

35. パッケージツアーへの カーボンフットプリント付与の方法論

伊藤 友佳¹・森本 涼子^{2*}・柴原 尚希²・加藤 博和²

¹ 亀山市役所(〒519-0195 三重県亀山市本丸町577番地)

² 名古屋大学大学院環境学研究科(〒464-8603 愛知県名古屋市中種区不老町C1-2(651))

* E-mail: rmori@urban.env.nagoya-u.ac.jp

パッケージツアーへカーボンフットプリントを付与するために必要となるCO₂排出量算出に関する方法論を構築している。パッケージツアーの構成要素のうち特に「移動」部分に着目し、そのCO₂排出量原単位を、ツアーで主に利用される旅客輸送機関である鉄道・バス・航空機・船舶について、地域特性や乗客数、運行状況などに応じて整備している。得られた原単位を実際のパッケージツアーに適用し、各構成要素別のCO₂排出量の傾向を把握する。さらに、ツアー内容のうち価格・日数・目的地・移動手段の変更によるCO₂排出量の変化を分析する。最後に、算出されたカーボンフットプリントの提示方法を提案する。

Key Words : package tours, carbon footprinting, CO₂ emission factors, transportation

1. はじめに

日本では観光政策が積極的に行われている。東日本大震災に伴い一旦流れが止まると思われるが、2004年の観光立国宣言、2008年の観光庁発足を経て、海外からの旅行者は増えつつあった。また、平成22年版観光白書¹⁾によると、今後の生活で力点を置きたい分野として「レジャー・余暇生活」が34%と最も多く、潜在需要の多いレジャー活動として海外旅行・国内観光旅行がともに挙げられている。近年では自然地区を訪れる旅行やエコツーリズムと呼ばれる形態が人気となる傾向がある。ただし、エコツアーか否かを分ける基準は明確でないのが現状である。それどころか、例えばCO₂排出量1つをとっても、その推計方法は確立されていない。観光に伴うCO₂排出量を把握する方法の整備を早期に行う必要がある。

一方、製品やサービスのCO₂排出量を計測し表示するカーボンフットプリント(以下: CFP)制度の導入を多くの企業が始めている。CFPはCO₂(温室効果ガス排出の合算値のCO₂換算)の「見える化」によって、企業、消費者の両者がCO₂排出削減を考えるための情報となるものである。2011年中に国際標準化機構(ISO)より国際規格として発行される見込みとなっており、この動きは今後も拡大していくと予想される。CFPの付与は各企業が自主的に行っていくものと考えられる。その際の指針となるの

が、商品・サービスごとの排出量の算定ルール「商品種別算定基準(PCR: Product Category Rule)」であり、その算定がまず必要となる。

しかし、本研究で評価対象とする観光パッケージツアーは、現在既にCFPが付与されている製品とは異なり、CO₂排出量の把握が困難な特性がある。それは、1)パッケージツアーは多くの要素から成り立っており、2)サービスを提供する前にCO₂排出量を把握し付与する必要があり、3)ツアーの各構成要素について専門ではない観光業者が算出しなければならない、点である。これらの課題を解決するために、構成要素ごとにツアー実施前段階で得られる情報によって適用可能なCO₂排出量原単位を整備しておき、各構成要素の量にそれに乗じて総和をとるという、簡易的なCO₂排出量算定方法の整備が有効である。

3(1)節で詳述するように、パッケージツアーの構成要素は「移動」「宿泊」「食事」「レジャー」に区分できる。既往研究²⁾における概算によると、CO₂排出量全体に占める「移動」部分の割合が多い。しかし、その算出には一般に国土交通省が提示する全国平均値の旅客輸送機関CO₂排出量原単位³⁾が使用されてきた。したがって、ツアーで実際に利用される各輸送機関の運行状況等による違いが考慮できていない。

そこで本研究では、実務で適用可能なパッケージツア

一のCFP算出方法を提案することを目的とする。特に、パッケージツアーでよく利用される移動手段⁹⁾である「鉄道」「バス」「航空機」「船舶」のCO₂排出量原単位を、地域特性や乗客数、運行状況などに応じて整備する。加えて、これらを実際のパッケージツアーに適用し、CO₂排出量の構成要素別の傾向を把握するとともに、目的地や移動手段といったツアー内容の変更によるCO₂排出量の変化を把握する。

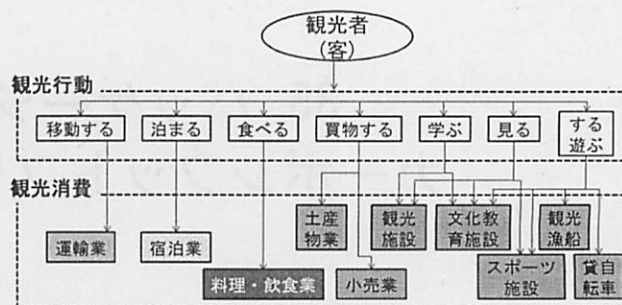
2. 観光における環境影響評価に関する既往研究

観光が環境に与える影響を考える動きの出発点は、1972年に行われた国連人間環境会議で、自然にやさしい観光、地球にやさしい観光など自然環境や野生生物の保護への取り組みが必要であると提唱されたことである。日本では2007年に、地域の自然環境の保全に配慮しながら地域の創意工夫を生かしていく「エコツーリズム推進法」が成立し、実施されている。ただし、エコツーリズムと呼ばれる旅行形態は増加してきているものの、その定義は機関・団体によって異なる。

エコツーリズムの考え方は、1)自然・歴史等の地域固有資源がその活用と観光によって損なわれないように保護する、2)地域住民へ利益を還元する、という捉え方が大半である⁹⁾。それを前提に、敷田ら⁹⁾のエコツーリズムの管理方法を整備する研究や、都筑ら⁷⁾によるエコツーリズムが地域経済、地域資源に与える影響を多面的に評価する研究など、資源の保護に関する研究が多くなされている。観光資源保護の認識は、エコツーリズムの考え方が広まるとともに拡大してきており、平成22年版観光白書⁸⁾では観光産業の環境保全に果たす役割が大きいことを示し、取り組みを強化するように求めている。

しかし、エコツーリズムには地球環境全体への影響の考慮や、ツアーからのCO₂排出量が少ないといった定義は含まれていない。また、観光産業が地球環境へ及ぼす影響やパッケージツアーからのCO₂排出などの環境負荷を把握する研究は行われてこなかった。伊藤⁹⁾は、エコツーリズム論では保護地域とその住民の生活向上のみが議論の中心であるが、グローバルでインパクトの大きい部分を重視しなければならないと述べている。また、交通手段に関する議論が欠落しており、本来は観光地のみならず、交通手段も含めてエコツーリズムは検討されるべきとも述べている。

近年では、観光産業から排出されるCO₂量をライフサイクルアセスメント(Life Cycle Assessment: LCA)手法で把握する研究がみられる。Forsyth et al.¹⁰⁾は、2003年～2004年のオーストラリアの観光産業から発生するCO₂排出量



本研究での要素

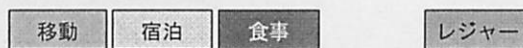


図-1 観光行動および観光消費の分類

を把握している。また、増田ら²⁾はCO₂排出量の計算に用いられる交通手段別のCO₂排出量や宿泊施設別のCO₂排出量を調査し、それを用いて実際のパッケージツアーから排出されるCO₂を算出している。しかし、これらの研究では、観光産業という大きな枠内でのCO₂排出量や現地のデータ提供を受けたCO₂排出量の算出となっているため、他のツアーへの応用が困難であり、方法論としては確立していない。

そこで本研究は、観光パッケージツアーの企画段階でCO₂排出量が推計可能で、様々なツアーにCFPとして付与できる標準的な方法を提案する。また、そのために必要なCO₂原単位の整備を行う。

3. パッケージツアーのCO₂推計の考え方

(1) ツアー構成要素の抽出

パッケージツアーのCO₂排出量推計方法を確立するために、まずツアーの構成要素を分類する。中尾¹¹⁾による観光行動および観光消費の分類を図-1に示す。観光客の観光行動はそれぞれ「移動する」「泊まる」「食べる」「買物する」「学ぶ」「見る」「する・遊ぶ」に大別できる。それらを観光消費と結び付けると「移動する」は「運輸業」、「泊まる」は「宿泊業」、「食べる」は「料理・飲食業」に直接結び付けることができる。しかし、それ以外の要素は多様な観光消費と関わっている。例えば、博物館を訪れる場合、「見る」「学ぶ」「体験する」とともに、そこで土産を「買物する」場合もある。これらを区分して扱うことは困難であるため、要素を一括して「レジャー」と捉える。つまり、本研究では観光の要素を「移動」「宿泊」「食事」「レジャー」に区分して捉える。

(2) 積み上げ法による環境負荷推計方法

LCA手法を用いてCFPを算定する場合、評価範囲を適切に設定し、原料調達から廃棄までのすべての段階のCO₂排出量を推計しなくてはならない。しかし、ツアー実施前段階では詳細なデータが得られないため、それを行うことは困難である。そこで、各要素について標準モデルを設定し、それについてあらかじめLCAを実施し、CO₂排出量原単位として整備しておくことで、簡易的にツアーからのCO₂排出量を算出する積み上げ法を構築する(図-2)。LCAを実施した標準モデル群の中から、旅程に合わせ各要素のパーツを選定し、各距離・量に応じて積算することで、ツアーから排出されるCO₂が把握できる。各要素の標準モデルおよびCO₂排出量推計について以下に述べる。

a) 移動

移動に用いる旅客輸送機関として、パッケージツアーで多く利用される貸切バス、鉄道、航空機、船舶について、CO₂排出量原単位を整備する。各輸送機関の原単位は4章で詳細に述べる。セスナ機やヘリコプターをパッケージツアーで利用する場合もあるが、旅行業者へのヒアリングによるとそのようなツアーの利用者は少ないことから、取り扱わない。

b) 宿泊

宿泊からのCO₂排出量原単位は、玉利ら¹²⁾が構築したホテルに1泊する際の空調・照明等のエネルギー消費やアメニティグッズに起因するライフサイクルCO₂排出量の推計方法を用いる。複数のホテルからヒアリングにより得られたエネルギー消費量(電気・都市ガス)にCO₂排出係数¹³⁾¹⁴⁾を乗じてCO₂排出量が求められている。その値を、宿泊料金を説明変数とする回帰式(1)として表現し、推計に用いる。

$$y_h = 10.0x_h \quad (1)$$

ただし、 y_h : 1泊のCO₂排出量[kg-CO₂]、 x_h : 金額[万円]。アメニティグッズについては、ハブラシ・タオル・リネン類・シャンプー等のライフサイクル評価結果である、1泊あたり合計1.51[kg-CO₂]を用いる。

c) 食事

食事からのCO₂排出量原単位は、風間ら¹⁵⁾が構築したツーリズムで提供される食事の調理時のCO₂排出量推計方法を用いる。これは、式(2)に示すように、調理時に消費するエネルギー量からCO₂排出量を求めるものである。

$$\begin{aligned} \text{CO}_2\text{排出量} &= \text{エネルギー消費量} \times \text{CO}_2\text{排出係数}^{13)14)} \\ &= (\text{エネルギー必要量} / \text{調理機器の熱効率}) \\ &\quad \times \text{CO}_2\text{排出係数} \quad (2) \end{aligned}$$

なお、式(3)に例を示すように、食材の温度上昇に必要な理論的な熱量を求め、調理機器の熱効率(例えば、ガスコンロ中火で加熱する場合の熱効率は36.7%)を考慮

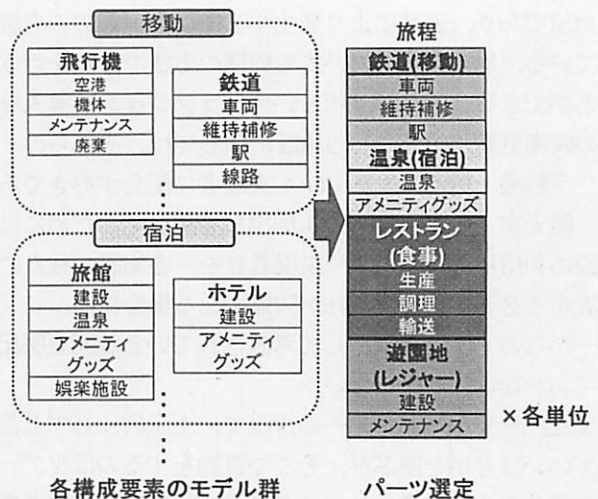


図-2 パッケージツアーの標準化手法の考え方

している。エネルギー必要量については、水(油)の温度上昇、水の蒸発、食材の温度上昇、食材からの水の蒸発量について整理しており、これらの組み合わせによって「茹でる」「蒸す」「揚げる」「炒める」「焼く」の調理によるCO₂排出量を推計する。すなわち、実際に調理せずとも、事前に食材の重量と調理方法が分かれば簡易推計可能な方法である。

水(油)の温度上昇に必要なエネルギー量

$$= \text{水の比熱} \times \text{質量} \times \text{温度差} \quad (3)$$

また、食材のCO₂排出量原単位は、生産段階の環境負荷を内包した値である「味の素グループ版CO₂排出係数データベース」¹⁶⁾を用いる。

d) レジャー

パッケージツアーからのCO₂排出量を把握する際に、観光資源からのCO₂排出量を観光客に配分するべきかどうかは、それぞれの観光資源としての立場と関連する。すなわち、自然資源、および人文資源¹⁷⁾のうち史跡・寺社のような観光客の訪問を目的として存在しているわけではないものについては、配分を行わない。一方で集客目的に造られた施設については、そのCO₂排出量はツアーに配分されるべきである。そこで、各施設のインフラ建設、維持補修、廃棄および運営時に発生するすべてのCO₂を来場者数で除し、1人1来場あたりのCO₂排出量として整備する。

遊園地・テーマパークのエネルギー消費量を対象とし、1人あたりのCO₂排出量を概算した結果、例えば東京ディズニーリゾートについては1人1来場あたり6.84[kg-CO₂/(人・回)]という値が得られる。これは、後述の他の要素のCO₂排出量と比較して、無視できる値ではないと考えられる。なお、これはCSRレポート¹⁸⁾で公開された年間のエネルギー(電気量および都市ガス)にCO₂排出量原単位¹³⁾¹⁴⁾を乗じ、それを年間来場者数で除

した値であり、運営により発生するCO₂の一部のみ考慮している。他の施設においても同様の方法で計算を行うことができる。しかし、新しいアトラクションの導入などの設備更新が頻繁にある施設に関しては、それらのインフラ整備・更新によるCO₂も来場者に配分すべきである。観光客1人あたりへCO₂排出量を配分するためには、施設の利用年数とその間の来場者数を、各施設で独自に調査する必要がある。それが困難である場合には、レジャーからのCO₂排出量として考慮されている範囲を明記しておかなければならない。

また、パッケージツアーの行程で、土産店に必ずと言っていいほど足を運ぶが、そこで買物をするのはツアー参加者の自由であるため、土産からのCO₂排出量は考慮しない。しかし、パッケージツアーの中で手土産をプレゼントする場合は考慮が必要である。

e) その他

ツアー申込前のチラシ広告、申し込み時の電話については、ツアーの参加者以外も問い合わせ等で利用するため、対象外とする。ツアー時に使用される、旅のしおりや旅館・観光地案内の紙、ツアーバッチについて概算を行う。パンフレット類は計6枚で14.7[g-CO₂/冊]となる¹⁹⁾。また、ツアーバッチはバッチの厚紙(コートカード紙4cm×4cm)と安全ピンの部分からなり、1個あたり16.0[g-CO₂/個]と概算される。いずれも省略が可能であると考えられる。

(3) 海外ツアーへの適用の際の留意点

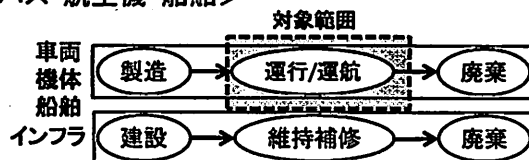
本研究では日本のデータを用いて原単位の整備や推計方法の提案を行っているが、海外パッケージツアーに関しても同様の方法でCFPを算出することが可能である。ただし、CO₂排出量原単位は各国のものをを用いる必要がある。例えば食事に関しては、食材の輸入のための輸送段階も内包していることから、各国でCO₂排出量原単位は異なる。また、すべての要素に共通して、電力・ガス等のエネルギー消費に伴うCO₂排出量原単位は各国のデータを用いる必要がある。

4. 移動に関するCO₂排出量原単位の整備

(1) 評価範囲設定と入手データ

各旅客輸送機関の評価範囲を図-3に示す。日本のCFP算定のルール²⁰⁾では、特に重要な場合を除き資本財を含めないとしていることに準拠し、車両/機体に関しては製造・廃棄分はカットオフし、運行/運航のみを対象とする。なお、旅客輸送機関に関する既往のLCA研究²¹⁾²²⁾においてCO₂排出量の大部分が運行から排出されることが示されている。鉄道に関しては、インフラの供

<バス・航空機・船舶>



<鉄道>

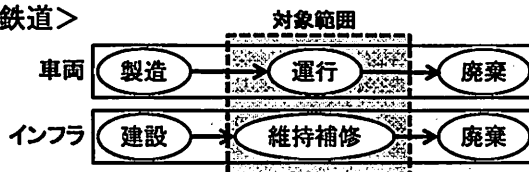


図-3 各旅客輸送機関の評価範囲

表-1 「移動」のCO₂排出量原単位

輸送機関	小分類	原単位	既存データ ³⁾
バス	小型(定員: 29名)	330/参加人数	51
	中型(定員: 49名)	482/参加人数	
	大型(定員: 58-62名)	589/参加人数	
鉄道	都市(電化)	20.1	19
	地下鉄	163	
	地方(電化)	63.1	
	地方(非電化)	91.5	
	新幹線	式(4)による	—
航空機	プロペラ機	式(5)による	109
	小型ジェット機	式(6)による	
	中型ジェット機	式(7)による	
	大型ジェット機	式(8)による	
船舶	フェリー (重量: 約2300トン)	1,029	—
	遊覧船・定期船 (重量: 約70トン)	586	

単位: [g-CO₂/人 km]

用段階の維持補修分も対象とする。他の輸送機関では微小であるため省く。インフラの建設分は既存路線ですでに排出されているため、また廃棄分については微小であることがわかっている²⁰⁾ため省く。

CO₂排出量原単位の整備に使用するデータは基本的には一般に公表されているデータを用いる。これは、原単位利用者が原単位を実際の状況に応じて再検討することを可能にするためである。船舶に関する燃料消費量および旅客輸送量のデータは一般公開されている資料がないため、本研究では事業者から提供を受けた実データを用いる。

(2) 原単位算出方法

既存データと、本研究で整備したCO₂排出量原単位を表-1にまとめる。算出過程を以下に述べる。

a) バス

既往研究等で用いられる原単位は、実際の燃料消費量

から算出したもの、あるいは国土交通省が提示する全国平均値³⁾の旅客輸送機関別原単位(51[g-CO₂/人km]；2009年度)である。国土交通省の原単位は乗合バスの値のため、パッケージツアーで利用される貸切バスとは異なる。そこで、本研究では貸切バスの原単位を推計する。

国土交通省による自動車の燃費性能に関する公表データ²⁾を利用し、乗車定員区分別に車両走行kmあたりのCO₂排出量を求める。得られた値をツアー参加者数で除すことで、人kmあたりの原単位として利用可能である。

b) 鉄道

国土交通省が提示する鉄道の原単位³⁾は 19[g-CO₂/人km](2009 年度)であるが、乗車人数、使用する燃料は路線ごとで異なる。そのため、各路線での人 km あたりの原単位を算出し、それぞれ都市電化鉄道、地下鉄、地方電化鉄道、地方非電化鉄道の 4 分類で集計した値を用いる。各路線の走行 CO₂ 排出量は電気・燃料使用量、人 km のデータを鉄道統計年報²⁹⁾および雑誌「SUBWAY」²⁹⁾から入手し、電気(地域別)・燃料の CO₂ 排出係数¹³⁾¹⁴⁾を乗じて原単位を算出する。

新幹線に関しては、文献³⁰⁾における 700 系新幹線車両の走行シミュレーション結果である 12.25[kg-CO₂/(編成 km)]をもとに、式(4)より算出する。

$$y_s = 12.25 / (s_s \cdot r_s) \quad (4)$$

ここで、 y_s ：CO₂ 排出量[kg-CO₂/人 km]、 s_s ：座席数[座席/編成]、 r_s ：乗車率[%]/100。

座席数・乗車率を得るのが困難な場合は、先述のシミュレーション結果を車両 km あたりに換算し、新幹線各路線の車両走行 km³¹⁾を乗じ、輸送人 km³¹⁾で除することで求めることができる。平成 21 年度における路線ごとの平均値は、東北：18.9[g-CO₂/人 km]、上越：16.6[g-CO₂/人 km]、東海道：16.7[g-CO₂/人 km]、北陸：22.3[g-CO₂/人 km]、山陽：23.9[g-CO₂/人 km]、九州：30.9[g-CO₂/人 km]である。

c) 航空機

航空機は離着陸時の燃料消費が大きいため、飛行距離が大きくなるほど飛行kmあたりCO₂排出量が減減する。そこで、機種、座席利用率とともに飛行距離を考慮できる原単位を整備する。航空輸送統計年報³²⁾およびIPCCのデータ³³⁾を用い、温室効果ガス排出量算定に関する検討結果³⁴⁾の方法を基に、離着陸時と巡航時に分け燃料消費量を算出し、CO₂排出量推計式を求める。CO₂排出量推計式は、機種別に式(5)～(8)となる。

1) プロペラ機

$$y_{a1} = \{225,180 \ln(x_a) / x_a + 13,596\} / (s_{a1} \cdot r_{a1}) \quad (5)$$

2) 小型ジェット機(定員100人程度)

$$y_{a2} = \{520,916 \ln(x_a) / x_a + 12,956\} / (s_{a2} \cdot r_{a2}) \quad (6)$$

3) 中型ジェット機(定員150～200人程度)

$$y_{a3} = \{998,297 \ln(x_a) / x_a + 11,923\} / (s_{a3} \cdot r_{a3}) \quad (7)$$

4) 大型ジェット機(中型ジェット機以上のもの)

$$y_{a4} = \{1,858,270 \ln(x_a) / x_a + 10,062\} / (s_{a4} \cdot r_{a4}) \quad (8)$$

ここで、 y_{ai} ：CO₂排出量[g-CO₂/人km]、 x_a ：飛行距離[km]、 s_{ai} ：座席数[席]、 r_{ai} ：座席利用率[%]/100

座席数は路線や時期・航空会社等によって同じ機種でも大きく異なる場合がある。しかし、CFP算出時に座席数が把握できない場合は、本研究では1)プロペラ機：33[席]、2)小型ジェット機：99[席]、3)中型ジェット機：163[席]、4)大型ジェット機：305[席]を推奨値とする。これは、数字で見る航空³⁵⁾に掲載されている各機種別の機体の座席数の平均値である。また、座席利用率は文献³²⁾等から路線別の平均値を採用するのが望ましいが、同様の理由で設定する本研究の推奨値は国内線66.3[%]³²⁾、国際線72.6[%]³²⁾とする。

d) 船舶

国土交通省が提示する原単位³⁾では旅客輸送のうち船舶という分類は存在せず、貨物輸送における船舶(内航船)原単位(39[g-CO₂/トンkm])がある。本研究では、燃料消費量が船種(総トン数、航海速力)に依存することを考慮し、フェリー等で使用される総トン数約2,300トンと遊覧船・定期船として利用される総トン数約70トンの2種類を整備する。事業者へのヒアリングから得られた船の運航時の燃料消費量を、同じくヒアリングにより得た運航距離・乗客数で除して、原単位とする。想定した船は、乗客および乗客が所有する自動車車両以外の貨物は積載していないため、運航で生じたCO₂はすべて乗客に配分される。しかし、船が貨物輸送としての機能も担っている場合には、乗客だけでなく貨物にもCO₂を重量等を用いて配分するべきであり、別途原単位の算出を行うのが望ましい。

5. パッケージツアーへの適用

(1) ケーススタディ

ケーススタディとして、基本となるツアーを設定した上で、そこから価格・日数・目的地を変化させてCO₂排出量算出を行う。概要を表-2に示す。いずれも仮に設定したものである。

基本ツアーは、東京から沖縄へ行く2泊3日39,800円のツアーとする。羽田空港から那覇空港まで大型ジェット機を利用し、沖縄本島の有名観光地を貸切バスで巡る。

ツアーAでは価格によるCO₂排出量の違いを検討する。目的地・日数は基本ツアーと同様だが、価格が安い。ツアーBではツアー日数によるCO₂排出量の違いを検討する。基本ツアーと同様、東京から沖縄を大型ジェット機で訪れ、沖縄本島の有名観光地を巡るが、日数が1日多い3泊4日であり、食事が5回多い9回提供される。ツ

表-2 ケーススタディの概要

ツアー	行先	日数	価格 [円]	参加 者数	移動手段・距離	宿泊料金 [約・千円]	食事 [回]	主な行程 (AP: 空港)
基本	沖縄	2泊3日	39,800	30	大型ジェット 3,374km 大型バス 224km	1泊目: 21 2泊目: 17	朝: 2 夕: 2	羽田 AP⇄那覇 AP⇄ 本島観光
A	沖縄	2泊3日	29,900	30	大型ジェット 3,374km 大型バス 215km	1泊目: 8 2泊目: 4	朝: 2 夕: 1	羽田 AP⇄那覇 AP⇄ 本島観光
B	沖縄	3泊4日	59,800	25	大型ジェット 3,374km 大型バス 357km	1泊目: 6 2泊目: 13 3泊目: 8.5	朝: 3 昼: 3 夕: 3	羽田 AP⇄那覇 AP⇄ 本島観光
C	北海道	2泊3日	45,800	30	中型ジェット 786km 大型ジェット 894km 大型バス 460km	1泊目: 8.5 2泊目: 9	朝: 2 夕: 1	羽田 AP⇒函館 AP⇒ 函館・札幌・小樽観光 ⇒千歳 AP⇒羽田 AP
D	山陰	2泊3日	39,800	35	新幹線(東海道) 1,465km 都市電化鉄道 32km 地方電化鉄道 16km 大型バス 525km	1泊目: 21 2泊目: 17	朝: 2 夕: 2	東京駅⇒倉敷駅⇒倉 敷・島根・鳥取⇒岡山 駅⇒東京駅
E	東京	日帰り	6,980	35	大型バス 75km	—	天ふ ら膳	新宿⇄都内散策
F	長野	日帰り	6,980	35	大型バス 426km	—	蕎麦 御膳	新宿⇄横谷温泉旅館

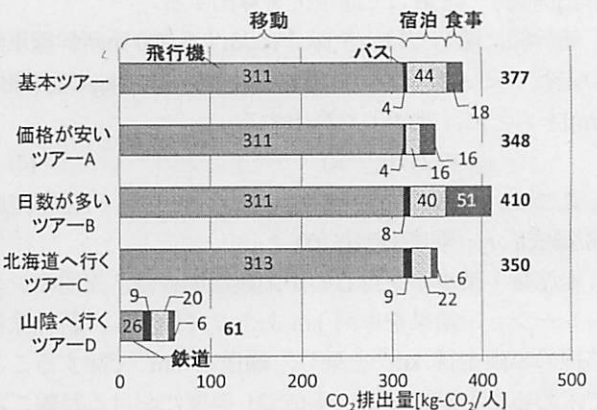
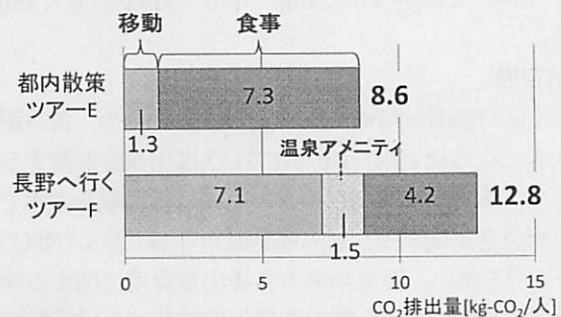
ツアーC、ツアーDは価格に大きな差がなく、日数は同じであるが目的地が異なる。ツアーCは、さっぽろ雪まつり観賞がメインで、中型ジェット機で羽田空港から函館空港へ渡り、函館、札幌、小樽を回り、大型ジェット機で新千歳空港から羽田空港へ帰ってくる。道内での移動はすべてバスである。また、ツアーDは山陰を訪れるもので、東京駅から倉敷駅まで行き、1日目は倉敷美観地区を訪れる。2日目以降の移動はバスが中心であり、足立美術館や出雲大社などを訪れ、山陰のローカル列車に乗車する。

ツアーEおよびツアーFは東京都内発の日帰りバスツアーである。ツアーEは東京都内の桜の名所をめぐり、ツアーFは長野県茅野の温泉へ行く。同じ価格・日数・食事回数であるが移動距離が異なる場合のCO₂排出量の違いを把握する。

参加者数は各ツアーの最少催行人数を用いる。また、利用する航空機の機種によるCO₂排出量を同等にするため、羽田空港－那覇空港の移動は大型ジェット機利用に統一する。食事内容については、パンフレットに記載のあるものに関しては献立から各料理の量を仮定し、計算する。また、記載のないものに関しては現地調査の際に提供された食事メニューで代用している。レジャーに関しては、行程に含まれる施設は自然資源など、観光客の訪問を目的として存在しているわけではないもののみであるため、CO₂排出量は観光客に配分されず、推計の対象としない。

(2) 結果と考察

算出結果を図4、図5に示す。基本ツアーのCO₂排出

図4 各ツアーの1人あたりCO₂排出量の比較図5 近距離ツアーの1人あたりCO₂排出量の比較

量は、移動起源のCO₂排出量が315[kg-CO₂/人]となり、ツアー全体からは377[kg-CO₂/人]のCO₂が排出される。また、構成要素ごとの割合をみると、移動が全体の約82.4%を占め、影響が最も大きいことがわかる。

ツアーAからのCO₂排出量は基本ツアーよりも29.4[kg-

CO₂/人]小さい結果となった。基本ツアーよりも宿泊する部屋の広さ・ホテル全体の広さが小さく、空調や光熱から発生するCO₂が少なくなったためと考えられる。移動起源のCO₂排出量が全体に占める割合が大きく、旅行先、観光先が基本ツアーとほぼ一緒であるためそのCO₂排出量に大きな違いはない。

ツアーBからのCO₂排出量は、基本ツアーよりも32.6[kg-CO₂/人](8.6%)多い結果となった。移動起源のCO₂排出量が全体に占める割合は大きい、最も大きな割合を占める航空機からのCO₂排出量は飛行距離が変わらないため変化はない。移動起源のCO₂排出量の増加は日数が増えた分の観光先増加による。また、食事提供が多くなったため、食事起源のCO₂排出量が増加している。

北海道へ行くツアーCについては、移動起源のCO₂排出量は基本ツアーとほぼ変わらない結果となった。山陰へ行くツアーDからのCO₂排出量については、各要素が全体に占める割合は、移動が57%、宿泊が33%、食事が10%である。山陰へ行くツアーDは航空機を利用せず鉄道・バスのみ利用のため、移動起源の排出が小さく、ツアーC(北海道)と比較しても5倍以上の差がある。

日帰りツアーに関しては、移動距離が長いツアーFはツアーEと比較し、CO₂排出量が1.5倍多い。ツアー全体に占める移動起源のCO₂排出量割合は、ツアーEは15%、ツアーFは55%である。ツアーEの場合、都内散策のため移動距離が少なく、各要素のCO₂排出量がツアー全体に占める割合が他のケースと異なった傾向である。

(3) 移動手段の変更によるCO₂排出量比較

目的地までの移動手段が変更できるツアーについて、検討を行う。

a) 航空機から鉄道(新幹線)への変更

5(2)節で航空機がツアーのCO₂のうち大きな割合を占めることが明らかになったため、移動手段を航空機から鉄道(新幹線)へと変更した場合について検討する。新幹線のCO₂排出量原単位は、東海道線の値を用いる。

ツアー概要は表-3に示すとおり、東京駅に集合し、羽田空港から航空機で福岡空港へ行き、九州を周遊して東京駅に戻る2泊3日のツアーである。算出結果を図-6に示す。このツアーで排出されるCO₂は284[kg-CO₂/人]である。各要素で排出されるCO₂は、「移動」では247[kg-CO₂/人]、「宿泊」では16.2[kg-CO₂/人]、「食事」では19.8[kg-CO₂/人]である。最もCO₂排出量が多い要素は「移動」であり、全体の87%を占める。このツアーを東京駅一博多駅間を鉄道で移動する行程に変更した場合、CO₂排出量は89[kg-CO₂/人]となり、195[kg-CO₂/人](69%)排出削減となる。

ただし、航空機から鉄道に移動手段を変更することで、往復で5時間程度移動時間が長くなる。移動手段の変更

表-3 移動手段変更が可能なツアーの例

価格	30,000円
ツアー行程	1日目：東京駅、羽田空港→福岡空港、湯布院、阿蘇温泉郷など 2日目：阿蘇草千里、高千穂峡、柳川、佐賀城、長崎市内 3日目：長崎市内、展海峰、福岡空港→羽田空港、東京駅
参加者数	35名
移動	都市電化鉄道(走行距離：41.8km) 大型ジェット(飛行距離：2082km) 大型バス(移動距離：729.1km) <移動手段変更(航空機→鉄道)> 新幹線(走行距離：2349.8km) 大型バス(移動距離：732.1km)
宿泊	1泊目 施設：温泉旅館、価格：約9,000円 2泊目 施設：ホテル、価格：6,500円 アメニティ：歯ブラシ、シーツ、タオル、石鹸等
食事	朝食2回、夕食1回：バイキング(現地調査による)

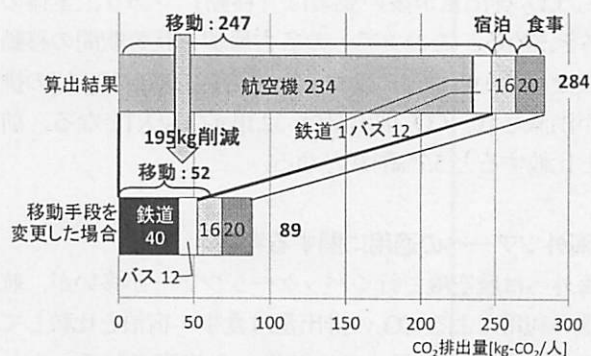


図-6 移動手段変更(航空機から鉄道)に伴う観光ツアーのCO₂排出量変化

表-4 移動手段変更が可能なツアーの例

価格	15,980円
ツアー行程	1日目：名古屋駅、戸隠神社、野尻湖 2日目：白根山、旧軽井沢、小諸ワイナリー
参加者数	29名
移動	大型バス(走行距離：813.3km)
宿泊	施設：温泉旅館 価格：約9,000円 アメニティ：歯ブラシ、シーツ、タオル、石鹸等
食事	朝食：ごはん、味噌汁、焼き魚、卵焼き、野菜サラダ等 夕食：牛肉鍋、揚げだし豆腐、サラダ、サーモン等

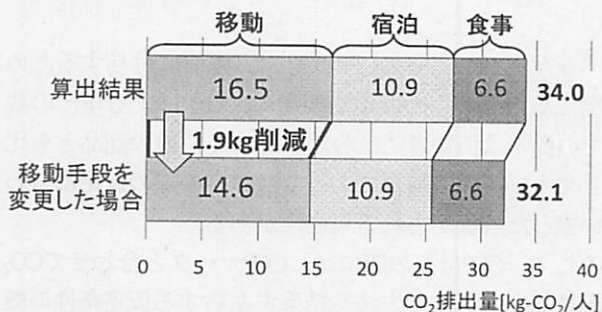


図-7 移動手段変更(バスから鉄道)に伴う観光ツアーのCO₂排出量変化

は、目的地までの所要時間を増加させる場合が多いため、消費者の満足度が下がる恐れがあり、事業者としてはそのような提案が困難である場合がある。

b) バスから鉄道への変更

長距離よりも近距離の方が所要時間の変化は小さいため、移動手段を変更しても行程への影響は小さいと考えられる。そこで、a)よりも近距離のツアーについて、移動手段をバスから鉄道にした場合について検討する。ツアー概要は表4に示すとおり、名古屋駅に集合し、戸隠神社等を参拝し、志賀草津高原ルートを通り軽井沢へ行って名古屋駅に戻る1泊2日のツアーである。算出結果を図7に示す。この軽井沢への1泊2日のツアーで排出されるCO₂は34.0[kg-CO₂/人]である。各要素で排出されるCO₂は、「移動」では16.5[kg-CO₂/人]、「宿泊」では10.9[kg-CO₂/人]、「食事」では6.6[kg-CO₂/人]である。最もCO₂排出量が多い要素は「移動」であり、全体の49%を占める。このツアーの名古屋駅－長野駅間の移動手段をバスから鉄道に変更した場合、1.9[kg-CO₂/人]の排出が削減され、CO₂排出量は32.1[kg-CO₂/人]となる。前者と比較すると5.7%削減となる。

(4) 海外ツアーへの適用に関する考察

海外へは航空機で行くパッケージツアーが多いが、航空機の利用によるCO₂の排出量は食事・宿泊と比較して非常に大きいことが、(2)の結果から推察される。もし航空機のCO₂排出量が占める割合が大部分(例えば95%以上)を占める場合、食事、宿泊といった他の要素からのCO₂排出量をカットオフ可能とみなして無視すればCFP算出は簡単になる。しかし、アジアのような近距離へ行く場合は航空機移動が全体のCO₂排出量に占める割合は大きくないと考えられる。また、ヨーロッパの遠距離へ行く場合でも、滞在日数が多ければ食事、宿泊からのCO₂排出量も増加し無視できない値となる可能性がある。すなわち、安易にカットオフを行い、航空機のみCO₂排出量をCFPとすることは妥当ではない。

6. カーボンフットプリントの表示方法の提案

パッケージツアーのCFPはその実施前に付与するため、算出にあたり多くの仮定を要する。CFPによる単一の数字での提示は消費者には分かりやすく、他の商品とも比較しやすい反面、場合によっては算出の際の仮定に合わない誤った解釈がされる可能性がある。

そこで、CFP付与の際には、CFPマークと合わせてCO₂排出量算出に用いた方法や結果を左右する仮定条件の概略を合わせて記述しておく必要がある。特に、ツアーで提供される食事回数や参加人数、航空機の大きさや経由

地などに留意が必要である。詳しい計算仮定や方法等はホームページ上に記載し、パンフレットのCFPマークの傍らにQRコードを用意して各ツアーにアクセス可能とするなどの表示方法が考えられる。本研究で提示したような各要素からの排出割合を記載したグラフの掲載も考えられる。

また、本研究ではCFP推計方法の提案が主な目的であり、どのようなツアーがCO₂排出量が小さいか、または旅行に行くことは日常生活と比較してCO₂排出量が大いのかといったことを明らかにするものではない。しかし、実際に企業がCFPを付与する場合には、CO₂排出量削減を意識したツアーであれば、従来のツアーからの改善ポイントのアピールにも利用できる。具体的には、1) 移動手段の変更、2) マイカー・レンタカー利用との比較、3) 省エネ等環境への取組に積極的な宿泊施設の選択、4) 地域で生産された食材の利用、などが考えられる。

1)については5(3)節に示した通り、推計が可能である。一方、本研究では、あるツアーの各構成要素について専門ではない観光業者がCFPを算出可能な方法の提案を目的としているため、構成要素の原単位を一般に公開されている情報をもとに整備している。また、パッケージツアーのCFP算出に必要な要素のみを取り上げているため、2)～4)については、本研究で提案した方法に追加で調査が必要となる。2)は、自動車で移動する場合はパッケージツアーよりも行動の自由度が高く、旅行者によって行動が大きく異なる可能性があるため、CFPの推計・付与には適さない。立ち寄る施設をすべてパッケージツアーと同じと仮定し、経路・車種を設定すれば推計は可能であるが、その場合はそれらの設定を明記することが重要である。3)、4)に関しては、選択した宿泊施設・食材に関して独自にCO₂排出量を推計し、本研究が提案する枠組みに組み込めば対応可能である。

7. おわりに

本研究では、パッケージツアーの構成要素を抽出し、それぞれについてCO₂排出量原単位を整備することで、パッケージツアーからのCO₂排出量を簡易に推計することを可能とし、カーボンフットプリントの付与を可能とした。特に、CO₂排出の占める割合の大きい「移動」起源について旅客輸送機関(バス・鉄道・航空機・船舶)別CO₂排出量原単位を、路線特性や乗客数、運行状況なども考慮できるものとして整備した。この原単位を用いてパッケージツアーのCO₂排出量を推計した結果、「移動」起源の排出はツアー全体の約6～8割を占め、特に航空機利用の場合大きくなることが分かった。また、移動手段変更により、パッケージツアーからのCO₂排出量

を大きく削減できる可能性を明らかにした。加えて、カーボンフットプリント表示方法を、消費者に誤った解釈をさせないための留意点とともに提案した。

また、本研究で提案した方法は簡易に CFP を算出することを目的としているため、宿泊・食事に関しては平均的な値を算出する方法となっているが、これらをもとに追加調査を行い、より精度の高い推計とすることで、CO₂ 排出量削減を意識したツアーを設計し、従来のツアーからの改善点を明らかにするためにも利用できることを示した。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金・若手研究 B (23710055) の助成を受けたものである。また、本研究の遂行に当たり、阪急交通社・渡辺崇彦様をはじめ、日本 LCA 学会ニューツーリズム研究会(主査：工学院大学・稲葉敦教授)のメンバーには貴重なご意見・情報をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省観光庁：平成 20 年版観光白書，p6，2008.
- 2) 増田和央，原太智，芽野昭，稲葉敦：エコツーリズムの CO₂ 排出量の計算，日本 LCA 学会・LCA 日本フォーラム 共催第 9 回講演会資料，p48，2009.
- 3) 交通エコロジー・モビリティ財団：運輸・交通と環境 2009 年版，p11，2009.
- 4) 日本旅行業協会：数字が語る旅行業 2010，p74，2010.
- 5) 例えば，環境省自然環境局：エコツーリズム推進マニュアル，<http://www.env.go.jp/nature/ecotourism/manual.html>，2004.
- 6) 敷田麻美，森重昌之：エコシステムマネジメントにおけるエコツーリズムの管理とその役割，野生生物保護，Vol.8，No.2，pp.79-88，2003.
- 7) 都筑良明，國井秀伸，板倉宏文，飯野公央，野津登美子：矢道湖・中海地域におけるエコツーリズムについての現状分析，LAGUNA(汽水域研究)，No.15，pp.33-48，2008.
- 8) 国土交通省観光庁：平成 22 年版観光白書，p29，2010.
- 9) 伊藤太一：エコツーリズムのジレンマ，森林科学，Vol.21，pp.16-22，1997.
- 10) Forsyth P, Hoque S, Dwyer L, Spurr R, Van Ho T, Pambudi D.: The carbon footprint of Australian tourism, *Sustainable Tourism Cooperative Research Centre*, 49p, 2008.
- 11) 中尾清：観光概論講義，摂河泉文庫，p19，2004.
- 12) 玉利有香，森本涼子，稲葉敦：ツーリズムにおける宿泊の CO₂ 排出量推計方法の提案，第 6 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集，pp.36-37，2011.
- 13) 環境省：電気事業者別の CO₂ 排出係数，<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=11956>，2010.
- 14) 環境省：算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧，<http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/materia>，2010.
- 15) 風間理広，森本涼子，稲葉敦：ツーリズムにおける食事の CO₂ 排出量推計方法の提案，第 6 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集，pp.38-39，2011.
- 16) 味の素：味の素グループ版「食品関連材料 CO₂ 排出係数データベース」，<http://www.ajinomoto.co.jp/activity/kankyô/pdf/2010/kcCO2.pdf>，2010.
- 17) 溝尾良隆：観光学全集第 1 巻-観光学の基礎，原書房，pp.47-52，2009.
- 18) 株式会社オリエンタルランド：OLC グループ SCR レポート 2010，p56，<http://www.olc.co.jp/csr/report/>，2010.
- 19) 清水印刷紙工：『印刷サービスのライフサイクルアセスメント』の利活用，<http://www.shzpp.co.jp/features/lca.php>，2010.
- 20) 経済産業省：カーボンフットプリントの算定・表示に関する一般原則，標準仕様書 TSQ 0010，p5，2009.
- 21) 森本涼子，上宮田裕，柴原尚希，加藤博和：LRT 導入に伴う環境負荷変化評価への LCA 適用，第 16 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，No.9-65，pp.385-388，2009.
- 22) 日野自動車：環境活動報告，<http://www.hino-global.com/j/csr/environment/activity/development.html>，2010.
- 23) 相原直樹，辻村太郎：鉄道における標準的インベントリ分析の検討，第 10 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集，pp.263-264，2003.
- 24) 櫻井昭男：船舶の LCA と小型船への適用例，日本機械学会講演論文集，No.64，pp.8-25，2006.
- 25) 平岡克英，亀山道弘，櫻井昭男，成瀬健，福元正明，田内宏明，桐谷伸夫，千田哲也：船舶への LCA の適用研究，海上技術安全研究所報告，Vol.5，No.2，p59，2005.
- 26) 狩野弘治，浅見均，高橋浩一，加藤博和：鉄道整備における LCA の原単位，環境システム研究論文発表会講演集，Vol.32，pp.203-208，2004.
- 27) 国土交通省：自動車の燃費性能に関する公表，<http://www.mlit.go.jp/jidosha/nenpi/nenpikouhyou>，2010.
- 28) 国土交通省鉄道局：平成 19 年度鉄道統計年報，CD-ROM，2007.
- 29) 日本地下鉄協会：SUBWAY 平成 20 年度地下鉄事業計画概要，2008.
- 30) 財団法人鉄道総合技術研究所：鉄道総研報告，2002.
- 31) 国土交通省：鉄道輸送統計調査平成 21 年度分，<http://www.mlit.go.jp/k-toukei/tetsuyu/tetsuyu.html>，2010.
- 32) 国土交通省：航空輸送統計年報平成 21 年分，<http://www.mlit.go.jp/k-toukei/11/annual/11a0pdf.html>，2010.
- 33) IPCC-NGGIP: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas inventories: Reference Manual (Volume 3), INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE: National Greenhouse Gas Inventories Programme, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>，2010.
- 34) 環境省：温室効果ガス排出量算定に関する検討結果，<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/kento/h1808/20transport.pdf>，2010.
- 35) 国土交通省交通局：数字で見る航空 2010，航空振興財団 2010.

(2011.4.11 受付)
(2011.7.7 受理)

A Methodology for Carbon Footprinting of Package Tours

Yuka ITO¹, Ryoko MORIMOTO², Naoki SHIBAHARA² and Hirokazu KATO²

¹Kameyama City Office

²Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

This study aims to develop a method for estimating CO₂ emissions for carbon footprinting of package tours. For the calculation, the components of a package tour are categorized into “journey,” “accommodation,” “meals,” and “leisure.” In particular, this study focuses on the “journey” category and estimates the CO₂ emission factors with the major transport modes employed in package tours: bus, train, air transport, and ship. These factors are calculated on the basis of the number of passengers, vehicle sizes, and difference between urban and rural areas. This approach along with the CO₂ emission factors enable estimating the CO₂ emissions of package tours and analyzing the influence trends of each tour component. In addition, this study also estimates how CO₂ emissions increase or decrease with variations in price, days of itinerary, and destination. It is clarified that among the tour components, CO₂ emissions from “journey” contribute the greatest. Finally, a display method for carbon footprinting of the tours is proposed.

土木学会論文集G(環境), Vol.67, No.5(地球環境研究論文集第19巻)

編集:土木学会地球環境委員会編集小委員会

役職	氏名	勤務先名称
小委員長	太田 幸雄	北海道大学 大学院 工学研究院 環境創生工学部門 教授
幹事長	村尾 直人	北海道大学 大学院 工学研究科 環境フィールド工学専攻 准教授
委員	荒巻 俊也	東洋大学 国際地域学部 国際地域学科 教授
委員	池野 正明	(財)電力中央研究所 環境科学研究所 水域環境領域 上席研究員
委員	市川 陽一	龍谷大学 理工学部 環境ソリューション工学科 教授
委員	倉田 学児	京都大学 大学院 工学研究科 都市環境工学専攻 准教授
委員	鈴木 武	国土交通省 国土技術政策総合研究所 港湾研究部 部長
委員	東海林 孝幸	豊橋技術科学大学 環境・生命工学系 助教
委員	奈良 松範	諏訪東京理科大学 大学院 工学・マネジメント研究科 教授
委員	松村 寛一郎	関西学院大学 総合政策学部 メディア情報学科 准教授
委員	松本 亨	北九州市立大学 国際環境工学部 環境生命工学科 教授
委員	室町 泰徳	東京工業大学 大学院 総合理工学研究科 人間環境システム専攻
委員	山下 隆男	広島大学 大学院 国際協力研究科 開発科学専攻 教授
委員	横木 裕宗	茨城大学 工学部 都市システム工学科 教授
委員	米田 稔	京都大学 大学院 工学研究科 都市環境工学専攻 教授

ご注意 当該出版物の内容を複写したり他の出版物へ転載するような
場合は、必ず土木協会の許可を得てください。

土木学会論文集G(環境) Vol.67, No.5

平成23年9月15日 発行

編集者 〒160-0004 東京都新宿区四谷一丁目(外濠公園内) 土木学会地球環境委員会

委員長 山田 正

発行者 〒160-0004 東京都新宿区四谷一丁目(外濠公園内) 公益社団法人 土木学会

専務理事 大西博文

発行所 公益社団法人 土木学会

〒160-0004 東京都新宿区四谷一丁目(外濠公園内)

電話 03-3355-3441(代表) FAX. 03-5379-0125

©JSCE2011/土木学会論文集G(環境) Vol. 67, No. 5

印刷: (株) 大應