

# 持続可能な商業施設立地・都市構造 検討のためのマーケットCO<sub>2</sub>排出量の提案 —商品搬入・購買行動に着目して—

横山 大輔<sup>1</sup>・谷口 守<sup>2</sup>・松中 亮治<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 岡山大学大学院 環境学研究科 (〒700-8530 岡山市津島中3-1-1)  
gev18123@cc.okayama-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 岡山大学大学院教授 環境学研究科 (〒700-8530 岡山市津島中3-1-1)  
mamoru34@cc.okayama-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 岡山大学大学院准教授 環境学研究科 (〒700-8530 岡山市津島中3-1-1)  
matsu@cc.okayama-u.ac.jp

交通環境負荷低減を念頭において商業立地政策や都市構造を見直すには、商業立地、商品搬入・購入という広い観点から交通環境負荷を把握する必要がある。しかし、原産地～居住地間における交通環境負荷を把握する際、従来の貨物・旅客輸送によるCO<sub>2</sub>排出量推定方法では「貨物・旅客輸送に伴うCO<sub>2</sub>排出量を単純に比較できない」、「現況の輸送実態が反映されない」という限界点、そして商業立地を論ずる上でも「商業施設の立地場所が考慮されない」という限界点を有する。そこで本研究は、それら課題を克服し、商業施設立地、購買者の居住地・交通行動、商品搬入の実態をふまえてCO<sub>2</sub>排出量を簡便に検討可能なマーケットCO<sub>2</sub>排出量推定式を新たに提案する。ケーススタディとして、岡山県倉敷市に立地するタイプの異なる2種類の商業施設に対してその適用を試みた。

**Key Words :** CO<sub>2</sub> emissions , transportation environment, market location, commercial transportation , purchasing action

## 1. はじめに

1997年に開催された第3回締約国会議(COP3)により採択された京都議定書では、地球温暖化の主原因である温室効果ガスを第一次約束期間(2008～2012年)に1990年比6%削減することを日本に義務付けた<sup>1)</sup>。しかし、温室効果ガス削減に向け様々な取り組みが進められているにもかかわらず、わが国におけるCO<sub>2</sub>排出量は増加傾向にあり、2004年度の総CO<sub>2</sub>排出量のうち、運輸部門によるCO<sub>2</sub>排出量は全体の20.4%にのぼっている<sup>2)</sup>。

一方、わが国の地方都市を俯瞰すると、モータリゼーションの進展と都市域の拡大に伴い、郊外には駐車場を完備した大型店が進出し、中心市街地の空洞化が進んでいる。それにより、自動車走行距離の増加に伴うCO<sub>2</sub>排出量の増加といった高環境負荷型の都市構造へと変容してきている。そのため、環境負荷低減に向けた都市構造の再構築を図る上で、商業施設の整備や立地コントロールは最重要ファクターであるといえる。そこで、2006年に都市機能の適正な立地誘導のため、大型店の立地規制を柱とする改正都市計画法が施行された<sup>3)</sup>。このよう

な持続可能な商業立地政策および消費に関しては、諸外国でも有効な方策を求めて議論が重ねられつつある<sup>4)</sup>。また、近年では「地産地消」を謳う市民レベルでの運動が盛んになり、エネルギー消費志向の強い商業流通形態を足もとから見直そうとする動きもみられる。交通環境負荷低減を念頭におき商業立地政策や都市構造を見直すにあたり、交通環境負荷の影響を広い観点から把握する必要があり、それらに対して適用可能な簡便で応用可能性の高い指標の開発が求められている。しかし、従来の貨物・旅客輸送におけるCO<sub>2</sub>排出量推定方法では次章で詳述するとおり、持続可能な商業立地政策や都市構造見直しに対して適用するには限界点を有する。

以上の問題意識のもと、本研究ではそれら課題を克服し、商業施設立地、購買者の居住地と交通行動、商品搬入の実態をふまえてCO<sub>2</sub>排出量を簡便に検討可能な「マーケットCO<sub>2</sub>排出量推定式」を新たに提案する。

以下、2.で従来の貨物・旅客輸送におけるCO<sub>2</sub>排出量推定方法、およびCO<sub>2</sub>排出量推定に関する既存研究について触れる。次に、3.で本研究で提案するマーケットCO<sub>2</sub>排出量推定式の特長および算出方法について説明し、

4.で分析対象とした2つのタイプの商業施設と使用データについて解説する。さらに、5.において4.で示した指標を実際の都市に適用し、6.では購買者の訪問頻度に着目した交通環境負荷を分析する。そして7.で5.6.で算出した値をもとに、今後交通環境負荷が改善された場合の交通環境負荷改善効果を検討する。最後に、8.で得られた成果と課題を整理する。

## 2. 従来の貨物・旅客輸送によるCO<sub>2</sub>排出量推定

貨物輸送に関するCO<sub>2</sub>排出量推定方法は、一般的に「燃料法」、「燃費法」、「改良トンキロ法」、「従来トンキロ法」、「輸送料金法」という推定方法が存在しており<sup>9)</sup>、中でも最も簡便な推定方法が「従来トンキロ法」である。旅客輸送におけるCO<sub>2</sub>排出量推定方法では、CO<sub>2</sub>排出原単位に輸送距離を乗じる手法が最も簡便な推定方法として知られている。以下、貨物輸送における最も簡便なCO<sub>2</sub>排出量推定方法(従来トンキロ法)を式(1)に、旅客輸送における最も簡便なCO<sub>2</sub>排出量推定方法を式(2)に示す。なお式(1)、(2)は一人当たりではなく、総CO<sub>2</sub>排出量で算出される。一般的な従来のCO<sub>2</sub>排出量推定方法の特徴をまとめた一覧もあわせて表-1に示す。

$$FCO_2 = \sum W_{ijk} L_{ijk} U_{CO_2(k)} \quad (1)$$

$FCO_2$ : 貨物CO<sub>2</sub>排出量 (g-CO<sub>2</sub>)

$W_{ijk}$ : 輸送量 (t)

$L_{ijk}$ : 輸送距離 (km)

$U_{CO_2(k)}$ : 交通手段kのCO<sub>2</sub>排出原単位 (g-CO<sub>2</sub>/t・km)

i: 品目

j: 輸送区間

k: 交通手段

$$PCO_2 = \sum L_{jk} U_{CO_2(k)} \quad (2)$$

$PCO_2$ : 旅客CO<sub>2</sub>排出量 (g-CO<sub>2</sub>)

$L_{jk}$ : 輸送距離 (km)

$U_{CO_2(k)}$ : 交通手段kのCO<sub>2</sub>排出原単位(g-CO<sub>2</sub>/人・km)

j: 輸送区間

k: 交通手段

原産地～居住地間におけるCO<sub>2</sub>排出量を定量化する際、表-1に示すとおり既存方法では、貨物、旅客輸送で対象とする購買者数に違いがあるため、総CO<sub>2</sub>排出量値を単純に比較することは不可能である。そして、既存方法では実際の輸送状況を十分に反映させることが困難であるという限界も有する。また、既存方法では商業施設の立地場所を考慮できないため、「原産地～商業施設」、「商業施設～居住地」と別々にとらえることができない。

貨物輸送に伴うCO<sub>2</sub>排出量を推定した既存研究として、

表-1 従来の一般的なCO<sub>2</sub>排出量推定方法の限界点

| 項目       | 一般的なCO <sub>2</sub> 排出量推定方法の限界点                                                                                                                                                 |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 分析単位     | ・貨物輸送と旅客輸送で対象となる購買者数に違いがみられるため、単純に比較することが困難である。<br>(貨物輸送では、一度の輸送で対象とする輸送量を輸送すると仮定している <sup>7)8)</sup> 。旅客輸送では目的地への来訪者数をもとに算出される。)<br>・「一人当たり」ではなく、総CO <sub>2</sub> 排出量で算出されている。 |
| 商業輸送     | ・CO <sub>2</sub> 排出量に影響を与える実際の輸送状況(積載量、輸送機関の重量、積載効率など)を考慮していない。<br>(「購買者の交通行動」でも該当。)<br>・原産地から商業施設への輸送形態が考慮されていない。<br>・「原産地～卸売市場」間のみで分析されている。<br>・輸送ルート算出時に終由地は考慮されていない。        |
| 購買者の交通行動 | ・消費者の交通手段選択の影響を十分に考慮していない。<br>・都市圏内の多様な居住者を対象とする分析等は試みられていない。                                                                                                                   |
| 商業施設立地   | ・商業施設の立地場所について考慮されていない。<br>(商業施設の立地場所を変更した際の影響を考慮できない)                                                                                                                          |
| 分析対象     | ・単体の品物(食品)をその分析対象としている。<br>(実生活においてトータルで利用する複数の食品・商品のセットとして考えられていない)<br>・食品だけが対象となっており、他の消費財については考慮されていない。                                                                      |

白木ら<sup>7)</sup>は地産地消・旬産旬消による環境負荷削減効果をCO<sub>2</sub>排出量を用いて定量化し、吉川ら<sup>8)</sup>は日本において消費される野菜を対象とし、生産・輸送の各段階でのCO<sub>2</sub>排出量を品目別・消費地別・部門別に推計している。しかし、これら既存研究では、単体の農産物しか分析対象としておらず、なおかつ、品物が売り買いされる商業施設の立地は考慮されていない。そして、消費地も都道府県レベルまでしか考慮されていない。なお、既存研究<sup>7)8)</sup>は、いずれも式(1)をベースとして分析を行っている。つまり、従来提案されているCO<sub>2</sub>排出量推定方法では、地域計画や交通計画への適用にあたり、一般的に表-1に示した限界点を有する。

本研究で提案するマーケットCO<sub>2</sub>排出量推定式は上記で示した諸課題を解決し、地域計画・交通計画への展開を可能となるよう考慮している。具体的には、従来トンキロ法等では十分考慮されていなかった実際の輸送状況を、CO<sub>2</sub>排出量推定結果に反映できるよう改善を行っている。なお、実際の輸送状況は「輸送量、輸送機関の重量(輸送機関自体の重量、搭乗者の体重から構成)、積載効率」により表現される。かつ、商業施設の具体的な場所を考慮することで「原産地～商業施設」、「商業施設～居住地」と別々にとらえることができ、都市構造によって購買者の交通行動に及ぶ影響、輸送の効率性や物流形態の違い、地産地消による生産地の違いによる効果などを指標に反映できるよう工夫を加えている。以上の効果を分析に反映させることにより、都市内のどの地区にどのような形態の商業施設が立地すると、どれ程のCO<sub>2</sub>排出量が発生するのかを明らかにすることが可能となる。なお、本研究で分析対象としたのは数ある消費財のうち食品であるが、分析対象商品を日常生活で使われる他の消費財へ拡張することにより、商業立地、都市構造などの地域的諸政策の効果を明示的に言及しうる方法論の確立を意図している。

### 3. マーケット CO<sub>2</sub>排出量推定式の算出方法

#### (1) マーケット CO<sub>2</sub>排出量推定式 の概念

本研究で提案するマーケット CO<sub>2</sub>排出量推定式は、式(3)のとおり、原産地から商業施設までのアーティクル CO<sub>2</sub>排出量と、商業施設から居住地までのショッピング CO<sub>2</sub>排出量を別個に計算し、それらを足しあわせるという構造をとる。図-1にその概念図を示す。

$$MCO_{2(m)} = ACO_{2(m)} + SCO_{2(m)} \quad (3)$$

$MCO_{2(m)}$ : 商業施設  $m$  のマーケット CO<sub>2</sub>排出量 (g-CO<sub>2</sub>/人)

$ACO_{2(m)}$ : 商業施設  $m$  のアーティクル CO<sub>2</sub>排出量 (g-CO<sub>2</sub>/人)

$SCO_{2(m)}$ : 商業施設  $m$  のショッピング CO<sub>2</sub>排出量 (g-CO<sub>2</sub>/人)

アーティクル CO<sub>2</sub>排出量、ショッピング CO<sub>2</sub>排出量のそれぞれの計算部分では、個人が1日に消費する商品群に対し、その実際の輸送量によって発生する CO<sub>2</sub>排出量を積み上げることで実際の計算を行う。なお、マーケット CO<sub>2</sub>排出量推定式は、どの地域、商業施設、商品にも適用可能である。アーティクル CO<sub>2</sub>排出量とショッピング CO<sub>2</sub>排出量の具体的な算出方法について詳述する。

#### (2) アーティクル CO<sub>2</sub>排出量の算出方法

アーティクル CO<sub>2</sub>排出量推定式とは、品物が原産地から商業施設に輸送される過程の CO<sub>2</sub>排出量定量化指標である。「従来トンキロ法」の算出概念をベースに、実際の輸送状況を再現するため、積載量、輸送機関の重量、積載効率を考慮した。そして複数の商品をユニットとし、一人当たりを算出基準としている。なお、アーティクル CO<sub>2</sub>排出量は往路のみを分析対象とし、復路は分析対象としていない。まず、品目ごとの総アーティクル CO<sub>2</sub>排出量推定式を式(4)・(5)で定義する。前章で述べたように、従来の推定式では実際の輸送状況が考慮できない。そこで式(5)は総重量に占める『輸送機関自体の重量』、『搭乗者体重』の和の割合を用いることで、“輸送量を除く重量に対し、どれだけ多く効率よく品物を搭載しているか”という輸送の効率性を表現している。なお、輸送ケースによって総重量に含まれる構成要素も異なることが予想される。そのため、本研究で提案する式(5)では一般的な総重量というものを表現する必要がある。どのような輸送ケースであっても必ず存在する要素である『輸送機関の重量』、『搭乗者の体重』をパラメータとして使用し、他の要素は考慮しないこととした。

$$ACO_{2(i)} = \sum \frac{Cw' W_{ijk} L_{ijk} U_{CO_2(k)}}{a} \quad (4)$$

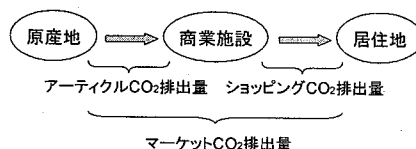


図-1 マーケット CO<sub>2</sub>排出量推定式・概念図

$ACO_{2(i)}$ : 品目  $i$  のアーティクル CO<sub>2</sub>排出量 (g-CO<sub>2</sub>)

$Cw'$ : 重量に関する補正値

$W_{jk}$ : 最大積載量 (g)

$L_{jk}$ : 輸送距離 (千 km)

$U_{CO_2(k)}$ : 交通手段  $k$  の CO<sub>2</sub>排出原単位 (g-CO<sub>2</sub>/g・km)

$a$ : 積載効率

$i$ : 品目

$j$ : 輸送区間

$k$ : 交通手段

$$Cw' = \frac{W_A}{W_C + W_D} \quad (5)$$

(※)  $W_A$ (総重量) =  $W_B$ (輸送量) +  $W_C$ (輸送機関自体の重量) +  $W_D$ (搭乗者の体重)

(※) 輸送量…アーティクル CO<sub>2</sub>排出量算出の場合は積載量、ショッピング CO<sub>2</sub>排出量算出の場合は買物重量を指す。

そして、一人当たりアーティクル CO<sub>2</sub>排出量推定式を式(6)・(7)で定義する。

$$ACO_2 = \sum \frac{ACO_{2(i)}}{b} \quad (6)$$

$$b = \frac{W'_i}{w_i} \quad (7)$$

$ACO_2$ : 一人当たりのアーティクル CO<sub>2</sub>排出量 (g-CO<sub>2</sub>/人)

$ACO_{2(i)}$ : 品目  $i$  のアーティクル CO<sub>2</sub>排出量 (g-CO<sub>2</sub>)

$b$ : 積載量  $W'_i$  でカバー可能な人数

$W'_i$ : 積載量(g)

$w_i$ : 品目  $i$  の一人当たりの重量 (g/人)

$i$ : 品目

#### (3) ショッピング CO<sub>2</sub>排出量の算出方法

交通環境負荷という観点から交通現象をとらえるため、ショッピング CO<sub>2</sub>排出量として購買者の行動をカウントするのは「徒歩、自転車」を除く交通手段を利用した場合とする。ショッピング CO<sub>2</sub>排出量は一人当たりを算出基準とし、復路のみを分析対象とする。そして買物重量、輸送機関自体の重量、買物客の体重を考慮している。ショッピング CO<sub>2</sub>排出量推定式を式(8)・(9)で定義する。

$$SCO_2 = \sum (s Cw' L_k U_{CO_2(k)}) \quad (8)$$

$SCO_2$ : 一人当たりのショッピング CO<sub>2</sub>排出量 (g-CO<sub>2</sub>/人)

$s$ : 交通手段分担率

$Cw'$ : 重量に関する補正値

$L_k$ : 交通手段  $k$  における平均片道移動距離 (km)

$U_{CO_2(k)}$ : 交通手段  $k$  の CO<sub>2</sub>排出原単位 (g-CO<sub>2</sub>/人・km)

$k$ : 交通手段

$$L_k = \frac{\sum_{q=0}^n (L_{qk} P_{qk})}{\sum_{q=0}^n P_{qk}} \quad (9)$$

$L_k$ : 交通手段  $k$  における平均片道移動距離 (km)  
 $L_{qk}$ : 交通手段  $k$  で移動した商業施設までの片道移動距離 (km)  
 $P_{qk}$ :  $q$  (km) 離れた地点から交通手段  $k$  で来訪した人数 (人)  
 $q$ : 商業施設からの距離 (km)

#### 4. 分析対象とした商業施設と使用データ

##### (1) 分析対象とした商業施設の概要

本研究では、CO<sub>2</sub> 排出量推定のケーススタディとして、岡山県倉敷市に立地するタイプの異なる商業施設を対象とした。倉敷市は全国の地方都市と同様、中心市街地の空洞化が深刻な問題であり、平成 11 年には JR 倉敷駅から約 2km 離れた郊外部へ大型店が進出したことにより、ますますその問題は顕著となっている。一方、倉敷商工会議所が中心となって組織された倉敷 TMO(Town Management Organization)が主体となり、地産地消の促進・中心市街地のにぎわい創出を目的に、月に一度、JR 倉敷駅前のアーケードにて「くらしき朝市(以下、朝市)」が平成 17 年より開催されている。(写真-1)本研究では、朝市が開催されている地区を倉敷市における都心部と定義した上で、「地産地消都心型マーケット」、「郊外大型マーケット」の 2 つのマーケットを分析対象とした。各マーケットの概要、定義を表-2 に示す。

##### (2) 分析対象品目とその輸送状況調査

対象とした商業施設の性格上、分析対象商品を食品に限定し、「日本人が一日で最も食している献立品目」を分析対象品目とした。品目の選定には、既存調査<sup>9)</sup>の結果を参考にして表-3 のとおり選定した。分析対象品目に占める国内品目・海外品目の内訳を図-2 に示す。

そして原産地から商業施設までの詳細な輸送ルート把握するため、朝市会場において独自に詳細なヒアリング調査を行った。ヒアリングの対象は全部で 41 業者へのぼる。具体的には聞き込み・電話・電子メールなどの手段により、中間業者を介し原産地までさかのぼる追跡調査を実施した。その結果をもとに、アーティクル CO<sub>2</sub> 排出量の算出を行う。なお、その輸送ルートの詳細が特定できなかった海外品目の一部の食品に対しては、既存の統計資料をもとに、日本国内に最も輸出している原産地を、本研究における原産地と仮定している。

##### (3) 購買行動に関する使用データ

購買行動については朝市に対して独自の調査を実施し、

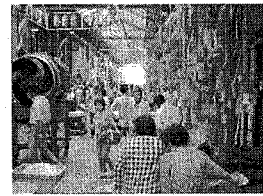


写真-1 朝市会場風景

表-2 各マーケットの概要・定義

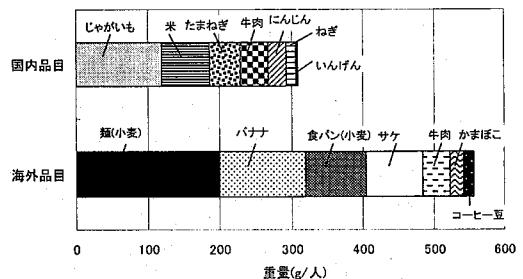
|                  |                                                                                        |                   |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 地産地消都心型<br>マーケット | 概要                                                                                     |                   |
|                  | 開催地                                                                                    | 倉敷市阿知             |
|                  | 開催日                                                                                    | 平成17年(2005年)より月一度 |
|                  | 正式名称                                                                                   | くらしき朝市三資市         |
|                  | 主催                                                                                     | くらしき朝市実行委員会       |
|                  | 定義                                                                                     |                   |
|                  | ・地産地消型も商品の品揃えを中心とする<br>・地域密着型市<br>・都心部に立地<br>・ローカルな流通形態に基づく(非効率的・短距離)<br>・大型駐車場を前提としない |                   |

|               |                                                                                                                   |                |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 郊外大型<br>マーケット | 概要                                                                                                                |                |
|               | 所在地                                                                                                               | 倉敷市水江          |
|               | 開店日                                                                                                               | 平成11年(1999年)9月 |
|               | 延床面積(m <sup>2</sup> )                                                                                             | 136,789        |
|               | 店舗面積(m <sup>2</sup> )                                                                                             | 60,353         |
|               | 定義                                                                                                                |                |
|               | ・その地域の商品に限定しない一般的な大型店舗<br>・郊外部に立地<br>・グローバルな流通形態に基づく(効率的・長距離)<br>(集配センターに商品を集約した上で、効率的に<br>マーケットへ配送)<br>・大型駐車場を完備 |                |

表-3 分析対象品目

| 分類 | 献立 |       |
|----|----|-------|
| 朝食 |    | 食パン   |
|    |    | コーヒー豆 |
|    |    | バナナ   |
| 昼食 |    | うどん   |
|    |    | かまぼこ  |
|    |    | ねぎ    |
| 夕食 |    | 米     |
|    |    | 焼き魚   |
|    |    | サケ    |
|    |    | 牛肉    |
|    |    | じゃがいも |
|    |    | にんじん  |
|    |    | たまねぎ  |
|    |    | いんげん  |
|    |    | いんげん  |

(※)材料選定および各材料における重量の設定には、各種文献を参考にした。



(※)地産地消都心型マーケットにおける「牛肉」は国内品目、郊外大型マーケットにおける「牛肉」は海外品目である。

図-2 献立(分析対象品目)に占める品目割合

表-4 購買行動に関する使用データ概要一覧

| 項目    | くらしき朝市来訪者実態調査                                                                                    | 第9回岡山県民の生活行動調査                                                                                             |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 実施主体  | 岡山大学<br>社会システム計画学研究室                                                                             | (財)岡山経済研究所                                                                                                 |
| 調査対象  | 第5回くらしき朝市来訪者                                                                                     | 「岡山下78市町村(2000年現在)、<br>福山市、高松市、坂出市、丸亀市」<br>在住の18歳以上の男女                                                     |
| 調査日時  | 平成17年7月17日(日)<br>午前8時～午前11時                                                                      | 平成12年7月～9月                                                                                                 |
| 調査方法  | 現地聞き取り調査                                                                                         | 家庭訪問調査                                                                                                     |
| サンプル数 | 聴取サンプル数:318<br>有効サンプル数:300<br>(来訪者数の約3%を確保)                                                      | 回収サンプル数:7797<br>有効サンプル数:6432<br>(うち使用サンプル数:414)                                                            |
| 調査項目  | ①個人属性、②グループ属性、<br>③現住所、④利用交通手段、<br>⑤自家用車所有の有無、<br>⑥訪問回数、⑦訪問理由、<br>⑧会場到着時刻、⑨訪問経路、<br>⑩総支出金額、⑪滞在時間 | ①個人属性、②現住所、<br>③通勤・通学地、④利用交通手段、<br>⑤片道所要時間、⑥買物先(品目別)、<br>⑦買物先の選択理由<br>(※)「映画、音楽会、その他レジャー」<br>項目を用いて分析を行った。 |

郊外大型店に対しては既存調査を活用した(表-4)。

#### a) くらしき朝市来訪者実態調査

本研究のために朝市来訪者のおよそ3%を対象に実施した無作為抽出の実地対面による交通行動実態調査である。具体的には、個人ベースで交通手段、地図上でのポイントベースによる発地、移動ルート等、往復の購買行動に関して詳細に調査し、かつ、総来訪者数も併せて調査している。この結果をもとに、地産地消都心型マーケットにおけるショッピングCO<sub>2</sub>排出量を算出する。

#### b) 第9回岡山県民の生活行動調査

都市部から地方部における住民の生活行動を把握するために1979年から岡山下で実施されている調査である<sup>10)</sup>。具体的には、個人ベースで品目ごとの購入先(地区レベルで把握し、核となる商業施設については店舗名まで把握)、交通手段、移動所要時間等、購買行動に関する項目を詳細に調査している。なお、総来訪者数は同時調査されていない。この結果をもとに、郊外大型マーケットにおけるショッピングCO<sub>2</sub>排出量を算出する。

### 5. マーケットCO<sub>2</sub>排出量の算出

#### (1)算出に関連する諸パラメータの設定

アーティクルCO<sub>2</sub>排出量を算出する際、本研究では既存資料<sup>11)~13)</sup>をもとに、商品搬入時における輸送効率実態を分析に反映させるための基本条件を設定し(表-5)、国内輸送は一部を除き、トラック輸送として分析する。そして、現実における商品の搬入実態を分析に考慮したアーティクルCO<sub>2</sub>排出量を算出するための算出条件および算出根拠を、表-6に整理する。なお、表-6は前章で述べた輸送状況調査をもとに設定しているが、海外品目に関しては輸送状況を完全に把握することができず一部仮定を置いている。しかし、他の項目については全ての品目を対象に原産地から商業施設までのような輸送過程を経て搬入されているのかを把握する調査を実際に行い、現状で得ることのできる最も妥当性の高いデータ

を用いて算出を行っている。また、マーケットCO<sub>2</sub>排出量(アーティクルCO<sub>2</sub>排出量・ショッピングCO<sub>2</sub>排出量)算出の際に、重量に関する実際の輸送状況を考慮するために用いる補正值( $C_{if}$ )を式(5)にもとづき表-7に示す。なお、各CO<sub>2</sub>排出量算出時の基本単位は「一人当たり」とする。そして、本研究で使用するCO<sub>2</sub>排出原単位を表-8、9に示す。

#### (2)マーケットCO<sub>2</sub>排出量算出結果

マーケットCO<sub>2</sub>排出量算出結果を図-3に示す。分析の結果、郊外大型マーケットにおけるマーケットCO<sub>2</sub>排出量は、地産地消都心型マーケットにおけるマーケットCO<sub>2</sub>排出量の約3.3倍もの数値であることが示された。各CO<sub>2</sub>排出量の算出結果をみると、アーティクルCO<sub>2</sub>排出量は地産地消都心型マーケット、郊外大型マーケット

表-5 輸送機関別積載効率および最大積載量

| 項目       | 普通トラック | 軽トラック | 船舶   |
|----------|--------|-------|------|
| 積載効率(%)  | 50     | 50    | 80   |
| 最大積載量(t) | 4      | 0.35  | 1350 |

表-6 アーティクルCO<sub>2</sub>排出量算出時における算出条件および算出根拠

| 算出条件<br>および<br>算出根拠 | 地産地消都心型マーケット                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | <p>①海外品目は既存研究<sup>13)</sup>をもとに設定した船舶の最大積載量、および本研究で設定した積載効率(表-5)から算出した1080tが国内に荷揚げされるとする。(郊外大型マーケットも同様)</p> <p>②国内に荷揚げされた品目、または卸売市場に搬入された品目が全て一箇所の店舗に搬入されるわけではない。そのため、一店舗当たりに搬入される重量を考えると、流通の結節点となる箇所に均等に重量が配分されると考える必要がある。そこで、国内荷揚げ、中継地点において、マーケットへ搬入される場合と同様の条件で他店舗へ均等に配分されると仮定して算出する。(郊外大型マーケットも同様)</p> <p>③複数の原産地が存在する品目については、最大どの程度商品搬入に伴いCO<sub>2</sub>が発生する恐れがあるのかを把握する必要があるため、商業施設までの輸送距離が長い方の原産地を分析対象とする。</p> <p>④個人事業所(農家)から複数の品目を一括でマーケットに輸送している場合は、最終的に一人当たりの重量を算出すれば良いので、品目数に関係なく、軽トラックの積載効率、最大積載量(表-5)を用いて分析する。</p> |
| 算出条件<br>および<br>算出根拠 | 郊外大型マーケット                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                     | <p>①トラック輸送では一律、貨物車輸送トン数にもとづき車種業態分担率が最も高い<sup>14)</sup>普通トラックを利用すると仮定する。</p> <p>②実際は函館港～青森港間はフェリーを利用するが、普通トラック自体に商品が搭載されているので、本研究では同区間は普通トラックで輸送すると仮定する。なお、積載効率・補正值も普通トラックにおける数値を利用する。</p> <p>③集配センター(兵庫県たつの市)に商品が集められた上で、マーケットへ輸送されるとして分析する。(輸送状況調査により明らかとなった流通過程にもとづき設定)</p>                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

表-7 マーケットCO<sub>2</sub>排出量算出に用いる補正值

| 分類   | 交通手段       | 補正值(※1) | 算出方法                                                                                                                                        |
|------|------------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 商品搬入 | 普通トラック(国内) | 2.88    | $W_0=2000\text{kg}$ (最大積載量4000kg、積載効率:50%)、<br>$W_1=1000\text{kg}$ 、 $W_2=65\text{kg}$ (搭乗人数:1人と設定、<br>成人男性の平均体重:65kg <sup>15)</sup> 、以下同様) |
|      | 普通トラック(海外) | 4.00    | $W_0=3200\text{kg}$ (最大積載量4000kg、積載効率:80%)、<br>$W_1=1000\text{kg}$ 、 $W_2=65\text{kg}$ (搭乗人数:1人と設定)                                         |
|      | 軽トラック      | 1.21    | $W_0=175\text{kg}$ (最大積載量350kg、積載効率:50%)、<br>$W_1=760\text{kg}$ <sup>12)</sup> 、 $W_2=65\text{kg}$ (搭乗人数:1人と設定)                             |
|      | 船舶         | 3.11    | $W_0=1050\text{D/W}$ (載貨重量トン/1350D/W <sup>13)</sup> 、積載効率:80%)、<br>$W_1=499\text{G/T}$ <sup>13)</sup> 、 $W_2=650\text{kg}$ (搭乗人数:10人と設定)    |
| 購買行動 | 鉄道         | 1.00    | $W_0=40000\text{kg}$ <sup>16)</sup> 、 $W_1=9620\text{kg}$ (搭乗人数:148人 <sup>17)</sup> と設定)                                                    |
|      | 路線バス       | 1.00    | $W_0=8000\text{kg}$ <sup>18)</sup> 、 $W_1=1950\text{kg}$ (搭乗人数:30人 <sup>18)</sup> と設定)                                                      |
|      | 自家用車       | 1.00    | $W_0=1010\text{kg}$ <sup>19)</sup> 、 $W_1=130\text{kg}$ (搭乗人数:2人と設定)                                                                        |
|      | 原付・自動二輪    | 1.01    | $W_0=77\text{kg}$ <sup>20)</sup> 、 $W_1=65\text{kg}$ (搭乗人数:1人と設定)                                                                           |

(※1) 表-7中の補正值は、(5)式にもとづき算出される。

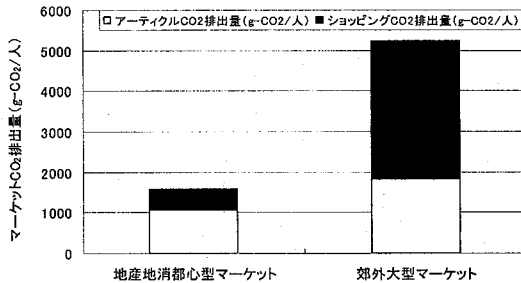
(※2) 船舶において、本研究では「総トン=船舶重量」、『載貨重量トン=最大積載量』と見なす。

表-8 商品搬入に伴う CO<sub>2</sub>排出原単位(2001 年度)<sup>20)</sup>

|                                                    | 普通トラック | 軽トラック | 船舶 |
|----------------------------------------------------|--------|-------|----|
| CO <sub>2</sub> 排出原単位<br>(g-CO <sub>2</sub> /t・km) | 174    | 1949  | 38 |

表-9 購買行動に伴う CO<sub>2</sub>排出原単位(2000 年度)<sup>22)23)</sup>

|                                                    | 鉄道   | 路線バス    |
|----------------------------------------------------|------|---------|
| CO <sub>2</sub> 排出原単位<br>(g-CO <sub>2</sub> /人・km) | 17   | 94      |
|                                                    | 自家用車 | 原付・自動二輪 |
|                                                    | 188  | 40      |

(※) 原付・自動二輪の CO<sub>2</sub>排出原単位は文献<sup>23)</sup>より独自に算出図-3 マーケット CO<sub>2</sub> 排出量算出結果

との間でさほど大きな差は生じていない。(788.52 (g-CO<sub>2</sub>/人)の差) その理由として、本研究ではトラック輸送の効率性を反映しているため、郊外大型マーケットへの商品搬入は、地産地消都心型マーケットと比較して効率的に行われている。一方、同じ商品でも郊外大型マーケットは遠方より輸送され、地産地消都心型マーケットは周辺部より輸送されている。以上のような要因によって、その両方の効果が相殺されるため、図-3 に示すように両マーケット間のアーティクル CO<sub>2</sub>排出量は大きな差異になっていない。

一方、ショッピング CO<sub>2</sub>排出量は地産地消都心型マーケットと郊外大型マーケットとの間で 2870.71(g-CO<sub>2</sub>/人)もの差が生じた。ショッピング CO<sub>2</sub>排出量に大きな開きがみられた要因として、商圈規模の違い、利用交通手段における自動車分担率の違いが大きく影響していると考えられる。そして、郊外大型マーケットにおける CO<sub>2</sub>排出量の内訳をみてみると、ショッピング CO<sub>2</sub>排出量はアーティクル CO<sub>2</sub>排出量の約 1.9 倍であった。このような結果となった要因として、輸送の効率性が大きく影響していると思われる。郊外大型マーケットにおける商品搬入時には、大量の品物を一括して輸送しているが、購買行動では自らが消費するために購入した一回分の食材を輸送しているので、このような差が現れたと考えられる。

## 6. 購買者の訪問頻度に着目したショッピング CO<sub>2</sub> 排出量の算出

### (1)使用データの概要および算出方法

前章でのショッピング CO<sub>2</sub> 排出量算出結果をもとに、

本章では購買者の訪問頻度に着目したショッピング CO<sub>2</sub> 排出量の算出を行う。具体的には栃木県宇都宮市で環境省が行ったアンケート調査結果<sup>24)</sup>を用い、『一ヶ月に複数回購買行動を行った際のショッピング CO<sub>2</sub>排出量』の算出を行う。訪問頻度に関する調査は条件設定が難しく、調査項目に含めることで調査自体の精度確保が困難になる恐れがあり本研究実施の調査では同項目を含めていない。そのため、宇都宮市で初めて行われた訪問頻度に関する調査は、以下の点より本研究で用いる価値が十分にあると判断した。宇都宮市は倉敷市と同規模の人口を有し、倉敷市と同様に平野部に市街地が広がることから自動車依存型都市構造となっている。その点を裏付けるように、倉敷市を含む岡山県南部の自動車分担率は 56.4% (第 3 回岡山県南パーソントリップ調査, 1994 年)、宇都宮市の自動車分担率は 57.6% (第 2 回全国都市パーソントリップ調査, 1993 年)となっている。

表-10 にアンケート調査概要、表-11 に調査結果を示す。分析時は、中心市街地での調査結果を地産地消都心型マーケットに、郊外大型店での調査結果を郊外大型マーケットに適用する。なお、前章で算出したショッピング CO<sub>2</sub>排出量を、『一回購買行動を行った際のショッピング CO<sub>2</sub>排出量』と読み替え、以下分析を進める。訪問頻度を考慮したショッピング CO<sub>2</sub>排出量の算出を行うために、式(10)を示す。

$$SCO_2 = \Sigma (NsCw' L_k U_{CO_2(k)}) \quad (10)$$

$SCO_2$ : 一人一ヶ月当たりのショッピング CO<sub>2</sub> 排出量 (g-CO<sub>2</sub>/人・月)

$N$ : 訪問回数 (回/月)

$s$ : 交通手段分担率

$Cw'$ : 重量に関する補正值

$L_k$ : 交通手段  $k$  における平均片道移動距離 (km)

$U_{CO_2(k)}$ : 交通手段  $k$  の CO<sub>2</sub>排出原単位 (g-CO<sub>2</sub>/人・km)

$k$ : 交通手段

### (2)訪問頻度を考慮したショッピング CO<sub>2</sub> 排出量算出結果

図-4 に、訪問頻度を考慮したショッピング CO<sub>2</sub> 排出量算出結果を示す。分析の結果、地産地消都心型マーケットでは一人一ヶ月当たり 6237.65(g-CO<sub>2</sub>/人・月)、郊外大型マーケットでは一人一ヶ月当たり 11542.59(g-CO<sub>2</sub>/人・月)のショッピング CO<sub>2</sub>排出量が排出されていた。

また、前章で明らかにした訪問 1 回当たりのショッピング CO<sub>2</sub>排出量では、地産地消都心型マーケットと郊外大型マーケットとの間で約 6.5 倍の開きがあったが、一ヶ月当たりのショッピング CO<sub>2</sub> 排出量ではその差が約 1.9 倍に縮小した。その要因として、都心部への訪問頻度が郊外大型店への訪問頻度と比較して月当たり 3.5 倍であったためと考えられる。

表-10 「通勤・買い物時の交通手段に関するアンケート調査」概要

| 項目       | 通勤・買い物時の交通手段に関するアンケート調査                                                      |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|
| 実施主体     | 環境省<br>(社)環境情報科学センター                                                         |
| 調査対象     | 自力で交通手段選択が可能な人(基本的に18歳以上)                                                    |
| 調査日時     | 中心市街地:平成18年5月12日(金)~5月16日(金)<br>郊外大型店:平成18年5月27日(土)~5月31日(水)<br>(ともに14時~19時) |
| 調査方法     | 実地対面アンケート調査                                                                  |
| 有効サンプル数  | 中心市街地:394<br>郊外大型店:414                                                       |
| 調査項目(抜粋) | ①利用交通手段、②移動距離、③月あたり訪問頻度                                                      |

(※) 調査場所については、中心市街地、郊外大型店以外に、郊外型公共施設(公立図書館)も存在するが、本分析では使用しない。

表-11 調査結果(月当たり訪問頻度)

|           | 中心市街地 | 郊外大型店 |
|-----------|-------|-------|
| 訪問頻度(回/月) | 11.9  | 3.4   |

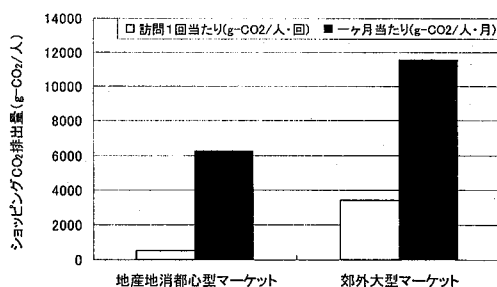


図-4 訪問頻度を考慮したショッピング CO<sub>2</sub>排出量算出結果

## 7.シナリオ設定によるマーケット CO<sub>2</sub>排出量分析

### (1)シナリオの設定

5.6で明かにしたマーケット CO<sub>2</sub> 排出量、および訪問頻度を考慮した場合のショッピング CO<sub>2</sub> 排出量算出結果をもとに、交通環境が改善された場合を想定したシナリオを設定することで、交通環境負荷低減効果の概略を把握する。本研究で設定したシナリオを表-12 に示す。ちなみに今回のシナリオでは今後十分に実現が可能であると考えられる内容を設定している。なお、訪問頻度については前章で使用した値を適用する。

### (2)分析結果

マーケット CO<sub>2</sub> 排出量シナリオ分析結果を図-5 に示す。分析の結果、商品搬入において交通環境改善がみられた場合、地産地消都心型マーケットにおいてマーケット CO<sub>2</sub> 排出量が一人一日当たり 13.2%削減、郊外大型マーケットにおいてマーケット CO<sub>2</sub> 排出量が一人一日当たり 13.7%削減された。特に、地産地消都心型マーケットにおけるショッピング CO<sub>2</sub> 排出量は一人一日当たり 20.0%削減され、郊外大型マーケットにおけるアーティ

表-12 本研究で設定したシナリオ内容

| 項目                                  | シナリオ内容                                                                                   |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 商品搬入<br>(アーティクルCO <sub>2</sub> 排出量) | 海外・国内輸送トラックの積載効率が現状より10%向上した場合                                                           |
| 購買行動<br>(ショッピングCO <sub>2</sub> 排出量) | 現在の自動車利用者の10%が、自動車利用を控え、他の交通手段利用に転換した場合<br>(算出時は、転換させる10%分の自動車サンプル数を他の交通手段に均等に配分して計算を行う) |

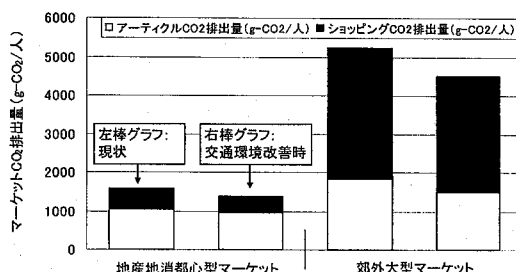


図-5 マーケット CO<sub>2</sub>排出量シナリオ分析結果

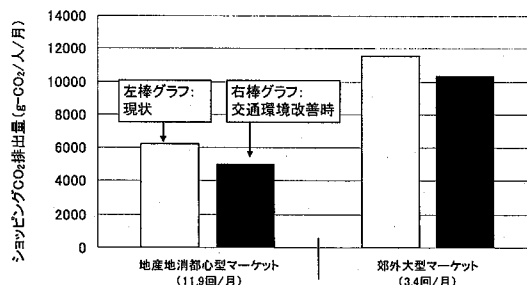


図-6 訪問頻度を考慮したショッピング CO<sub>2</sub>排出量シナリオ分析結果

クル CO<sub>2</sub> 排出量は一人一日当たり 18.0%削減されることが明らかとなった。次に、訪問頻度を考慮した場合のショッピング CO<sub>2</sub> 排出量シナリオ分析結果を図-6 に示す。分析の結果、地産地消都心型マーケットにおけるショッピング CO<sub>2</sub> 排出量は一人一ヶ月当たり 19.9%削減され、郊外大型マーケットにおけるショッピング CO<sub>2</sub> 排出量は一人一ヶ月当たり 10.6%削減されることが明らかとなった。

## 8.まとめ

本研究では、持続可能な商業立地政策や都市構造の見直しを交通環境負荷の観点からとらえるため、従来の CO<sub>2</sub> 排出量推定式が抱える限界点を克服し、商業施設立地、購買者の居住地と交通行動、商品搬入の実態をふまえて CO<sub>2</sub> 排出量を簡便に検討可能な「マーケット CO<sub>2</sub> 排出量推定式」を新たに提案した。そして、ケーススタディとして岡山県倉敷市において、都心部に立地する地産地消都心型と、郊外部に立地する郊外大型のタイプの異なるマーケットでその定量化を行った。さらに、購買者の商業施設への訪問頻度に着目し、一人一ヶ月当たりの

交通環境負荷(ショッピング CO<sub>2</sub>排出量)を定量化するとともに、今後、交通環境改善が図られた場合を想定したシナリオを設定することで、施策実施による交通環境改善効果の概略を把握した。分析の結果、地産地消都心型マーケットにおけるマーケット CO<sub>2</sub>排出量は相対的に低いことが示され、郊外大型マーケットでは、購買行動に起因する CO<sub>2</sub>排出量のほうが商業輸送に起因する CO<sub>2</sub>排出量よりも大きいことを明らかにした(一人当たり)。また、月当たりでは、地産地消都心型マーケット、郊外大型マーケットでの CO<sub>2</sub>排出量の開きは、訪問 1 回当たりと比較して縮まることを明らかにした。

今後の課題として、原産地から日本への輸送状況については、実際の状況を確定するのは困難であり、一部仮定をおいた部分も存在するため、今後さらに情報収集を重ね、内容の精緻化を行う必要がある。また、分析対象を食品以外の消費財へ拡大するとともに立地パターンを変化させた場合の交通環境負荷改善効果を把握することで本研究で提案した推定式の完結性を高めることが可能となる。それにより、商業施設立地・都市構造改善に関する検討時に、各代替案の交通環境負荷を判断するための評価指標として本研究で提案したマーケット CO<sub>2</sub>排出量の適用を行うことが考えられる。また、商圈という利用層全体の評価を加えることも有効であると考えられる。しかし、前述の通り郊外大型マーケットの一日当たり総来訪者数を現段階で把握できていないため、今後更に情報収集を進める必要がある。

謝辞：「岡山県民の生活行動圏調査」データ提供に際し、(財)岡山経済研究所にご配慮を頂いた。記して謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 地球温暖化防止京都会議 HP : <http://www.env.go.jp/earth/cop3/>, 2007 閲覧。
- 2) 環境省 HP : [http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santei\\_k/18\\_01/ma\\_t01\\_2.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santei_k/18_01/ma_t01_2.pdf), 2007 閲覧。
- 3) 国土交通省 HP : 都市の秩序ある整備を図るための都市計画法等の一部を改正する法律案について, [http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/04/040206\\_2.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/04/040206_2.html), 2007 閲覧。
- 4) たとえば, Town and Country Planning Association : Planning for Accessible and Sustainable Retail, Policy Statement, 2005.
- 5) Tim Jackson : The Earthscan Reader in Sustainable Consumption, Earthscan, 2006.
- 6) 社団法人日本ロジスティックシステム協会 HP : [http://www.logistics.or.jp/green/pdf/04lens\\_3.pdf](http://www.logistics.or.jp/green/pdf/04lens_3.pdf), 2007 閲覧。
- 7) 白木達朗・中村龍・姥浦道生・立花潤三・後藤尚弘・藤江幸一 : 生産・流通を考慮した地産地消・句産句消による CO<sub>2</sub> 排出量削減に関する研究, 環境システム研究論文集, Vol.34, pp.135-142, 2006.
- 8) 吉川直樹・天野耕二・島田幸司 : 野菜の生産・輸送過程における環境負荷に関する定量的評価, 環境システム研究論文集, Vol.34, pp.245-251, 2006.
- 9) 食の総合サイト・Food s-Foo HP : <http://www.foods.co.jp/>, 2005 閲覧。
- 10) (財)岡山経済研究所 : 第 9 回岡山県民の生活行動圏調査, 2000.
- 11) 国土交通省 HP : 輸送機関毎の二酸化炭素排出量と輸送量等の推移, <http://www.mlit.go.jp/singikai/koutusin/koutu/kankyou/1/shiryous.pdf>, 2005 閲覧。
- 12) スズキ HP : <http://www.suzuki.co.jp/don4/lineup/carry/frame.htm>, 2005 閲覧。
- 13) 日本内航海運組合総連合会 HP : [http://www.naiko-kaiun.or.jp/kids/zukan/zukan\\_top.html](http://www.naiko-kaiun.or.jp/kids/zukan/zukan_top.html), 2005 閲覧。
- 14) 国土交通省 HP : <http://www.mlit.go.jp/road/kanren/sukei/5-3.pdf>, 2007 閲覧。
- 15) 健康・栄養情報研究会編 : 平成 14 年厚生労働省国民栄養調査結果, 2004.
- 16) JR 東日本グループ社会環境報告書 2004 : [http://www.jrcast.co.jp/eco/pdf/dif\\_200406\\_07.pdf](http://www.jrcast.co.jp/eco/pdf/dif_200406_07.pdf), 2005 閲覧。
- 17) JR 東海 HP : [http://jrcentral.co.jp/museum/zukan/z\\_de\\_103.html](http://jrcentral.co.jp/museum/zukan/z_de_103.html), 2005 閲覧。
- 18) 公衆交通バス HP : <http://www.koeikotsu.jp/kubun.html>, 2005 閲覧。
- 19) トヨタ HP : <http://toyota.jp/vitz/spec/spec/>, 2005 閲覧。
- 20) ホンダ HP : <http://www.honda.co.jp/motor-lineup/crea-scoopy/>, 2005 閲覧。
- 21) 国土交通省 HP : 平成 15 年度版国土交通白書, <http://www.mlit.go.jp/hakusho/mlit/h15/h15/excel/E2080205.xls>, 2006 閲覧。
- 22) 国土交通省 HP : 平成 14 年度版国土交通白書, <http://www.mlit.go.jp/hakusho/mlit/h14/h14/excel/E2070204.xls>, 2006 閲覧。
- 23) 土木計画のための態度・行動変容研究ワークショップ : モビリティ・マネジメント (MM) の手引き～自動車と公共交通の「かしこい」使い方を考えるための交通施策～, (社) 土木学会, 2005.
- 24) 環境省地球環境局 : 「地球温暖化対策とまちづくりに関する検討会」報告書～環境にやさしく快適に暮らせるまちを目指して～, 2006.

## PROPOSAL FOR USING ESTIMATED CO<sub>2</sub> EMISSIONS TO DETERMINE SUSTAINABILITY OF MARKET LOCATION AND URBAN LAYOUT - FOCUSED ON GOODS TRANSPORT AND PURCHASING ACTION -

Daisuke YOKOYAMA, Mamoru TANIGUCHI and Ryoji MATSUNAKA

It is necessary to comprehend traffic environment load of commercial sector for the purpose of reviewing policies concerning convenience of geographical location and urban layout. With presumed CO<sub>2</sub> estimate equation in freight / passenger transportation, there are following problems: CO<sub>2</sub> discharges in freight / passenger transportation cannot be compared, the actual transport condition is not represented, and also the convenience of commercial institution geographical location is not considered. This study proposes equation to estimate CO<sub>2</sub> emissions caused by transportation to / from the market. It considers the convenience of commercial institution geographical location, the place of residence and traffic of a buyer, and the actual condition of the merchandise distribution. Case studies were conducted on two different type markets located in Kurashiki city.