

# 沖縄県のツーリズムのカーボン・フットプリント (CF)

金城盛彦

## The Carbon Footprint of Tourism in Okinawa

Morihiko KINJO

### Abstract

In this paper, the inclusive CO<sub>2</sub> emissions rate (t-c/1 million yen), including the part emitted by intermediate inputs, is estimated by using input-output table in Okinawa. According to the results on carbon footprint (t-c/ha) obtained by converting the emissions, 103,912 hectare forest is needed to absorb the CO<sub>2</sub> emitted by tourism in Okinawa Prefecture. In fiscal year 2007, the total forest area in Okinawa was 105,036 hectare. Therefore, all of the CO<sub>2</sub> absorption capacity of the forests in Okinawa is used up just for tourism. Thus, it would be possible to say that its potential sustainability is not high.

### Keywords

持続可能な観光 (Sustainable Tourism), CF(Carbon Footprint), 沖縄 (Okinawa)

## 1. はじめに

消費する資源量を、地表の面積という2次元の尺度で視覚化し、持続可能性を測るために考案された指標がEF (Ecological Footprint, 以下EF) である (Wackernagel and Rees, 1996)。また温暖化防止の観点から同様に、持続可能性を測る指標にCF (Carbon Footprint, 以下CF) がある。本稿はツーリズムのCFを推計するものであるが、その方法は2つある。式(1)の右辺、総産出のような集計データを基に推計するコンパウンド法と、

左辺のように生産から消費まで、CO<sub>2</sub> 排出量を積み上げてゆくコンポーネント法である。両者の結果は本来一致するはずだが、式(1)の左辺の中間財の取引に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の把握が困難なことなどから、別の手法と認識されている。この流れを受け Ballard and Herendeen (1975) 以降、内包型環境負荷量の推計に産業連関表が応用されてきた。中間財取引も含んだ CO<sub>2</sub> 排出原単位を求める点で、この手法はコンポーネント法の側面を有している。同時に、結果的にその原単位に集計量である総産出を掛ければ、内包型 CO<sub>2</sub> 排出量が得られるため、コンパウンド法の側面も有する。それは両者を融合した手法といえることができる。本稿では、国内（中間）財に起因した内包型 CO<sub>2</sub> 排出原単位が推計の対象であることから、式(1)左辺の第2項、中間財の取引に自給率：1 -  $im_i - m_i$  を掛け、国内（中間）財と輸入財を分離する。

$$DE_j + \sum_{i=1}^n \varepsilon_i (1 - im_i - m_i) X_{ij} = \varepsilon_i X_j \quad (1)$$

$DE_j$  :  $j$  産業の直接 CO<sub>2</sub> 排出量 (t-c),  $\varepsilon_i$  :  $i$  産業内包型 CO<sub>2</sub> 排出原単位 (t-c/100万円),  
 $im_j$  :  $i$  産業の移入係数,  $m_j$  :  $i$  産業の輸入係数,  $X_{ij}$  :  $i$  産業から  $j$  産業への中間投入,  
 $X_j$  :  $j$  産業の総産出

## 2. 内包型 CF 原単位の推計法と使用データ

前章の式(1)左辺、第1項の直接 CO<sub>2</sub> 排出量は、生産過程で投入されるエネルギー構成などから比較的容易に求めることができる。この直接 CO<sub>2</sub> 排出量と産業連関表を用いることで、実査を経ずとも中間財取引を含む CO<sub>2</sub> 排出量やその原単位が得られることも、産業連関法の大きな利点である。同種の代表的な研究として南齋他 (2002) による「産業連関表による環境負荷原単位データブック (3IED)」の例がある。実際の推計は、式(1)の行列表現である式(2)により行う。

$$\begin{aligned} DE + \varepsilon(I - I\hat{M} - \hat{M})A^T\hat{X} &= \varepsilon\hat{X} \\ \rightarrow DE &= \varepsilon\{I - (I - I\hat{M} - \hat{M})A^T\}\hat{X} \\ \rightarrow \varepsilon &= DE \cdot \hat{X}^{-1}\{I - (I - I\hat{M} - \hat{M})A^T\}^{-1} \end{aligned} \quad (2)$$

$DE$  : 直接排出 CO<sub>2</sub> 行列 (t-c),  $I$  : 単位行列,

$\varepsilon$  : 内包型 CO<sub>2</sub> 排出原単位行列 (t-c/100万円),  $A$  : 中間投入行列,

$X_j$  :  $j$  産業の総産出行列,  $I\hat{M}$  : 移入係数( $im_i$ ) =  $\frac{IM_i}{\sum_{j=1}^n AX_j + FD_i}$  対角行列,

$$\hat{M} : \text{輸入係数}(m_i) = \frac{M_i}{\sum_{j=1}^n AX_j + FD_i} \text{対角行列, } IM_i : i \text{産業の移輸入 (100万円),}$$

$M_i$  :  $i$  産業の輸入 (100万円),  $FD_i$  :  $i$  産業の最終需要 (100万円)

日本の産業連関表は未だツーリズムを単独の産業部門として分離していない<sup>1)</sup>。そこで本稿では、沖縄県 (2005) による2004年 (暦年) のツーリズム需要調査等に基づき「2000 (平成12) 年度沖縄県産業連関表」からツーリズム部門を分離した<sup>2)</sup>。各産業からツーリズム関連部分を分離する手法は主に日本観光協会 (2000) に基づいている。同マニュアルでは、全従業員数に占めるツーリズム関連就業者数の比率を基に分離している。詳細は拙稿 (2009) に譲るが、本稿ではこれにユージン他 (2009) の手法を援用、ツーリズム需要に逆行列を掛け、その需要を充足するに足る産出が当該産業の全産出に占める比率を代わりに用いる。本稿の手法はしたがって、ツーリズムの財・サービスを供給する産業をツーリズムと定義する TSA (Tourism Satellite Account) と異なり、同一産業が供給する財・サービスのうちツーリズム関連の需要に向けられた部分をツーリズムであると考え。TSA は U 表 (産業別商品投入表: Use Matrix) 及び V 表 (産業別商品産出表: Make Matrix) を含む SNA (System of National Accounts) 産業連関表を基に、ツーリズムの GDP を把握することが主眼である。したがって、そのままでは、本稿の内包型 CO<sub>2</sub> 排出量はもちろん、ツーリズム需要の派生効果は分析できない。本稿同様、いくつかの仮定の下ツーリズムの需要と供給の接合を図る必要がある。

また、分離の基本となる沖縄県の産業連関表とツーリズム需要の数値には少なからずの齟齬がある (拙稿, 2009参照)。この齟齬を解消するため本稿では、「2000 (平成12) 年度41部門沖縄県産業連関表」を、「農林水産業」、「鉱業」、「軽工業」、「化学工業」、「重工業」、「建設」、「電力・ガス・水道」、「商業」、「金融・保険・不動産」、「陸運」、「水運」、「航空輸送」、「運輸付帯サービス」、「通信・放送」、「公務」、「その他の公共サービス」、「対事業所サービス等」、「対個人サービス」の18部門に再統合した。その上で、各産業のツーリズム関連部分を分離、再集計したツーリズム部門を含む19部門の「2000 (平成12) 年度沖縄県ツーリズム産業連関表」を作成した。内包 CO<sub>2</sub> 排出量推計の基礎となる沖縄県の直接 CO<sub>2</sub> 排出量のデータは存在しない。したがって、本稿では前出の南齋他 (2002) で全国を対象に推計、公表された2000年 (暦年) の直接 CO<sub>2</sub> 排出原単位 (t-c/100万円) を用いて推計した<sup>3)</sup>。

表3-1 部門別 CO<sub>2</sub>排出原単位および内包 CO<sub>2</sub>排出量

	直接 排出量 (t-c)	直接排出 原単位 (t-C/ 100万円)	間接 排出量 (t-c)	直間 比率	内包型 原単位 (t-C/ 100万円)	最終需要 (100万円)	内包 排出量 (t-c)	内包 直接比	CO <sub>2</sub> -EF (ha/yr)
農林 水産業	29,882	0.32	14,667	0.33	0.48	56,311	12,851	0.43	9,050
鉱業	2,614	0.15	4,478	0.63	0.40	277	44	0.02	31
軽工業	40,250	0.13	65,182	0.62	0.34	193,240	22,326	0.55	15,723
化学工業	269,243	0.92	50,688	0.16	1.09	160,981	190,801	0.71	134,367
重工業	26,648	0.32	13,542	0.34	0.48	60,563	13,835	0.52	9,743
建設	42,258	0.05	121,339	0.74	0.20	794,015	30,328	0.72	21,358
電力・ ガス・水道	873,909	4.14	121,229	0.12	4.72	92,892	2,068,944	2.37	1,457,003
商業	14,801	0.04	47,162	0.76	0.15	305,791	7,102	0.48	5,002
金融・ 保険・ 不動産	8,875	0.01	35,646	0.80	0.06	548,966	1,778	0.20	1,252
陸運	113,566	1.11	9,949	0.08	1.20	70,619	101,999	0.90	71,830
水運	110,037	3.25	12,608	0.10	3.63	25,344	333,276	3.03	234,702
航空輸送	416,847	2.91	21,808	0.05	3.06	140,096	1,309,599	3.14	922,253
運輸付帯 サービス	2,561	0.03	15,683	0.86	0.23	33,230	1,773	0.69	1,248
通信・放送	2,170	0.02	16,194	0.88	0.17	57,660	1,644	0.76	1,158
公務	33,749	0.08	85,566	0.72	0.29	412,274	33,870	1.00	23,852
その他 の公共 サービス	70,739	0.08	187,245	0.73	0.30	824,369	74,560	1.05	52,507
対事業 所サー ビス等	6,698	0.02	28,265	0.81	0.11	88,822	1,144	0.17	806
対個人 サービス	27,325	0.10	78,328	0.74	0.37	282,145	39,461	1.44	27,789
ツーリズム	220,961	0.39	125,592	0.36	0.61	392,342	147,555	0.67	103,912
合計・平均	2,313,133	0.74	1,055,169	0.52	0.94	4,539,937	4,392,891	0.99	3,093,585

(出所) 著者作成。

### 3. ツーリズムの内包型 CF

表3-1の第1列が、生産過程の投入エネルギー構成などから推計される直接 CO<sub>2</sub> 排出量 (DE) である。ツーリズムは22万961(t-c) の直接 CO<sub>2</sub> 排出があり、地域の基幹産業として全19部門中4番目に大きい。これは、第2列のツーリズムの直接 CO<sub>2</sub> 排出原単位が0.39

(t-c/100万円) と全19部門中 6 番目に大きいことに加え、5,650億9,800万円と全19部門中 4 番目に大きな総産出が相まってたらされた結果といえよう。表3-1の第3列は、産業連関法を用いた内包型 CF 推計の利点である中間財取引に伴って、各産業で派生する CO<sub>2</sub> 排出量である。ツーリズムの12万5,592(t-c) は、全19部門中 2 番目に大きな値を示す。ツーリズムの中核を成す宿泊業を筆頭に、電力・ガス・水道といったファシリティ関連の膨大な支出が経営を圧迫しているとの声は少なくない。ツーリズムの大きな CO<sub>2</sub> 排出量はこの業務の過程で大量に投入される電力・ガス・水道に拠るところが大きいものと思われる。また、ツーリズムとの関係が深く、いずれも3.00(t-c/100万円) 超の内包型 CF を示す、水運や航空輸送といった運輸部門からの影響も小さくない。これは発地から遠い島嶼地域のツーリズムゆへの傾向ともいえよう。さらに0.61(t-c/100万円) と、全19部門中 6 番目に大きな内包型 CF を示すツーリズム自身からの中間財の投入も大きい。CO<sub>2</sub> 排出量が相対的に高い産業からの投入が大きいツーリズムと、それ自体(自産業界)の投入ループが全産業で 2 番目という大きな間接 CO<sub>2</sub> 排出量の要因といえるであろう。しかし、直接 CO<sub>2</sub> 排出量も大きかったため、表2-1の第4列の直接、間接の CO<sub>2</sub> 排出量の比は0.36と全19部門中12番目の大きさに留まっている。

本稿の主眼である内包型 CF は表3-1の第5列に示されている。内包型 CF は、最小の金融・保険・不動産の0.06(t-c/100万円) から最大の電力・ガス・水道の4.72(t-c/100万円) まで各産業で様々な値を示している。ツーリズムの内包型 CF は0.61(t-c/100万円) であり、これは全19部門中 6 番目に大きな値である。したがって、温暖化防止の観点から見ると、ツーリズムの持続可能性は決して高くはないといえるかもしれない。この内包型 CF に国内最終需要を掛けることで、 $DOM$  (内包 CO<sub>2</sub> 排出量) =  $\varepsilon(I - \hat{M} - \hat{M})FD$  を得ることができる。ただし、インバウンドのツーリズム需要は産業連関表では域外消費、すなわち移出と輸出に分類される。したがって、本稿では国内最終需要(アブソープション)に内包する資源量で測る EF の概念ではなく、最終需要を掛けることで、表2-1の第7列の内包型 CO<sub>2</sub> 排出量を求めた。この14万7,555(t-c) の内包 CO<sub>2</sub> 排出量の直接 CO<sub>2</sub> 排出量22万961(t-c) に対する比が表2-1の第8列の内包比率となる。ツーリズムの内包型 CF は全19部門中 6 番目の大きさであるが、内包直接比は0.67と1.00を下回るため、最終需要に内包される CO<sub>2</sub> の排出量は直接 CO<sub>2</sub> 排出量に比べ小さいことがわかる。

#### 4. 温暖化の視点からみたツーリズムの EF

CF は面積ではなく、単位金額当りの温室効果ガス排出量で換算することから、本来はフットプリントではなくカーボン・ウェイトである (Hammond G, 2007)。そこで、世界第43号 (2011)

平均の森林の二酸化炭素吸収効率（1.42t-c/ha/yr）を用い（Doménech JL, 2006）、CFを単位面積当たりのCO<sub>2</sub>排出強度に換算、そのCO<sub>2</sub>ベースのEFを求めたのが表3-1の第9列である。2007（平成19）年の沖縄県の森林総面積は105,036haである一方で（沖縄県、2008）、そのEFが103,912haであることから、温暖化防止の視点に立てば沖縄県のツーリズムの持続可能性は低いことがわかる。ちなみに、沖縄県の産業全体のEFは3,093,585haである。したがって、沖縄県の森林のCO<sub>2</sub>吸収能力は地域のCO<sub>2</sub>排出量のわずか3.4%程度しか充足できていない可能性が高い<sup>4)</sup>。

## 5. まとめ

沖縄県のツーリズムは美しい珊瑚礁を主要な観光資源としている。しかし最近、温暖化の進展による珊瑚の白化現象が問題視されている。本稿の分析結果からはしかし、それはひとえに地球全般の温暖化に起因するものと、一方的に糾弾できない状況に沖縄県は有る。ツーリズム振興が、その産業基盤である珊瑚の白化につながる現在の沖縄県の社会・経済構造は矛盾していると言わざるを得ない。地球環境保全の視点からの電力・ガス・水道といったエネルギー構造のクリーン化が唱道されることが少なくない。しかし、豊かな自然を産業基盤とする沖縄県のツーリズムにとってそれは、単に地球環境や、ツーリズムの経営コスト削減の視点だけではなく、むしろ自産業の持続可能性の確保といった切実な問題であることを認識しなければならない。それを怠ればやがて、自らが招いた環境破壊による産業基盤の深刻な劣化に慌てふためく日が来るかもしれない。

### 注

- 1) ツーリズムは世界のGDPの1割を占める割に、未分離の国は少なくない。
- 2) それぞれのデータの年次に若干の差については、拙稿（2009）では外挿、内挿などの形で調整を施している。それにより、調整の有無が分析結果へ与える影響は小さいことと思われるがため本稿では元値をそのまま用いている。
- 3) 部門統合の違いが、排出原単位と分析結果に影響を与える可能性が指摘されている（原、2010）。しかし、産業連関表を用いる場合、原表自体も何らかの部門統合を経て作成される。したがって、この種の問題は許容せざるを得ないものといえるであろう。
- 4) 沖縄のような海洋県の場合特に、海洋にCO<sub>2</sub>吸収を考慮すべきであろう。しかし、本文中でも触れているようにそれが珊瑚の白化現象にもつながっていると考えられているのもまた事実である。

### 参考文献

沖縄県（2008）：沖縄県の森林・林業（概要版）平成20年版，沖縄県農林水産部森林緑地課。

- <http://www3.pref.okinawa.jp/site/contents/attach/14360/H20gaiyou1.pdf> (2010/12/14)
- 沖縄県 (2005) : 平成16年度観光統計実態調査, 沖縄県観光リゾート局。 <http://www3.pref.okinawa.jp/site/contents/attach/9911/H16houkokusyo.pdf> (2010/12/08)
- 沖縄県 (2000) : 平成12年度沖縄県産業連関表, 沖縄県企画部統計課。 [http://www.pref.okinawa.jp/toukeika/io/2000/sanren\\_top.html](http://www.pref.okinawa.jp/toukeika/io/2000/sanren_top.html) (2010/12/08)
- 金城盛彦 (2009) : ツーリズムは地域の基幹産業足り得るか? —構造 (影響力・感応度係数) からみたその可能性—, 日本観光研究学会第24回全国大会論文集, 日本観光研究学会, pp.29-pp.32。
- 金城盛彦 (2009) : ツーリズムの経済効果分析の課題(2) —派生需要の過大評価の可能性について—, 東海大学紀要政治経済学部, 第41号, pp.117-pp.125。
- ユージン・シイジュン・ティエン・パール-イマダ-イボシ (2009) : 「ハワイの観光が経済に与える影響—ツーリズム・サテライト・アカウント (TSA) によるアプローチ, イノベーション & I-O テクニク産業連関」, 第17巻, 1・2合併号, 環太平洋産業連関学会, pp.30-42。
- 南齋規介, 森口祐一, 東野達 (2002) : 産業連関表による環境負荷原単位データブック (3EID) —LCAのインベントリーデータとして, 独立行政法人国立環境研究所。
- 日本観光協会編 (2000) : 観光地の経済効果推計マニュアル, 日本観光協会。
- 原卓也 (2010) 「産業連関分析による内包型 CO<sub>2</sub> 排出量推計における部門統合誤差の評価, 第5回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, 日本LCA学会, pp.340-pp.341。
- Bullard and Herendeen (1975): Energy cost of goods and services, *Energy Policy*, 3(4), pp.268-pp.278.
- Doménech JL (2006): Methodology guide for calculating the enterprise ecological footprint, Third International Meeting over Sustainable Development and Villages (in Spanish), July 2006, Málaga University, Spain.
- Hammond G. (2007): Time to give due weight to the 'carbon footprint' issue, *Nature*, 445 (256).
- Wackernagel and Rees (1996): *Our Ecological Footprint-Reducing Human Impact on the Earth*, Gabriola Island, B.C., Canada: New Society Publishers.