Original Paper

Determination of Ecological Footprint at the Prefectural Level in Japan from the Perspective of the Consumption of Resources and Energy

Takahiro SUZUKI^{※1†} and Kazutoshi TANABE^{※2}

(Received June 20, 2016)

資源・エネルギー消費からみた都道府県別エコロジカル・フットプリント値の算出

鈴木孝弘^{※1†}, 田辺和俊^{※2}

Ecological footprint (EF) is a measure to evaluate the human impact on the earth recently. The purpose of this study is to evaluate prefectural EF values in 2010 from available energy and material consumption data. The prefectural EFs are calculated based on six categories; “forest area for assimilating CO₂”, “cropland”, “fishing grounds”, “forest area for product paper and/or timber”, “grazing land”, and “built-up land” according to the definition by World Wide Fund for Nature (WWF). The resulting prefectural EF values are higher in the local prefectures having heavy and chemical industries, especially in Yamaguchi, Oita, Okayama, and Hiroshima. However, the other areas relate closely to the energy and material consumption from these prefectures. Therefore, in addition, the prefectural EFs are reevaluated by employing the mean value of CO₂ amount of emission from an industry section. The difference of the EF values between 47 prefectures became small and higher EF values are found in Hokkaido, Tokyo, Okinawa, and prefectures in the Tohoku and Chugoku regions. The reason is coming from that of CO₂ amount of emission from a consumer section in such prefectures, which is larger than other prefectures. For the total environmental load, which can be calculated from the manipulation of population and EF value in each prefecture, the value becomes higher at densely populated urban and rural prefectures such as Tokyo, Kanagawa, Osaka, Aichi, Saitama, Hokkaido, and Chiba.

Key Words

Carbon dioxide emission, Ecological footprint, Prefectural ecological footprint, Sustainability

人間活動にともなう地球の持続可能性を評価する指標の1つに、エコロジカル・フットプリント(EF)がある。本研究では、47都道府県のエネルギーと資源の消費データに基づき、グローバル・フットプリント・ネットワーク(GFN)が算出した2010年の日本のEF値を各都道府県に割り当てることを試みた。都道府県のEFは、世界自然保護基金(WWF)の定義によるカーボン・フットプリント、耕作地、牧草地、漁場、森林地、生産能力阻害地の6つのカテゴリーに分けて計算した。その結果、鉄鋼や石油化学などの重化学工業の立地県(山口、大分、岡山、広島、和歌山など)がEF値で上位5県を占めるが、これらの県は都道府県別の総環境負荷量(EF×都道府県人口)で見ると、人口規模が大きくないため9位以下になり、東京、神奈川、愛知、大阪などの大都市圏が上位を占めた。さらに、他地域での都市活動等が影響する産業によるエネルギー消費(CO₂排出量)を47都道府県の平均値を用いてEFを再評価した。そのEF値で見ると、都道府県間の相違は減少したが、民生からのCO₂排出量が多い北海道・東北地方、東京、中国地方、沖縄等のEF値が全国平均より高い傾向が認められた。その各都道府県のEF値に都道府県人口を乗じて求めた総環境負荷量では、東京、神奈川、大阪、愛知、埼玉、北海道、千葉を初めとする人口規模の大きな都道府県で総環境負荷量が多いことを明らかにできた。

キーワード

CO₂ 排出量, エコロジカル・フットプリント, 都道府県のEF, 持続可能性

※1 Department of Economics, Faculty of Economics,
Toyo University
5-28-20, Hakusan, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8606, Japan

※2 Institute of Social Sciences, Toyo University
5-28-20, Hakusan, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8606, Japan

† Corresponding author: suzuki@toyo.jp

※1 東洋大学大学院経済学研究科経済学専攻
〒112-8606 東京都文京区白山 5-28-20

※2 東洋大学現代社会総合研究所
〒112-8606 東京都文京区白山 5-28-20

1. はじめに

近年、人間活動にともなう「持続可能性」を評価する指標の一つとして、エコロジカル・フットプリント (EF)^{1) 2)} が世界的に注目されている。EF は、1 年間に 1 人の人間が食料消費や資源消費、CO₂ 排出などの普通の生活を営むために必要な土地や海の面積のことである。これによると、現代の日本人が 1 年間生活するために必要な土地の面積は東京ドーム 1 個分 (4.7 ha) 程度のレベルと見積もられている。すなわち、建設物の面積 (0.04 gha)、米や麦の栽培に必要な耕作地 (0.47 gha)、魚介類を獲るための海の面積 (0.47 gha)、肉や乳製品を生産するための家畜の放牧地 (0.16 gha)、紙やパルプの製造に必要な森林 (0.23 gha)、そしてエネルギーの発生や CO₂ の吸収に必要な森林 (2.54 gha) の合計 3.90 gha (2010 年) である。現在 73 億人を越えた世界中の人々が日本人と同じような暮らしをすると、地球が約 2.3 個必要になり、途上国の人々に貧困や食糧不足といった形でしわ寄せがいつていることがわかる。また、CO₂ の吸収に必要な森林が全 EF の約 65% を占めている。

EF をバイオキャパシティ (生物生産力)³⁾ と比較すると、人間の経済活動が現在の地球上で持続可能かあるいは需要過剰 (オーバーシュート)¹⁾ を判定できる⁴⁾。そのため、国連、各国政府、自治体、各種団体、民間企業等の環境調査や政策立案、環境教育等に幅広く活用されている^{5) 6)}。日本でも 2006 年、第三次環境基本計画の中に EF の利用が盛り込まれた。EF は国レベル以外に、地域レベルで持続可能な発展を図るためのローカル指標として活用していくことが求められている。

東京都では、日本人 1 人当たりと東京都民 1 人当たりの EF 値が等しいという仮定の下に東京都の EF を試算しており、それが都の面積の 125 倍と見積もっている⁷⁾。しかし、その EF 値は、実際の東京都民の資源消費量から求められたものではない。谷口⁸⁾ は消費量とそれに直接かかわった面積に基づいて都道府県別の EF を算出しているが、生産から最終的な消費までに他産業を通じて間接的に利用する EF を考慮できないという欠点が指摘されている⁹⁾。Hasegawa¹⁰⁾ も都道府県別の CO₂ 排出量を産業連関分析の手法に基づき見積もる方法を提案している。岡山県津山市では都市計画マスタープランで、EF 値を指標の一つとして用いるために環境負荷超過率の評価が試みられた⁹⁾。しかし、これまでのところ EF の計算には課題もあり、その改良が試みられてきている^{11) 12)}。

EF の算出には、その定義に基づいて人間の生活に必要な 6 土地区分、農地、牧草地、木材を採る森林、排出 CO₂ の吸収に必要な森林面積、生産能力阻害地 (建物や道路等)、海洋淡水域ごとに国内の生産活動および輸入物の生産で使用する土地使用量を計算する必要がある。2009 年 9 月、EF の算出基準として「Ecological Footprint Standards 2009」が発表されたが、計算手順の複雑さ、詳細なデータの必要性等の課題がある¹³⁾。前報¹⁴⁾では、世界 162 か国の EF のデータを目的変数とし、32 種の様々な分野の要因を説明変数とし、

非線形回帰分析手法であるサポートベクターマシン (SVM) を用いて EF の決定要因の解析を試みた。その結果、世界的にみて、エネルギー消費と何らかの関係のある要因が EF 値の決定に最も大きな寄与を占めていることを確認できた。

本研究では、日本全体の EF 値と各都道府県の消費データから都道府県別の EF 値を割り当てることを目的とした。さらに都道府県別のエネルギー消費量と EF 値との関係を検討した。

2. 方法

2.1 EF のデータ

EF 値は幾つかの機関から公表されているが、本研究ではグローバル・フットプリント・ネットワーク (Global Footprint Network, GFN) が算出し、世界自然保護基金 (WWF) が公表している Living Planet Report 2000 ~ 2014 のデータを参照した。WWF による消費に関する EF の算出は、「生物生産力のある土地面積」という共通の単位が用いられ、CO₂ 固定用森林 EF_{CO_2} (EF の分野ではカーボン・フットプリントと呼ばれる)、耕作地 EF_{crop} 、漁場 $EF_{fishing}$ 、森林地 (パルプ・木材等用) EF_{forest} 、牧草地 $EF_{grazing}$ 、生産能力阻害地 $EF_{built-up}$ の 6 種のコンポーネントに分けられる。すなわち、

$$EF = EF_{CO_2} + EF_{crop} + EF_{fishing} + EF_{forest} + EF_{grazing} + EF_{built-up} \quad (1)$$

それに基づく 1996 ~ 2010 年の消費による日本の国民 1 人当たりの EF 値の推移 (6 種の土地利用のコンポーネントを含む) は Fig. 1 のようになる。1996 年の EF 値の 5.94 gha/人から減少傾向がみられ、2010 年には 3.90 gha/人になったが、これは世界で 42 番目に大きな値であり、世界平均のバイオキャパシティ (環境収容力) である約 1.7 gha の約 2.3 倍である。

2010 年における日本の国民 1 人当たりの EF 値 (単位 gha)¹⁵⁾ の各コンポーネントの値を Table 1 に示す。 EF_{CO_2} の割合が最も大きく全体の 65% を占め、次いで EF_{crop} と $EF_{fishing}$ がそれぞれ 12%, EF_{forest} が 6%, $EF_{grazing}$ が 4%, $EF_{built-up}$ が 1% となっている。

2.2 都道府県の EF 値の算出

47 都道府県の EF 値は、Table 1 の各コンポーネントの EF 値¹⁵⁾ を Table 2 に示す各 EF のコンポーネントの評価に必要な消費データから、次式により都道府県別の 1 人当たりの消費データ C_j を全国平均の 1 人当たりの消費データに基づいて按分し、その総和を求めることによって得た。

$$EF_i^j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^{47} C_j p_j} \cdot P \cdot EF_j \quad (2)$$

ここで、 EF_i^j は都道府県 j の EF_i の値 (gha/人・年)、 P は全国の人 (人)、 p_j は都道府県 j の人口 (人) である。生産能力阻害地 $EF_{built-up}$ の定義は、道路や建物の建設などの開発事業によって生産力がはば失われた土地である。日本の統計データでは都市計画区域があるが、生産能力阻害地に厳密に対応するデータは存在しない。

Fig. 1 Time trend of EF values in Japan (1996 ~ 2010 year)

Table 1 EF value and its components of Japan in 2010 year¹⁵⁾

EF value	gha/capita · year
(total)	3.90
(component) EF_{CO_2}	2.54
EF_{crop}	0.47
$EF_{fishing}$	0.47
EF_{forest}	0.23
$EF_{grazing}$	0.16
$EF_{built-up}$	0.04

Table 2 Data source for calculating prefectures' EF components

EF component	Data by prefecture	Data source
Carbon	Final energy consumption (Industry + ResCom + Transportation) per person (tC/(capita · year))	Energy Consumption Statistics by Prefecture (Agency for Natural Resources and Energy) ¹⁶⁾
Cropland	Bread + Noodles + Other cereals + Fresh vegetables (kg/(capita · year))	Family Income and Expenditure Survey (Statistics Bureau) ¹⁷⁾
Fishing grounds	Seafood consumption (kg/(capita · year))	Family Income and Expenditure Survey (Statistics Bureau) ¹⁷⁾
Forest products	Tissue paper + Toilet paper + Disposable diapers + Textbooks · Study-aid books + Notebooks + Paper products + Printed matter (Books, Magazines, Newspapers et al.) (Yen/(capita · year))	Family Income and Expenditure Survey (Statistics Bureau) ¹⁷⁾
Grazing products	Meat consumption (kg/(capita · year))	Family Income and Expenditure Survey (Statistics Bureau) ¹⁷⁾
Built-up land	0.04 gha/(capita · year)	

しかし、 $EF_{built-up}$ は 2010 年の EF 値のわずか 1%であり、全都道府県の値にあまり大きな差は無いと仮定しても、 EF_i に及ぼす影響はきわめて少ないため、0.04 gha/人を割り当てた。

3. 結果と考察

以上の方法に基づき都道府県別の 2010 年の EF 値を求め、その成分とともに表示したものを Fig. 2 に示す。47 都道府県のなかで山口、大分、岡山、広島 の 4 県の EF 値が突出して大であり、日本全体の $EF = 3.9$ gha の 2 倍程度の値になっている。EF の成分でみると EF_{CO_2} がこの 4 県では 80 ~

85%と全国平均の 65%よりかなり高く、これらの県に共通する要素として製鉄や石油化学コンビナートなどのエネルギー多消費型の重化学工業が立地し、大量の CO_2 を発生している。そのため、都道府県人口が比較的少ないこれらの県では、1 人当たりの CO_2 排出量が見かけ上、多くなるためと考えられる。

一方、奈良の $EF=2.49$ gha が最小であり、 EF_{CO_2} の割合も 45%と最小である。同様に EF_{CO_2} の割合が低い埼玉、山梨、京都、石川、大阪、香川などの EF が 3 gha 未満である。

WWF Japan では消費土地利用マトリックス (CLUM) と呼

EF(gha/(capita·year))

Fig. 2 Comparison of prefectures' EF values in 2010 from consumption data in Table 2

ばれる方法を用いて 2008 年の東京、愛知、沖縄の EF の概算値を算出している¹⁸⁾。それによると、東京と愛知は全国平均より約 9%、2%それぞれ高く、沖縄県は全国平均より約 9%低くなっている。本研究では、Fig. 2 のように愛知は全国平均より約 7%高いが、東京と沖縄は全国平均よりそれぞれ約 22%、12%低い結果が得られ、東京都について大きな違いがみられる。これは Fig. 2 より、東京都は EF_{crop} 、 $EF_{fishing}$ 、 EF_{forest} 、 $EF_{grazing}$ の 4 成分は全国平均よりいずれも若干大きい、 EF_{CO_2} の割合が 42%と低いことがその要因であると考えられる。

EF の他の成分では、 EF_{forest} と $EF_{grazing}$ は寄与が小さく都道府県間にほとんど差は認められなかった。 EF_{crop} では、北海道>京都>東京>神奈川の順で全国平均より 20%以上高く、福井<岐阜<鳥取、山形、福島、茨城の順で平均より 15%以上低くなっている。一方、 $EF_{fishing}$ では、青森>北海道>鳥取>島根、秋田の順で全国平均より 20%以上高く、逆に沖縄<岐阜<熊本<山形、群馬、愛知、福井の順で 20%以上低くなっている。これらはおもに食生活の違いを示していると考えられる。

データ源の都道府県別エネルギー消費統計調査では、人口当たりの炭素排出量が産業連関表を用いて産業、民生（家庭＋業務他）、運輸の 3 部門に分けて集計されているため、Fig. 3 には都道府県別の 1 人あたり CO_2 排出量とその内訳を

示した。山口、大分、岡山、広島県の 4 県の CO_2 排出量をみると、民生と運輸からの CO_2 排出はきわめて少ないが、産業用のエネルギー需要による CO_2 排出がほとんどを占めている。産業からの CO_2 排出は、製造業と非製造業に分けられ集計されているが、最も EF が大きな山口県では、製造業がそのうち約 90%を占め、化学・化繊・紙パと鉄鋼・非鉄・窯業土石がほぼ同量で、製造業からの CO_2 の約 79%を占めている。他の大分、岡山、広島県では、鉄鋼・非鉄・窯業土石の割合が非常に高く、それぞれ 75%、63%、82%を占めている。これらの県では、人口規模がそれほど多くないため、臨海部に重化学工業地帯を有する茨城、千葉、愛知、三重県などに比べ相対的に EF 値が高くなっていることになる。 CO_2 排出量の多い高炉による製鉄業や石油化学コンビナート等の立地による産業からの CO_2 排出量を、最終エネルギー消費として各都道府県に割り当てるのは、その都道府県だけで消費するわけではなく、大部分が他地域で消費され、他地域と密接に関連している点を考慮する必要がある。環境省によると¹⁹⁾、鉄鋼業は 2014 年度に約 1.73 億 t の CO_2 を排出し、産業界の約 51%、日本全体の CO_2 排出量の約 13.7%を占めており、 CO_2 排出を抑える水素還元など次世代製鉄装置の開発が急務である。

Hasegawa ら⁹⁾は、都道府県別の CO_2 排出量を生産と消費の両面から求めている。それによると、都道府県別の全

tC/(capita・year)

Fig. 3 Prefectures' component of CO₂ emissions in 2010

排出量は千葉が最大で、次いで東京、愛知、神奈川、大阪の順である。一方、1人当たりのCO₂排出量は、生産面では福井県が最大で、以下、福島、大分、岡山、山口、茨城、広島、千葉の順である。消費面では東京、三重、愛知、石川、愛媛の順である。本研究では、福井と福島は1人当たりのCO₂排出量が47都道府県の平均程度であり、産業、民生、運輸の3面からこの2県が1人当たりのCO₂排出量において全国で1、2位を占める要因は見当たらないため、Fig. 3の結果は妥当であると考えられる。

また、山村²⁰⁾は、温室効果ガス排出量算定・報告制度ならびにエネルギー消費統計のデータに基づき、製造業に係るCO₂を比較している。温室効果ガス排出量算定・報告制度のデータには未公開の部分があるが、愛知県が最大のCO₂排出県であり、エネルギー消費統計のデータでは千葉県が最大のCO₂排出県である。Fig. 3の結果に都道府県の人口を乗じると、愛知県が最大のCO₂排出県であり、次いで東京、千葉、神奈川、兵庫、広島、北海道、岡山、大阪、福岡の順(図表割愛)となり、山村¹⁹⁾の結果とほぼ類似した傾向が認められた。

民生(ResCom)からのCO₂が突出して多いのは、鳥取、島根、岡山、広島、山口、沖縄県の5県であり、特に中国地方の5県はいずれも他の都道府県の1.5倍ほどの値になっている。民生は、データ源では家庭と業務他の2つに分類されているが、それら6県では家庭と業務他の両面で1人当たりCO₂排出量が多く、6県平均で家庭が0.63 tC/人・年、業務が0.65 tC/人・年である。これら6県の民生全体では、

東京、神奈川、静岡、愛知、大阪、福岡など人口や産業が集中している都道府県の約2倍の値となっている。また寒冷で冬場の暖房に化石エネルギーを多量に消費する北海道や東北地方の各県と比べても約25%家庭からのCO₂排出量が多くなっている。沖縄を除き、中国地方5県のライフスタイルがCO₂排出という面でやや特異なものであることが推測されるが、その理由については電力使用量や灯油消費量だけでは説明がつかず、現時点では未解明である。一方、運輸からのCO₂は、絶対量は少なくEFに与える影響はごくわずかであるが、東京、神奈川、滋賀、京都、大阪、兵庫などの大都市圏が比較的少なく、秋田、山形、福島、富山、石川、福井、愛知、徳島、香川、愛媛などの地方が大きくなる傾向が認められる。

2010年の各都道府県の EF_j^I 値に都道府県人口 p_j を乗じると、各都道府県の「総環境負荷量」が土地面積に換算して求められる。その計算によって求めた結果をFig. 4に示す。この結果から、東京、千葉、神奈川、愛知、大阪、兵庫、北海道を初めとする人口規模の大きな都道府県で総環境負荷量が大きくなっていることが明らかである。山口、大分、岡山、広島の4県は人口規模がやや小さいため、総環境負荷量は小さくなるが、人口規模が同程度の都道府県に比べて総環境負荷量はかなり大きくなっている。

以上、都道府県別の消費データから1人あたりのEF値と総環境負荷量を論じた。その結果、重化学工業が立地している人口規模があまり大きくない地方の県では、1人あたりのEF値が相対的に大きくなることが明らかになった。した

Total EF (10^6 gha/year) Fig. 4 Total prefectures' EF values in 2010 without corrections for industrial CO₂ emissions

がって、都道府県レベルでの地域の持続可能性を達成するための適正な EF 評価として、産業によるエネルギー消費(CO₂の排出量)を47都道府県でどう分配するかが問題となる。

一般に重化学工業など環境負荷の大きな産業は、基幹産業として日本全体の種々の産業と密接な関係がある。そこで、本論文では各都道府県の産業からのエネルギー消費は、47都道府県の産業からのCO₂排出量の平均値を用いてEFの再評価を試みた。なお、岡山県津山市のEF値の評価¹¹⁾においては、産業・業務系用途の環境負荷は対象外とされた。その取扱いによる都道府県別のEF値と総環境負荷量をそれぞれFig. 5, Fig. 6に示す。各都道府県のEF値は、全国平均の3.90に近い値に平準化されることがわかった(Fig. 5)。このことは、われわれの日常生活における環境負荷は生活スタイルの画一化が進み、それほど大きな差がないことを意味している。

この平準化したEFでは、広島が4.76 ghaと全国平均より約20%大きく最大で、以下、鳥取、島根、北海道、山口、青森、岡山、東京の順となった。このうち、北海道、青森、東京はEF_{CO₂}の値が平均より5%程度高く、さらに北海道はEF_{crop}とEF_{fishing}、青森はEF_{fishing}、東京はEF_{crop}とEF_{forest}が平均より20～60%以上高くなっている。このEFが全国平均より大きなグループには、民生からのCO₂排出量が全国平均より約40～75%多い中国地方の5県全てが属している。

一方、EFが小さな都道府県では、滋賀が3.36 ghaと全国平均より約15%小さく、次いで群馬、兵庫、奈良、栃木、和歌山、福井、熊本の順になった。これらの県ではEF_{CO₂}が低い値であることが共通の要因であり、他のコンポーネントは全国平均と大きな差は認められない。

総環境負荷量(Fig. 6)の結果を産業部門からのCO₂排出量の平均化を図らなかったFig. 4の結果と比べると、人口規模の影響がより大きく出ていることがわかる。特に岡山、山口、大分の3県のEF値がFig. 6では、Fig. 4よりかなり低下したものとなった。

4. 結 論

人間活動にともなう持続可能な環境負荷を評価する指標として、これまで国などグローバルなレベルで環境負荷の計測に用いられているエコロジカル・フットプリント(EF)を都道府県等の地域レベルで算出する方法を提案した。日本の国民1人あたりのEF値は、Global Footprint Networkの公表しているデータから入手した。各都道府県については、国勢調査の都道府県人口、世帯人数のほか、CO₂排出量、肉や野菜、魚消費量、紙消費量などの消費データを収集・解析した。次に、各都道府県の活動におけるEF値を、該当地域に対応する消費データを用いてEFの6種の構成要素別に、日本全体の値を按分して各都道府県のEF値を決定した。

EF(gha/(capita·year))

Fig. 5 Prefectures' EF values in 2010 from consumption data using average values of industrial CO₂ emissionsTotal EF (10⁶ gha/year) Fig. 6 Total prefectures' EF values in 2010 using average values of industrial CO₂ emissions

その結果、新たな知見として鉄鋼や石油化学などエネルギー多消費型の重化学工業の割合の高い都道府県のEF値は他の地域に比べてきわめて高く、東京や大阪のような大都市圏ではEF値が全国平均より低い傾向があることが分った。

文 献 : References

- 1) Wackernagel, M.; Rees, W. E., *Our Ecological Footprint—Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, 1996
- 2) Chambers, N.; Wackernagel, M.; Simmons, C., *Sharing Nature's Interest: Ecological Footprints as an Indicator of Sustainability*, Earthcan Publications, 2001
- 3) Wada, Y., *Research on the Scientific Basis for the Sustainability*, Part 5, Chap.3, pp. 248-263, E-Square Incorporated, 2005 : 和田喜彦, エコロジカル・フットプリントでみる『環境収容力』, 北川正恭・山本良一他編著, サステナビリティの科学的基礎に関する調査報告書, 第5部第3章, pp. 248-263, 267-271, (株) イースクエア内・サステナビリティの科学的基礎に関する調査プロジェクト事務局, 2005
- 4) Nakano, K., *Environ. Sci.*, **22**, 273 (2009) : 中野桂, 環境科学会誌, **22**, 273 (2009)
- 5) Wada, Y.; Kishi, M., *Glossary: Application Examples of Ecological Footprint in the World-Focused on Examples in Europe, England and Wales*, Chambers, N.; Wackernagel, M.; Simmons, C.; Goto, M., *Sharing Nature's Interest: Ecological Footprints as an Indicator of Sustainability*, Intershift, p. 224-235, 2005 : 和田喜彦, 岸基史, 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・チェンバース, クレイグ・シモンズ, マティース・ワケナゲル, 五頭美和, エコロジカル・フットプリントの活用 : 地球10分の暮らしへ, インターシフト, pp. 224-235, 2005
- 6) Wada, Y., *Environ. Res. Quart.*, (152), 14 (2009) : 和田喜彦, 季刊環境研究, (152), 14 (2009)
- 7) Tokyo Metropolitan Government, *Tokyo Environmental Outlook 2000*, p. 7, 2000 : 東京都環境局, 東京都環境白書 2000, p.7, 2000
- 8) Taniguchi, M.; Abe, H.; Shigekane, K., *Stud. Reg. Sci.*, **34**, 23 (2004) : 谷口守, 阿部宏史, 重兼薫, 地域学研究, **34**, 23 (2004)
- 9) Yokawa, M.; Kagaya, S.; Hagiwara, R.; Uchida, K., *Stud. Reg. Sci.*, **38**, 939 (2008) : 余川雅彦, 加賀屋誠一, 萩原亨, 内田賢悦, 地域学研究, **38**, 939 (2008)
- 10) Hasegawa, R.; Kagawa, S.; Tsukui, M., *J. Econ. Struct.*, **4**, 5 (2015)
- 11) Ujihara, T.; Taniguchi, M.; Matsunaka, R., *Environ. Systems Res.*, **36**, 207 (2008) : 氏原岳人, 谷口守, 松中亮治, 環境システム研究論文集, **36**, 207 (2008)
- 12) Nakano, K.; Wada, Y., *Sci. Environ. Sustain. Soc.*, **4**, 11 (2007) : 中野桂, 和田喜彦, 滋賀大学環境総合研究センター研究年報, **4**, 11 (2007)
- 13) Ujihara, T.; Taniguchi, M., *Proc. Jpn. Soc. Civil Eng.*, **66**, 300 (2010) : 氏原岳人, 谷口守, 土木学会論文 D, **66**, 300 (2010)
- 14) Tanabe, K.; Suzuki, T., *J. Jpn. Inst. Energy*, **93**, 1205 (2013) : 田辺和俊, 鈴木孝弘, 日エネ誌, **93**, 1205 (2013)
- 15) WWF, *Living Planet Report 2014*, https://www.wwf.or.jp/activities/lib/lpr/WWF_LPR_2014.pdf (Last accessed on 2016/4/01)
- 16) Agency for Natural Resources and Energy, *Energy Consumption Statistics by Prefecture : 経済産業省・資源エネルギー庁, 都道府県別エネルギー消費統計調査*, http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/energy_consumption/ec002/ (Last accessed on 2016/4/01)
- 17) Statistics Bureau, *Family Income and Expenditure Survey : 総務省統計局, 家計調査*, <http://www.stat.go.jp/data/kakei/> (Last accessed on 2016/4/01)
- 18) WWF Japan, *Japan Ecological Footprint Report 2012*, 36 (2012)
- 19) National Institute for Environmental Studies, *The GHG Emissions Data of Japan : 国立環境研究所, 日本国温室効果ガスインベントリ報告書*, 2016, <http://www.gio-nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html> (Last accessed on 2016/4/01)
- 20) Yamamura, M., *Research Reports, School of Human Science and Environment, University of Hyogo*, **11**, 157 (2009) : 山村充, 兵庫県立大学環境人間学部研究報告, **11**, 157 (2009)