

レンタカー利用を通じたバイオエタノール燃料の普及可能性

誌名	農村研究
ISSN	03888533
著者名	岩本,博幸 間々田,理彦 田中,裕人
発行元	東京農業大学農業経済学会
巻/号	127号
巻号補足	
掲載ページ	p. 18-28
発行年月	2018年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



レンタカー利用を通じたバイオエタノール燃料の普及可能性

岩本博幸*・間々田理彦**・田中裕人*

要約：本稿の課題は、観光客を主な対象としたレンタカー利用を通じてクリーンエネルギーの地産地消の推進の可能性について、バイオエタノール使用車を事例に観光客による評価分析から検討することにある。レンタカーの選択実験を実施し、ランダムパラメータ・ロジットモデルによる観光客評価の定量的な分析を試みた結果、以下の3点が明らかとなった。

第1に、バイオエタノール使用車および比較対象とした電気自動車は、ガソリン車と比べても肯定的に評価されていることが示された。第2に、沖縄県産さとうきびから生産されたバイオエタノール、沖縄県内の風力発電で得られた電力を使用することによって、バイオエタノール使用車および電気自動車の評価はさらに高まることが示された。第3に、特定層に偏らず観光客の広い層で県内産のクリーンエネルギーの「地産地消」について理解が得られる可能性があることが示唆された。

キーワード：選択実験, Choice Modelling, 消費者評価, バイオエタノール

I. はじめに

本稿の課題は、観光客を主な対象としたレンタカー利用を通じてクリーンエネルギーの地産地消の推進の可能性について、バイオエタノール使用車を事例に観光客による評価分析から検討することにある。

地球温暖化対策およびクリーンエネルギーの活用を推進する上で、農林水産業が貢献しうる領域は広い。その中でもとりわけ、カーボンニュートラルの性質を活かし、バイオマスをエネルギー資源として利活用する取り組みは、資源作物系、未利用系、廃棄物系ともに農林水産業に密接にかかわっている。また、バイオマスの賦存の多様性は農林水産業が営まれる農山漁村において豊かであり、バイオマスが地域活性化に結びつく新たな地域資源として着目されている。

一方で、バイオマスの供給源となる農業生産の現場は貿易自由化の波にさらされ、常に海外農産物との価格競争を意識せざるを得ない産品も多

い。また、過疎・高齢化による農山漁村の衰退は、農業生産基盤の維持を困難にするのと同時に、バイオマス供給能力の衰退にもつながることが予想できる。本稿ではそのようなバイオマス利活用が可能な農産物の1つとして沖縄県産さとうきびに注目した。

さとうきびは現在においても既に低価格の輸入砂糖との競争にさらされ、生産者の手取り価格の約7割を政府の甘味資源作物交付金が占めている。また、農業従事者の高齢化が進む中でより収益性の高い作物への転換が難しく、さとうきび生産の衰退が特に離島を中心に地域社会の衰退にもつながりやすい状況にある。

したがって、今後の貿易自由化の潮流だけでなく、健康志向による砂糖消費の減退、人口減少に伴う国内市場の縮小などを考慮すると国内のさとうきび生産を維持していくには、甘味資源としてだけでなく、バイオマス資源としての利活用を念頭においた多用途化を検討することも重要であると考ええる。

しかしながら、沖縄県産さとうきびから生産されたバイオエタノールを利活用する試みは、実証

* 東京農業大学国際食料情報学部

** 愛媛大学農学部

実験が数例行われたのみである。その数少ない実証実験においても、バイオエタノールの生産に関する実証実験に主眼が置かれ、民間部門でのエネルギー利用に関する実証実験は宮古島の事例以外には、ほとんど行われていない現状にある。現実的な課題として、民間部門、とりわけ自家用車でのバイオエタノール利用について実証実験を試みるには、バイオエタノールを提供する施設整備をはじめとするコストが大きくかかることが予想される。そのため、社会実験としてのバイオエタノール利用実証に関する知見の蓄積が進まず、もっぱら生産コスト評価にとどまっている状況にある。

したがって、バイオエタノールを利用したレンタカーに対する需要者の評価を定量的に明らかにすることは、バイオエタノールの利活用を普及させる上で、有用な知見を提供し得ると考える。また、沖縄県における基幹産業となっている観光業において、レンタカーサービスを通じたバイオエタノール利活用に関する観光客の評価を明らかにすることは、クリーンエネルギー、とりわけバイオマスの地産地消を通じた地域振興を検討する際にも重要な知見を提供し得ると考える。

具体的な分析課題は以下の2点に要約される。第1に、沖縄県を訪れた観光客におけるバイオエタノール使用車への評価を貨幣評価額として定量的に求めること。第2に、バイオエタノールおよび風力発電によるクリーンエネルギーが県内で生産された場合、バイオエタノール使用車や電気自動車に対する評価にどのような影響を与えるのかを定量的に求めることである。

Ⅱ. 沖縄県のさとうきび製糖およびバイオエタノール利活用の現状

(1) さとうきび製糖をめぐる状況

さとうきびは、現在においても沖縄県の農業生産における基幹作物である。農林水産省「平成28年生産農業所得統計」によると、2016年のサトウキビ生産額は第1位の肉用牛221億円に次ぐ217億円となっており、沖縄県農業総生産額1,025億円の21.2%を占めている。また、「2015年農業

センサス」によると沖縄県農家戸数の73.3%に相当する14,697戸がさとうきび生産に従事している。

しかし一方で、さとうきび生産者の収入のほとんどは、甘味資源作物交付金等の補助金が支えているといつてよい状況にある。現在、さとうきび農家の手取価格は、独立行政法人農畜産業振興機構を通じて受け取る甘味資源作物交付金と製糖業者から支払われる原料代金によって構成されている。沖縄県農林水産部「平成28年/29年期さとうきび及び甘しゃ糖生産実績」によると、平成28年/29年期における沖縄県の平均農家手取額は23,128円/tであった。甘味資源作物交付金は16,420円/tであることから平均原料代金は6,708円/tとなり、農家手取額の71%が交付金となっている。また、原料代金を支払う製糖業者にも国内産糖交付金が交付されていることから、国内産の砂糖生産全体が補助金によって支えられている状況にある。

甘味資源作物交付金及び国内産糖交付金の原資の多くは、国外からの輸入粗糖及び精製糖に課せられている糖価調整金によって賄われている。糖価調整金の単価は、さとうきび・てんさい生産費及び砂糖製造経費から算定される調整基準価格に調整率を乗じて求められる。したがって、わが国では政府管理のもと輸入粗糖を割高に購入することによって国内の砂糖生産を維持している仕組みとなっている。

他方、沖縄県におけるさとうきび生産は、他の農産物と異なり、食料自給率の維持といった食料安全保障の観点以外、具体的には地域経済の維持を通じた国土保全、海洋安全保障の観点からも、保護が必要だと認識されている。特に海洋安全保障上重要である離島では、分蜜糖を生産する工場を設置するほどの生産規模がなく、また、本島への輸送は劣化による糖度減少が問題となるため、島内で含蜜糖（黒糖）として生産することが一般的となっている。黒糖は、甘味資源作物交付金の対象になっていない。したがって、沖縄県では甘味資源作物交付金に相当する額を「含みつ糖生産

条件不利補正対策事業」等の名目で独自の補助金を設定して生産農家を支援している。

藤本 (2015) は、このような国産糖の保護について国内居住者を対象としたインターネット調査を実施した。「食料安全保障のため」及び「離島地域の人々の暮らしを守るため」という目的における国内産糖保護について、どちらも約8割が「砂糖価格がどんなに高くなっても、保護すべき」あるいは「砂糖価格が著しく高くなるのでなければ、保護してもよい」と保護に肯定的な回答している。しかし、現在においても、すでに粗糖輸入量は減少の兆しがあり、今後の人口減少、健康志向の高まりによる需要縮小を考慮すると、食料安全保障や海洋安全保障の観点のみからではなく、稲作などと同様、多様な利活用を検討することも重要であると考えられる。そこで、本研究では沖縄県産さとうきびのバイオエタノール利活用の可能性に着目した。

(2) 沖縄県におけるバイオエタノール利活用について

さとうきび原料のバイオエタノールは、廃糖蜜 (モラセス) をアルコール発酵させ、低濃度のエタノールを得たのちに、蒸留して生産する方法が一般的である。廃糖蜜とは、さとうきびの搾汁液を遠心分離等によって精製する工程で産出される副産物である。したがって、砂糖生産との競合を避けることができる利点を持っている。沖縄県におけるバイオエタノール生産の実証実験においても、廃糖蜜を利用したバイオエタノールの生産が試みられていた。

バイオエタノールを燃料として利活用する方法は、直接混合方式と ETBE 方式の2種類に大別される。直接混合方式とは、既存のガソリンにバイオエタノールを混合させて利用する方法であり、その混合比率で E3 (3%) などと表記することが一般的である。直接混合方式は、低濃度であればガソリン自動車の内燃機関でそのまま利用することができ、調製も簡便であるといったメリットがある。その反面、高濃度となるほど、エタノールは水と親和性が高いことから内燃機関の腐食や

光化学オキシダントの原因になるといったリスクがある。

ETBE 方式は、バイオエタノールとイソブテンとの合成によって生産される ETBE をガソリンに混合して利用する方法である。ETBE は、ガソリンに混合させることで、金属腐食や光化学オキシダントの発生を抑制させる利点を持つ。しかし、化学物質として難解性であることから長期の人体に対する影響が懸念されている。

沖縄県では主にバイオエタノール (E3) の生産・利用に関する実証実験が行われてきた¹⁾。その中でも代表的なバイオエタノール燃料の生産に関する実証実験として、沖縄県伊江村で行われた取り組みがある。伊江村では、アサヒビール株式会社との連携によって、高バイオマス量が見込めるさとうきび新品種を栽培、廃糖蜜からバイオエタノール (E3) を製造し、村の公用車に利用するプロジェクトを実施した。また、沖縄県内で生産したバイオエタノール燃料を実社会に供給する実証実験としては、宮古島市が宮古島島内に E3 を供給するガソリンスタンドを設置し、市民に供給する実験を行っている。しかし、これらの実証実験の主眼は円滑な E3 供給を実現するための技術的課題の解決であり、バイオエタノール燃料の市場構築可能性の検討など、需要者側からの実証実験がほとんどなされていない状況にある。したがって、沖縄県を訪問する観光客が、バイオエタノールの自動車燃料としての利活用に対して、どの程度の支払意志額を示し得るのかを定量的に示すことは、バイオエタノール燃料市場を構築し、クリーンエネルギーの地産地消の推進の可能性を検討する上で、重要な知見を提供し得ると考える。

Ⅲ. 分析方法およびデータ

(1) 分析方法

さとうきび由来のバイオエタノール燃料の製造・輸送・供給システムといった技術的な課題に取り組んだ研究事例は多数存在するものの、社会的な受容可能性を検討した論文はほとんどない状況にある²⁾。

北田ほか（2010）は、宮古島市で行われたガソリンスタンドでのE3供給実証実験を対象に主な利用者となった市民及びさとうきび生産者に対する意識調査を実施した。市民の多くが、地場産業化や代替エネルギーの確保といった理由からE3供給実証実験を肯定的に捉えているものの、利用条件については、約75%の市民がガソリン価格と同等かそれ以下であることを求めていることが示された。また、角崎・矢部（2007）においても、福岡県民を対象としたCVMの結果、E3に対して「ガソリンと同額なら給油してよい」と約半数の回答者が答えており、平均WTPは1ℓ当たり約3円となった。また、地球温暖化問題の軽減に役立つ取り組みを行っている回答者、農業が持つ多面的機能を維持したいと考える回答者ほどWTPが高くなる傾向があることが示されている。

このように、地域住民を対象としたバイオエタノール燃料の普及には、単なるガソリンの代替燃料という認識を超えた「自然環境保全への貢献」などの価値が広く認知される必要があるという高いハードルが存在していることが、これらの既存研究により明らかになっている。しかし、バイオエタノール燃料普及の担い手を地域住民に限定する必要はないと考える。特に観光業が基幹産業の1つであり、また、交通手段が限られる沖縄本島では、観光客の多くにレンタカー利用の可能性があり、また、沖縄の独自の文化と気候・風土を求めて訪れる観光客の中には、バイオエタノール燃料の「自然環境保全への貢献」といった価値に共感する観光客が存在し得ると期待できる。そこで、本稿ではバイオエタノール燃料の地産地消の可能性を定量的な評価から検討するために、観光客を対象としたE3使用レンタカーに着目した。

しかし、E3使用レンタカーは仮想的なサービスであることから、現実の利用データは存在しない。したがって、本稿では、レンタカーの主たる利用者である観光客から表明選好法による選好データを収集して分析することとした。また、本稿ではバイオエタノール燃料に対する評価を他の

クリーンエネルギーと相対的に検討することも分析課題としている。そこで、本稿では、仮想的な複数の商品属性の消費者評価や仮想的な購買状況の設定が可能な選択実験（Choice Experiment）を分析方法として採用した。

バイオエタノール燃料の消費者評価分析に表明選好法を適用した事例は、前述の角崎・矢部（2007）によるCVM適用研究がある程度であり、選択実験を適用した研究は試みられていない状況にある。本稿では、選択実験を適用することによって、既存のガソリン車、他のクリーンエネルギー利用車としての電気自動車との相対的な評価を行う点に特徴がある。また、既存のオプションサービスとして「乗り捨てサービス」を評価属性の1つに取り上げることによって、E3の使用に対する評価を既存サービスとの比較からも相対的に捉えることができる点に特徴がある。

（2）評価対象属性の設定

本稿では、評価対象財をレンタカーサービスとした。自家用車を対象とした場合、質問紙による調査では、自動車メーカーや細分化された車種、ブランドなど調査回答者が想定する自動車が多岐にわたることで評価結果がばらついてしまう問題がある。一方、レンタカーサービスは、会社ごとに取り扱うメーカーなどは異なるものの、車種をクラスとして類別している。そのため、質問紙調査においても、ある程度、回答者のイメージのばらつきを抑えることが期待できる。

沖縄県におけるレンタカー会社での実態調査から得られた知見をもとに評価対象財を構成する属性として以下の4点を設定した。属性と水準についてまとめたものを表1に示す。

第1に、レンタカーのエネルギーを属性として設定した。回答者にエネルギープランとして提示したエネルギー属性は「ガソリン車プラン」「E3プラン」「電気自動車プラン」の3水準である。バイオエタノール使用車については、バイオエタノールを3%混和させたE3を使用するレンタカーとした。電気自動車はバイオエタノール使用車と同様に環境配慮型のレンタカーとして取り上

表 1 評価対象属性一覧

属性	水準
エネルギープラン	① ガソリン車プラン ② E3 プラン ③ 電気自動車プラン
エネルギー生産地 (E3 プランの場合)	① 沖縄県産さとうきび ② (表示なし)
エネルギー生産地 (電気自動車プランの場合)	① 沖縄県の風力発電 ② (表示なし)
乗り捨てオプション	① 乗り捨て無料 ② (表示なし)
利用料金 (1 日当たり)	① 6,480 円 ② 7,480 円 ③ 8,480 円

注) 料金プランはコンパクトカー料金のみを示す。

げた。バイオエタノール使用車と電気自動車を等置することによって、相対的に評価することが可能となる。これら 3 水準は選択肢固有定数項 (ASC: Alternative Specific Constant) とした³⁾。

第 2 に、エネルギーの生産地を属性として設定した。バイオエタノール燃料そのものに対する評価と、バイオマスの利活用に関する議論でしばしば言及されるエネルギーの「地産地消」に対する評価を分けて検討することを目的としている。特にエネルギーを沖縄県内から調達することに注目し、バイオエタノール使用車については「沖縄県産さとうきび」から生産されたバイオエタノール、電気自動車については「沖縄県の風力発電」による電力を属性として設定した。回答者への提示は、それぞれ「県内産」「(表示なし)」の 2 水準である。ガソリン車については、ガソリンの調達に沖縄県の独自性は関係しないことから本属性は設定していない。

第 3 に、乗り捨てオプションを属性として設定した。回答者に提示したオプションは、「乗り捨て無料」「表示なし」の 2 水準である。乗り捨てオプションはレンタカーの貸し出し地点と返却地点を別にすることで旅行の利便性を高めることができるサービスである。多くのレンタカー会社設定されているサービスではあるものの、有料で提供されることが多い。そのため、多くのレンタカー会社では販促等のキャンペーンの一環として乗り捨てオプションを無料にしている。本稿では

観光客がレンタカーの選択を行う際に考慮する一般的な属性として乗り捨てオプションを取り上げるとともに、仮想的な属性であるエネルギー調達方法の評価を相対的に検討するための一般的なサービスの属性として設定した。

第 4 に、1 日当たりのレンタカー利用料金属性を利用料金として設定した。調査票には 5 種類の車種に対応できるよう、それぞれの車種における現実のレンタカー利用料金を参考に、3 水準とした。「軽自動車」は 5,980 円から 7,980 円、「コンパクトカー」は、6,480 円から 8,480 円、「セダン」が 8,980 円から 10,980 円、「ワンボックスカー」が 17,980 円から 19,980 円、「ラグジュアリーセダン」が 24,980 円から 26,980 円である。

評価対象属性を組み合わせた 3 パターンのレンタカーのプロファイルに「どれも利用しない」を加えた 4 つの選択肢を図 1 に示すような 1 つのチョイスセットとした。エネルギープラン属性を除く 3 属性の水準内容が異なる 16 のチョイスセットを直交計画にしたがって作成し、2 群に分割した回答者に 8 回の繰り返し質問として提示した⁴⁾。チョイスセットの作成結果を表 2 に示す。

(3) 分析モデル

本稿では、分析モデルにランダムパラメータ・ロジットモデル (RPL: Random Parameters Logit Model) を用いる。RPL は、Conditional Logit と比較して、回答者間や選択場面でのパラメータ変動を許容する特長を持つ。そのため、平均値として求められるパラメータの他に、個人ごとのパラメータを推定できる。また、推定上の利点として、誤差項の分布が独立で同一であるという IID 仮定から課せられる無関係な選択肢からの独立性 (IIA) の制約を緩和できるといった特長がある。

通常のロジットモデルでは、効用関数の確定効用を規定する各説明変数のパラメータは一定としている。RPL では、回答者により確定効用が異なることを許容する。したがって、回答者 i が選択肢 j を選んだときの確定効用 V_{ji} は、(1) 式のようにあらわすことができる。

$$V_{ji} = (\beta_j + \sigma_j w_{ji}) X_j \quad (1)$$

Q 以下のレンタカーのうち、沖縄観光で利用してみたいと思えるレンタカーを1つ選んで○をつけてください。

	()	()	()
	ガソリン車プラン	E3プラン	電気自動車プラン
エネルギーの生産方法	—	沖縄県産さとうきび	—
乗り捨てオプション	乗り捨て無料	—	乗り捨て無料
料金プラン			
軽自動車	7,980円/日	6,980円/日	7,980円/日
コンパクトカー	8,480円/日	7,480円/日	8,480円/日
セダン	10,980円/日	9,980円/日	10,980円/日
ワンボックスカー	19,980円/日	18,980円/日	19,980円/日
ラグジュアリーセダン	26,980円/日	25,980円/日	26,980円/日

⇒ () どれも利用しない

図 1 チョイスセット例

出所：アンケート調査票。

表 2 全選択肢集合

Group	No.	ガソリン車プラン			E3 プラン			電気自動車プラン		
		エネルギー生産地	乗り捨て	利用料金	エネルギー生産地	乗り捨て	利用料金	エネルギー生産地	乗り捨て	利用料金
A	1	—	—	6,480 円	—	無料	6,480 円	—	無料	8,480 円
	2	—	無料	6,480 円	—	—	8,480 円	—	無料	7,480 円
	3	—	—	7,480 円	県産さとうきび	無料	6,480 円	—	無料	7,480 円
	4	—	無料	8,480 円	県産さとうきび	—	7,480 円	—	無料	8,480 円
	5	—	—	6,480 円	県産さとうきび	—	8,480 円	県内風力発電	無料	6,480 円
	6	—	無料	6,480 円	—	無料	7,480 円	県内風力発電	—	7,480 円
	7	—	無料	7,480 円	県産さとうきび	無料	8,480 円	県内風力発電	—	8,480 円
	8	—	—	8,480 円	—	無料	8,480 円	—	—	6,480 円
B	9	—	無料	7,480 円	—	—	6,480 円	—	—	6,480 円
	10	—	—	8,480 円	県産さとうきび	—	6,480 円	県内風力発電	—	7,480 円
	11	—	無料	6,480 円	県産さとうきび	—	6,480 円	—	—	6,480 円
	12	—	無料	6,480 円	県産さとうきび	無料	6,480 円	県内風力発電	無料	6,480 円
	13	—	—	6,480 円	県産さとうきび	無料	7,480 円	—	—	6,480 円
	14	—	—	7,480 円	—	—	7,480 円	県内風力発電	無料	6,480 円
	15	—	—	6,480 円	—	—	6,480 円	県内風力発電	—	8,480 円
	16	—	無料	8,480 円	—	無料	6,480 円	県内風力発電	無料	6,480 円

注：1) 直交計画で作成した 16 のチョイスセットを 8 セットづつに分割し、2 グループの回答者に 8 回の質問を提示した。 2) 実際の調査票では、「どれも利用しない」を加えた 4 種の選択肢を提示した。 3) 利用料金は 1 日当たりの利用料金とした。 4) 車種はコンパクトカーとして示す。

このとき、 β_j は j 番目の選択肢における各属性の平均パラメータを意味する。回答者間の V_{ji} の違いは特定の分布にしたがう確率項 w_{ji} とその標準偏差パラメータ σ_j 、各属性ベクトル X_j であらわされる。本稿では V_{ji} の形状を最も一般的な線形とし、エネルギープラン、エネルギーの生産地、乗り捨て無料オプション、利用料金の各属性の平均パラメータと標準偏差パラメータを計測した⁵⁾。パラメータの推定は Econometric Software 社の NLOGIT ver.5 を用いた⁶⁾。

具体的な各選択肢における V_j は以下のように表わされる。このとき、添え字の *gas* はガソリン車、*bio* はバイオエタノール使用車、*elc* は電気自動車、*op* は乗り捨てオプション、*lb* は沖縄県産さとうきび、*le* は沖縄県の風力発電、*price* は価格を表わす。

$$V_{gas} = ASC_{gas} + \beta_{op} X_{op} + \beta_{price} X_{price}$$

$$V_{bio} = ASC_{bio} + \beta_{op} X_{op} + \beta_{lb} X_{lb} + \beta_{price} X_{price}$$

$$V_{ele} = ASC_{elc} + \beta_{op} X_{op} + \beta_{le} X_{le} + \beta_{price} X_{price}$$

(2)

表3 回答者が観光利用を想定する車種

軽自動車	21	13.8%
コンパクトカー	109	71.7%
セダン	7	4.6%
ワンボックス	13	8.6%
ラグジュアリーセダン	2	1.3%
	152	100.0%

出所：アンケート調査結果。

注：単位は人。

また、計測結果より平均値としての評価額は、(3)式から求められる。

$$CS = -1/\beta_{price}(VC - VN) \quad (3)$$

このとき、 VC は基準となる現状での効用、 VN は基準から変化後の効用を表わす。

(4) データ

選択実験データは株式会社沖縄県物産公社が経営する「わたしたショップ国際通り店」の協力のもと、店内での質問紙調査を実施して収集した。調査実施期間は2012年9月8日、9日の2日間である。調査対象者は18歳以上の沖縄県旅行客の男女とし、調査実施期間中に200人の回答を得た。なお、グループでの旅行者の場合はその代表者を回答者とした⁷⁾。

選択実験では、回答者が想定している車種を把握するための質問を設定した。回答不備を除いた152人の集計結果を表3に示す。71.7% (109人)の回答者がコンパクトカーを選択し、次いで13.8% (21人)の回答者が軽自動車を選択した。本稿では回答者が想定する車種による回答のばらつきを抑えるため、最も回答者が集中しているコンパクトカーの回答者に限定して分析を試みた。分析に用いたデータの回答者属性は、男性割合が52.3%、最も多い年齢のカテゴリーは20代で42.2%、次いで30代が33.0%、平均滞在日数5.2日(中央値4日)、平均同行者数5.1人(中央値3人)であった。

IV. 分析結果

(1) RPLモデル推定結果

RPLモデルによる推定結果を表4に示す。モデルの当てはまりを示す自由度修正済みの ρ^2 は

0.468となり、この種のモデルでは満足すべき水準となった⁸⁾。

利用料金属性の平均パラメータについては、有意水準1%で有意であり、符号は負であった。利用料金の上昇に伴って、選択確率が低下することを意味している。

エネルギープラン属性については、ガソリン車、バイオエタノール使用車、電気自動車に関するASCのパラメータが、すべて有意水準1%で有意であり、符号は正であった。パラメータの大小関係は小さいものの、回答者のエネルギー属性に対する選好順序は、バイオエタノール使用車、電気自動車、ガソリン車の順となった。環境配慮型のエネルギーを使用する自動車に対して高い評価が与えられる結果が得られた。また、変動係数に着目すると、バイオエタノール使用車は電気自動車、ガソリン車よりも小さいことから、バイオエタノール使用車の評価は、他のエネルギー属性の自動車よりも評価にばらつきが小さいことが示唆される。

エネルギーの生産地に関する属性については、沖縄県産さとうきびが有意水準1%で有意、沖縄県の風力発電が有意水準5%で有意であり、両者とも符号は正となった。沖縄県産さとうきびから生産されたバイオエタノールを使用した自動車、沖縄県内の風力発電から電力供給を受ける電気自動車の選択確率は高まり、両表示は回答者に肯定的に評価されていることを意味している。パラメータの大小関係に着目すると、回答者は沖縄県の風力発電に比べて沖縄県産さとうきびを高く評価していることが示された。また、変動係数については、両者ともにエネルギープラン属性よりもばらつきが大きく、また、沖縄県産さとうきびに比べて沖縄県の風力発電の変動係数の値が大きい。したがって、バイオエタノール使用車および電気自動車といった環境配慮型のエネルギーを利用した自動車に対する評価には大きな差はないものの、そのエネルギーをどこから調達するのかという点については、その評価に差があり、また、回答者内でもこれらの評価にばらつきが大きいこ

表 4 計測結果

(A) 平均パラメータ	係数	標準誤差	95%信頼区間		変動係数
ガソリン車プラン	28.7942 ***	2.4417	24.0086	33.5797	0.1146
E3 プラン	29.0593 ***	2.4451	24.2671	33.8515	0.1057
電気自動車プラン	28.9972 ***	2.4314	24.2317	33.7626	0.1281
乗り捨てオプション	1.5304 ***	0.1955	1.1473	1.9135	1.2347
沖縄県産さとうきび	1.3485 ***	0.2624	0.8341	1.8628	1.1002
沖縄県風力発電	0.6138 **	0.2738	0.0771	1.1505	2.1608
利用料金	-0.0025 ***	0.0002	-0.0029	-0.0021	-1.4582
(B) 標準偏差パラメータ					
ガソリン車プラン	3.2988 ***	0.5808	2.1605	4.4372	
E3 プラン	3.0709 ***	0.5303	2.0316	4.1103	
電気自動車プラン	3.7158 ***	0.6044	2.5313	4.9003	
乗り捨てオプション	1.8896 ***	0.3607	1.1825	2.5966	
沖縄県産さとうきび	1.4836 **	0.7417	0.0300	2.9372	
沖縄県風力発電	1.3263 **	0.5847	0.1804	2.4722	
利用料金	0.0037 ***	0.0004	0.0030	0.0044	
観測値数	872				
Maximum Log Likelihood	-641.37				
Adjusted ρ^2	0.468				

注) ***, ** はそれぞれ 1%, 5% 水準で有意であることを示す。

とが示唆された。

乗り捨てオプションに関する属性については、有意水準 1% で有意であり、符号は正となった。乗り捨て無料のオプションが付与されることによって、その自動車の選択確率は高まることを意味している。エネルギーの調達方法に関する属性との大小関係に着目すると、沖縄県産さとうきび、沖縄県の風力発電のどちらも利便性を高めるサービスである乗り捨て無料オプションほどの評価を得るには至らないことが示唆された。

(2) 消費者評価額の推計

RPL モデルの推定結果をもとに、各属性の評価額を推計した結果が表 5 である。ガソリン車のコンパクトカーの 1 日レンタル利用料金を 6,480 円と仮定して、各属性を付与したときの自動車が同じ選択確率になるよう、利用料金を変化させて求めた。バイオエタノール使用車は 6,586 円、電気自動車は 6,561 円となった。エネルギーの違いは、評価額においても、大きな違いとしては表れていないものの、既存のガソリン車と比べても肯定的な評価を得ていることが示唆された。

沖縄県産さとうきびの評価額は 537 円、沖縄県の風力発電は 245 円となった。このことは、各属性が付加されることにより、バイオエタノール使用車、電気自動車の評価が高まることを意味して

表 5 評価額推計結果

ガソリン車プラン利用料金 (基準)	6,480 円/日
E3 プラン	6,586 円/日
電気自動車プラン	6,561 円/日
乗り捨てオプション	610 円
沖縄県産さとうきび	537 円
沖縄県風力発電	245 円

注) ガソリン車 6,480 円/日を基準としたときに選択確率が等しくなる金額として評価額を推計。

いる。一方で、同じ環境配慮型のエネルギー利用でも、県内の風力発電によるクリーンエネルギーよりも、県内産さとうきびから生産されたバイオエタノールへの関心の方が相対的に高く、支払意志に結びついていることが示された。

乗り捨てオプションの評価額は 610 円となった。乗り捨てオプションの利用料金は地域や季節によるものの、現実には評価額の数倍になることが一般的であることを考慮すると、乗り捨てオプションの評価額は極めて低評価にとどまっていると考えることができる。沖縄県は県外からのアクセスが空港に集中し、かつ、県内移動の手段が限られていることから乗り捨てオプションは低評価にとどまったと推察される。

RPL モデルでは回答者ごとのパラメータの推定が可能である。沖縄県産さとうきび属性と沖縄県の風力発電属性に対する回答者ごとの評価額を

表 6 評価額の回答者分布

	沖縄県産さとうきび バイオエタノール	沖縄県の風力発電 電力
最小値	-5,621	-2,783
1%	-5,621	-2,783
5%	-4	-89
10%	169	-20
30%	386	123
50%	537	181
70%	636	320
90%	1,288	744
95%	1,770	1,298
99%	3,175	2,991
最大値	15,151	26,404

注) 単位は円。回答者の個人別係数から推計した評価額を昇順に並べ替えたときの各点に対応する評価額である。

昇順に整理した結果を表6に示す。両表示とも、支払意志額が負である否定的な評価をした回答者もいることが示されているものの、9割程度の回答者は両属性に対して肯定的な評価を与えていることが示された。したがって、地産地消的に調達されたクリーンエネルギーを使用するレンタカーは、特定の層によらず、観光客の多くから理解を得られる可能性があることが示唆された。

V. おわりに

本稿の課題は、観光客を主な対象としたレンタカー利用を通じてクリーンエネルギーの地産地消の推進の可能性について、バイオエタノール使用車を事例に観光客による評価分析から検討することにあった。利用エネルギー、エネルギー生産方法などからなるレンタカーの選択実験を実施し、ランダムパラメータ・ロジットモデルによる消費者評価の定量的な分析を試みた結果、以下の3点が明らかとなった。

第1に、バイオエタノール使用車および電気自動車は、既存のガソリン車と比べても肯定的に評価されていることが示された。貨幣評価額としては、ガソリン車のレンタル料金が1日当たり6,480円の場合に、バイオエタノール使用車は6,586円(プラス106円)、電気自動車は6,561円(プラス81円)となった。

第2に、沖縄県産さとうきびから生産されたバイオエタノール、沖縄県内の風力発電で得られた

電力を使用することによって、バイオエタノール使用車および電気自動車の評価はさらに高まることが示された。具体的には、沖縄県産さとうきびから生産されたバイオエタノールを使用することでプラス537円、沖縄県内の風力発電で得られた電力を使用することでプラス245円となった。

第3に、沖縄県産さとうきびから生産されたバイオエタノールの使用および沖縄県内の風力発電で得られた電気の使用について回答者ごとの評価額を推計した結果、およそ9割の回答者が肯定的に評価しており、特定層に偏らず観光客の広い層で理解を得る可能性があることが示唆された。

以上の分析結果から、沖縄県の観光客はバイオエタノール使用車および電気自動車といった環境配慮型車両のレンタカーに対して肯定的に評価し、ガソリン車と遜色ない選択肢の一つとしてとらえていることが示された。また、沖縄県産さとうきびからのバイオエタノール、沖縄県内の風力発電からの電力といった沖縄県内産のクリーンエネルギーを利用することによって観光客の評価はさらに高まることが示された。特に沖縄県産バイオエタノールは県内での風力発電よりも高い評価を得ている。このことは、レンタカー市場を通じてクリーンエネルギーの「地産地消」を展開する可能性を示唆していると考ええる。

一方で、沖縄県内でクリーンエネルギーを生産し、持続的な供給を可能とするために必要とされるコストを賄いうる水準に今回の評価額が達しているか否かについては、費用面からの分析が不可欠である。具体的には、本稿の調査で完備されていると仮定しているE3が購入可能なガソリンスタンド、電気自動車の充電スタンドの整備をはじめ、クリーンエネルギーの生産コストなどが考えられる。これらの解明については、今後の課題としたい。また、どのような観光客が積極的にクリーンエネルギーを活用したレンタカーの利用を求めているのかといった消費者像を明らかにすることも重要と考える。この点も今後の課題としたい。しかしながら、クリーンエネルギーの地産地消による普及の便益は地域経済だけでなく、環境便益

としても広く裨益される。その上で、観光客が概ねクリーンエネルギーの地産地消に肯定的で支払

意志を持つという本稿の知見は、費用負担問題を考える場合に有用であると考えられる。

注

- 1) 沖縄県におけるバイオエタノールの生産・利用に関する実証実験については、沖縄バイオ燃料事業成果等評価委員会（2017）や概要を整理した資料として経済産業省資源エネルギー庁（2006）などがある。
- 2) システムダイナミクスを適用したエネルギーフローモデルを構築し、地域内でのバイオマスエネルギーの生産と消費についてシミュレーションした野口・小山（2009）やエネルギー収支に加えてエネルギー便益と充足度を考慮した評価を試みた野口・小山（2010）、数理計画法を適用してバイオエタノールのサプライチェーン構築に関するシミュレーション分析を試みた依田ほか（2013）、宮古島のバイオエタノール事業を事例に環境影響と地域雇用への影響分析を試みた菊地・本藤（2011）などがある。
- 3) Choice Modelingで実施する選択実験のチョイスセットの設計では、すべての属性水準の組み合わせが変化するUnlabeledタイプと選択肢に固有の意味づけがなされるLabeledタイプがある（Hensher et al. (2005)）。本稿では、選択肢ごとに利用エネルギーが異なるLabeledタイプとして設計している。
- 4) 直交計画によるチョイスセットのプロファイルは、IBM社SPSS Conjointで設計した。
- 5) w_{ij} の確率分布は任意に定めることができる。エネルギープランとエネルギー生産方法、乗り捨てオプションについては、(0, 1)のダミー変数であることから一様分布を、利用料金属性については、分布の裾が長くなることによりパラメータの符号の逆転が生じるのを避けるために三角分布を仮定した（Hensher et al. (2005)）。
- 6) RPLでは、個人の選択確率を代数的に導くことが難しいため、シミュレーションで近似している。本稿の推定ではハルトン・ドローによるシミュレーション結果を用いてシミュレーション対数尤度関数を最大化している。本稿の推定の手順はHensher et al. (2005)、斎藤ほか（2009）、佐藤・岩本（2008）に従った。
- 7) 調査データについて、回答者属性質問は設定しているものの、グループの観光客では代表者から回答を得ていることから、既存の観光客に関する統計と直接比較することは難しい。また、回答者属性質問に一部欠損値があるデータもあったことから、集計値が計算できなかった。したがって、本稿の分析結果の解釈においては、限られた調査対象から得られた結果であることに留意する必要がある。
- 8) Hensher and Johnson (1981)では、Discrete modelの場合、修正 ρ^2 が0.3程度あれば適当なモデルのフィットであるとしている。

引用・参考文献

- 藤本高志（2015）「離島における甘しゅ糖生産の地域内所得形成効果—地域産業連関表の推計と適用—」『大阪経大論集』、第66巻、第4号、359-368。
- 角崎俊一郎・矢部光保（2007）「自動車用国産バイオエタノール燃料の導入に対する支払意思額に関する研究」『農村計画学会誌』農村計画学会、第26巻論文特集号、347-352。
- 経済産業省資源エネルギー庁（2006）「バイオエタノール燃料実証事業について」経済産業省。
- 菊地克行・本藤祐樹（2011）「地域におけるバイオマス資源の利活用に伴う環境影響と雇用効果—宮古島のバイオエタノール事業を事例に—」『日本エネルギー学会誌』日本エネルギー学会、第90巻、第7号、643-653。
- 北田紀久雄・五十嵐春子・中西康博（2010）「さとうきびによるバイオエタノール燃料の普及可能性—沖縄県宮古島市における意識調査から—」『農村研究』東京農業大学農業経済学会、第111号、34-44。
- 野口良造・小山瑞樹（2009）「地域循環型バイオマスエネルギーによる自動車用エネルギー代替の可能性」『農業情報学会』農業情報学会、第18巻、第3号、142-151。
- 野口良造・小山瑞樹（2010）「エネルギー便益の統合化によるバイオ燃料生産の評価法の提案—宇都宮市の自動車走行距離と暖房熱量を対象とした試算結果—」『農業情報学会』農業情報学会、第19巻、第4号、95-105。
- 沖縄バイオ燃料事業成果等評価委員会（2017）「環境省委託 バイオ燃料利用体制確立促進事業沖縄バイオ燃料事業成果・課題等報告書」環境省。
- 斎藤陽子・斎藤久光・仙北谷康（2009）「豚肉のエコフィード認証に対する消費者評価」『農業情報研究』農業情報学会、第18巻、第3号、152-161。

- 佐藤和夫・岩本博幸 (2008) 「選択実験型コンジョイント分析による北海道酪農の多面的機能評価」 出村克彦・山本康貴・吉田謙太郎編著『農業環境の経済評価—多面的機能・環境勘定・エコロジー—』第4章, 北海道大学出版会, 92-107。
- 依田和大・古林敬顕・中田俊彦 (2013) 「混合整数計画法を用いた自動車用バイオエタノールのサプライチェーンの設計」『日本エネルギー学会誌』日本エネルギー学会, 第92巻, 第11号, 1173-1186。
- Hensher, D.A. and L.W. Johnson (1981), *Applied Discrete Choice Modeling*, John Wiley and Sons, New York.
- Hensher, D.A., J.M. Rose and W.H. Greene (2005), *Applied Choice Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.

(受付 2018 年 5 月 29 日)
(受理 2018 年 7 月 30 日)

Potential for Widespread Use of Bioethanol in the Car Rental Business Sector in Okinawa, Japan

Hiroyuki IWAMOTO (Tokyo University of Agriculture)

Michihiko MAMADA (Ehime University)

Hiroyuki TANAKA (Tokyo University of Agriculture)

The purpose of this study was to assess the potential for widespread use of bioethanol-blended gasoline in the rental car market for tourists visiting Okinawa, Japan. A choice modeling approach (a random parameter logit model) was used to quantify the impact of the information on welfare change associated with changes in vehicle type, locally generated energy label, and prices attributes to a sample of Okinawa tourists. The results suggest that tourists have a more positive perception of cars fueled by bioethanol and electricity compared with those fueled by gasoline. The valuation of vehicles fueled by bioethanol was especially high compared with those fueled by electricity. Vehicles using bioethanol made from Okinawa-grown sugarcane and electricity generated from wind farms in Okinawa also received higher valuations. A broad range of tourists had a positive perception of vehicles fueled by bioethanol produced in Okinawa. These results suggest the potential for widespread use of bioethanol among tourists visiting Okinawa, and thus an expansion of clean energy owing to a view toward “local production for local consumption”.

Key words : choice decisions, choice modelling, consumer evaluation, bioethanol