査¹⁰⁾や事

表ー1 EF指標値の各構成要素および、それらを算出する際に用いた各指標

| 番号 | エコロジカル・フットプリント構成要素 | 分類 | 按分指標(町丁目単位) | 資源総消費および総CO ₂ 排出量との整合性 | 利用データ |
|----|--|------|-------------------------|--|--|
| ① | 食料、動物飼料のための作物を育てる耕地(食料・飼料) | 食料 | 年齢階級別の各品目消費量 年齢階層別人数 | 品目・年齢階層別消費量から推定 | 国民栄養調査、国勢調査 |
| | | 動物飼料 | 居住者人数 | 国内総消費量 | 国勢調査、食料需給表 |
| 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) | | 居住者人数 | 国内牧草地フットプリント | Wada(1999)、国勢調査 |
| ③ | 材木、製紙材料等を採取するための森林地帯(木材・紙) | | 居住者人数 | 国内森林フットプリント | Wada(1999)、国勢調査 |
| ④ | 都市的な活動を提供するために必要な土地(都市面積) | | 都市的土地利用面積 | 実数値を採用 | 岡山県南都市計画基礎調査 |
| ⑤ | 排出された二酸化炭素を固定するために必要な森林面積(森林(CO ₂ 吸収地)) | 産業 | 製造業従業者人数 | 各市町村CO ₂ 排出量(製造業) | 事業所・企業統計調査、環境自治体会議環境政策研究所データ |
| | | | 農林漁業、鉱業、建設業の各従業者人数 | 県内各CO ₂ 排出量(農林漁業、鉱業、建設業)を各市町村の各従業者人数で按分 | 事業所・企業統計調査、岡山県地球温暖化防止行動計画データ |
| | | 民生業務 | 業務従業者人数 | 各市町村CO ₂ 排出量(業務) | 国勢調査、環境自治体会議環境政策研究所データ |
| | | 民生家庭 | 人員別世帯数 戸建・集合住宅数 | 各市町村CO ₂ 排出量(家庭) | 国勢調査、国民行動指標(経済産業省・環境省)、環境自治体会議環境政策研究所データ |
| | | 運輸 | 活動総人口(居住者人数+従業者人数) | 各市町村CO ₂ 排出量(運輸) | 国勢調査、環境自治体会議環境政策研究所データ |

業所・企業統計調査¹⁰⁾など、都市および地区単位で統一的な手法により全国的に整備されているデータを用いている。また、総CO₂排出量については、環境自治体会議環境政策所のデータ¹¹⁾等を用いている。一方、分類②および③については、都市レベルでの総資源消費量の把握が困難であったために、Wada¹²⁾の分析結果を参考としており、また、分類①動物飼料については食糧需給表¹³⁾に基づき、全国一律の数値を用いている。それら各構成要素において用いた各指標を表-1に示す。

なお、分類①の食料消費については国民栄養調査¹⁴⁾による岡山の年齢階層別(10区分)の各作物別消費量(9区分)のデータが存在するため按分指標ではなく、その消費量自体を用いてEF指標値を算出することとする。分類①の食料消費におけるEF指標値($EF_{食料}^k$)の算出式は以下の通りである。

$$F_j^k = \sum_{n=1}^{10} p_n^k \cdot f_{nj} \quad (2)$$

$$EF_{食料}^k = \sum_{j=1}^9 \frac{F_j^k}{\beta_j} \quad (3)$$

F_j^k : 地区 k における作物 j の総消費量 (t)

p_n^k : 地区 k における年齢階層 n の人口 (人)

f_{nj} : 年齢階層 n における作物 j の 1 人あたりの消費量

(t/人)

β_j : 作物 j における土地生産性 (t/ha)

また、EF 指標値の中でも構成割合の最も高い分類⑤については、産業部門、民生業務部門、民生家庭部門、運輸部門に分類して詳細に検討している。また、按分指標は、産業および、民生業務部門は、各地区のそれぞれの従業者数を、民生家庭部門は、人員別世帯数や戸建・集合住宅数を、運輸部門は、居住人数と従業者人数の和を、その地区での活動総人口として用いた。

4. EF指標値の算出結果

岡山市を対象として、3. において提案した手法により算出した各地区の単位面積あたりのEF指標値の結果を図-1に示す。なお、EF指標値の単位は面積で表現されるため、単位面積あたりのEF指標値は無次元となる。

算出結果より、以下のようなことが明らかとなった。

- 1) 岡山市全域で見るとJRの鉄道沿線、特に岡山駅周辺部において、EF指標値が、相対的に高い傾向にある。これは、それら地域に商業・業務系用途が集中していることが大きな要因であり、特に岡山市都心部において、その傾向が見られる。また岡

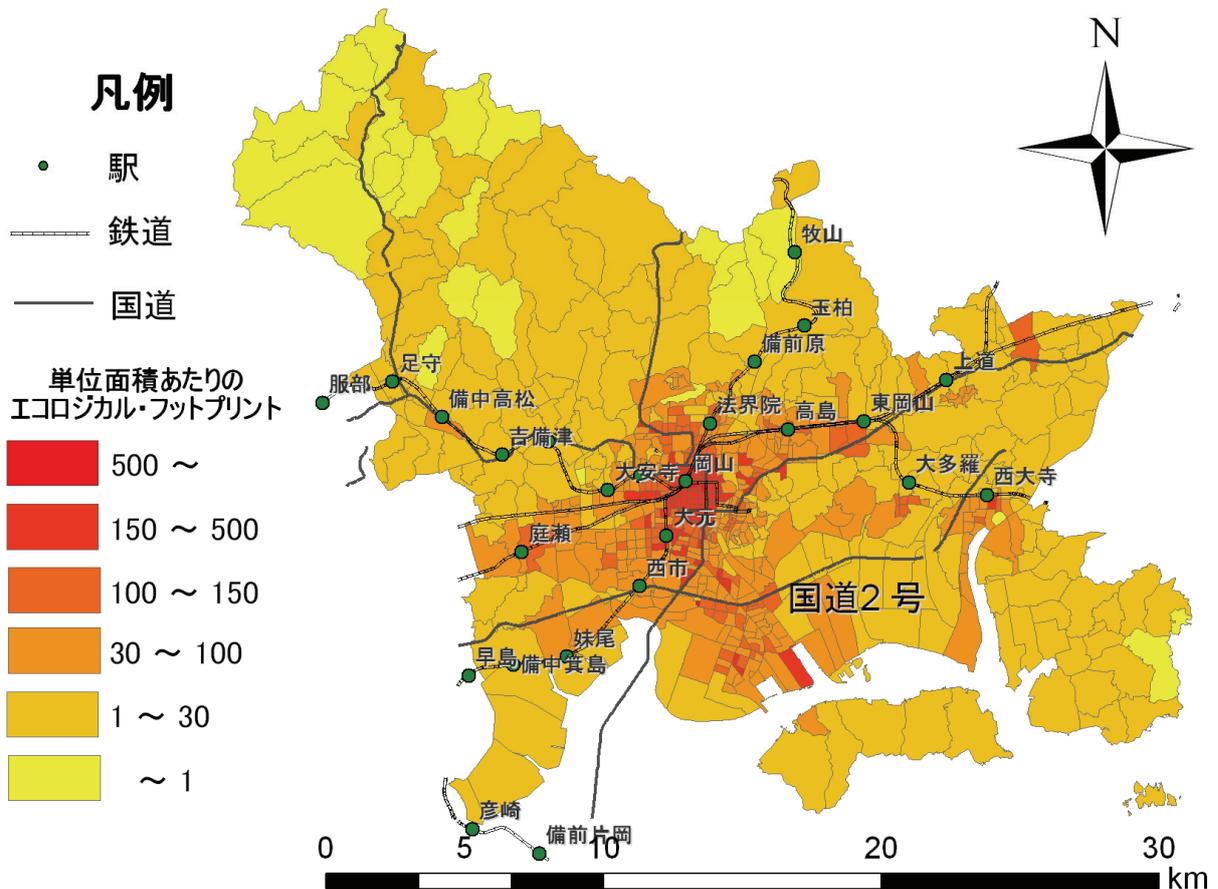


図-1 岡山市の地区レベルにおける単位面積あたりのEF指標値

山駅東側から岡山市中心部を流れる旭川までの商業・業務系地区において特に高くなっており、その数値は単位面積あたりにして、150倍以上のEF指標値を発生させている地区も多数存在している。

- 2) さらに、岡山市南部の郊外部である国道2号線などの幹線道路沿道の地区においても、EF指標値の高い地区が数多く見られる。これらの要因としては、ロードサイドショップなど沿道開発の影響が大きく、単位面積あたり100倍以上のEF指標値を発生させている地区も数多く存在する。
- 3) その一方で、岡山市北部の郊外においては、単位面積あたりのEF指標値が1.0未満、すなわち、自地区内の都市活動における環境負荷が、EF指標値にして、その地区の土地面積内を超過しておらず、環境負荷に見合うだけの土地を有している地区も存在している。
- 4) 以上のように、岡山市全体でみたときに、JRの鉄道沿線や岡山駅周辺部において、高い環境負荷を生じさせる傾向にある一方で、幹線道路沿道を中心として、郊外においても高い環境負荷を生じさせる地区が数多く存在することが明らかになった。

5. おわりに

これまで、英国等の地方自治体等によってEF指標値を持続可能な都市・地域づくりに向けた達成度指標として活用する試みが進められている一方で、都市や地域を構成する地区レベルにおいて、どのような都市活動が行われている地区で、どの程度の環境負荷 (Footprint) が生じているのかについての研究は数少なく、定量的に明らかにされてこなかった。これに対して、本研究では、全国的に整備されている統計データに基づいて、居住者構成や従業者構成等を考慮した汎用性の高い地区レベルでのEF値の算出方法を提案した。さらに、そのEF指標値の算出方法に基づいて、地方中心都市である岡山市を対象として、その適用を試みた。

分析の結果、商業・業務系用途が集積した岡山市の都心部においては、単位面積あたり約150倍以上のEFを、その地区内の都市活動によって発生させていることが明らかとなった一方で、これら傾向は都心部のみならず、岡山市郊外の幹線道路においても顕著に見られ、都市環境問題が都心部だけに限ったことではないことを、EF指標の観点から定量的に明らかにすることができたとと言える。

なお、本研究において提案したEF指標の算出手法は、データ制約上、全国一律の数値を用いて算出した箇所も

ある。また、居住者や従業者の交通環境負荷に関しては、居住者および従業者数を、その地区の活動人口とし、都市全体の交通環境負荷を活動人口で按分することにより、その地区内の環境負荷として加算している。これらの点に関して、解釈上の注意が必要であるとともに、地区の特性を十分に反映できるような算出手法の改善が求められる。

参考文献

- 1) United Nations Division for Sustainable Development - Agenda 21 : <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21>, 2007. 6月最終閲覧。
- 2) E, Leighton. A, Fulton. and A. Win : Local Authorities Leading the Way for a Low Footprint UK , International Ecological Footprint Conference, Abstract, p22, 2007.
- 3) WWF : Living Planet Report2006, http://www.panda.org/news_facts/publications/living_planet_report/index.cfm, 2007. 6月最終閲覧。
- 4) Best Foot Forward : City Limits A resource flow and ecological footprint analysis of Greater London, 2004.
- 5) Barrett, J. H, Vallack. A, Jones. and G, haq : A Material Flow Analysis and Ecological Footprint of York, 2002.
- 6) 清岡拓未, 谷口守, 松中亮治 : エコロジカルフットプリント指標を用いたローカールスケールでの持続可能型土地利用政策の検討, 都市計画論文集, No.40-3, pp55-60, 2005.
- 7) James, N. and P, Desai : One Planet Living in the Thames Gateway-A WWF-UK One Million Sustainable Homes Campaign Report, WWF-UK, Surrey, uk, 2003.
- 8) T, Wiedmann. R, Wood. M, Lenzen. J, Tovey. and S, Moloney : Modelling Ecological Footprints for sub-regional Levels: A Detailed Footprint of Consumption in Local Areas of Melbourne and Victoria, International Ecological Footprint Conference, Abstract, p24, 2007.
- 9) Wackernagel, M. and W. E, Rees (和田喜彦監訳) : エコロジカル・フットプリント 地球環境持続のための実践プランニング・ツール, 合同出版株式会社, 2004.
- 10) 統計GISプラザ : <http://gisplaza.stat.go.jp/GISPlaza/>, 2007年6月最終閲覧。
- 11) 環境自治体会議環境政策研究所 : 市町村別温室効果ガス排出量推計データ (2000年、2003年) および市町村の地球温暖化防止地域推進計画モデル計画について, <http://www.colgei.org/CO2/>, 2007年6月最終閲覧。
- 12) Wada, T: 「The myth of " Sustainable Developing " : The Ecological Footprint of Japanese Consumption. ” Ph. D. dissertation. Vancouver, BC: The University of British Columbia School of Community and Planning, 1999.
- 13) 食糧需給表 : <http://www.kanbou.maff.go.jp/www/fbs/fbs-top.htm>, 2007年6月最終閲覧。
- 14) 栄養・健康情報基盤データベース : http://nihnjst.nih.go.jp:8888/nns/owa/nns_main.hm01, 2007年6月最終閲覧。