

物流プロセスにおける商品1点あたり二酸化炭素排出量の算定法

増井忠幸¹ 後藤正幸² 吉藤智一³

1. はじめに

地球温暖化を促進するとされる温室効果ガスの一つである二酸化炭素 (CO₂) 排出量の低減は、地球規模で取り組むべき急務な課題といえる。CO₂ が地球温暖化の主要因であるか否かについて、科学的な見地から議論が分かれているという面もあるが、その確実な因果関係を明らかにする以前に、環境問題は確実に進行し、手遅れとなった段階ではもはや地球環境の復元は不可能になる可能性が高いことを考慮すべきであろう。IPCC 第4次評価報告書第1作業部会報告書によれば、今後も化石燃料に依存し、高い経済成長を維持する環境下においては、今世紀末までに平均気温は2.4~6.4℃上昇すると予測されている^[1]。限りある化石資源の効率的な利用は不可欠であり、CO₂ 排出量の抑制は地球規模で取り組む最重要課題であることは間違いない。1997年に定められ、2005年に発効した京都議定書によれば、日本は2012年までに1990年度比で6%のCO₂ 排出量の削減を義務付けられているが、その後増加した約8%(2003年度)を加味すれば、1990年度の実に14%分のCO₂ 排出量削減が必要になっている^[2]。

そのような中、物流業界においても、CO₂ 排出量の削減は無視することのできない課題となっている。改正省エネ法の施行により、物流事業者と荷主の双方にCO₂ 排出量の削減計画と成果報告が義務

付けられることとなった^[3]。そのガイドラインにおいては、物流活動におけるCO₂ 排出量の算定と按分のための方法が示されている^[4]。一般に、荷主企業が輸配送事業者に業務を委託することは広く行われており、荷主企業は委託先企業からデータを提供してもらい、自社のCO₂ 排出量を把握しなければならない。輸配送の効率は積載率が上がるほど向上するため、輸配送業者においては複数の荷主の荷物を1台のトラックに積み合わせて輸送する共同配送も広く行われている。その際、1台のトラックの走行で発生したCO₂ 排出量を把握すると共に、その全体量を複数の荷主企業に按分する方法が必要となる。このようなCO₂ 排出量の算定と按分の方法は、荷主企業が自社の荷物を輸送するために発生したCO₂ 排出量を把握し、管理するために必要な仕組みであり、関わる企業全てが納得できる公正な方法として確立する必要がある^{[2],[5]-[7]}。

一方、モノの豊かさが満たされた日本のマーケットにおいては、さらに魅力的な品質が求められるようになった。特にサービスの品質に対する要求が高まり、物流業界においても例外ではなく、輸配送に関わる業者は厳しい対応を迫られている。モノの流れはますます小口化され、指定されたモノを、指定された場所へ、指定された時間に、破損することなく正確に配送することが要求される。このような市場の厳しい要求下において、CO₂ 排出量を削減しつつ、物流品質を向上させるといって、一見相反する目的の達成が余儀なくされている。武蔵工業大学増井研究室では、環境効率と経済効率を両立させるための試案として、全輸配送に関わる商品1点あたりのCO₂ 排出量の算定方法について研究を進めている。2005年度からは、生活共同組合のグリーン物流研究会^{[8],[9]}との協力により、フィールド調査も実施している。従来のCO₂ 排出量の企業間按分が、各荷主企業におけるCO₂ 排出量の削減計画と成果報告のために必要とされているのに対し、商品1点あたりのCO₂ 排出量は、例えば

① 商品を購入する一般消費者に付与するエコボイ

1 武蔵工業大学環境情報学部教授

2 武蔵工業大学環境情報学部准教授

3 武蔵工業大学大学院環境情報学研究所修士1年

ントに還元する

- ② 各商品に CO₂ 排出量の情報を付与することにより、消費者の商品購買行動の選択基準の一助としてもらう

といった方法によって、将来的にマーケティング施策に結びつけ、これによって消費者行動の変革による環境対応を念頭においているものである。直接的には、売上を維持し、輸配送コストを削減するという経済効率を向上させると共に、荷主企業と輸配送事業者における CO₂ 排出量削減のための管理指標として活用することで環境効率に配慮しようとするものである。本稿では、商品 1 点あたりの CO₂ 排出量の算定方法について述べ、算出結果の具体例による考察を行うと共に、“商品 1 点あたりの CO₂ 排出量”という情報が持つ意味を検討し、今後の展望について議論を行う。

2. CO₂ 排出量算定の方法

本研究で検討している“商品 1 点あたりの CO₂ 排出量”の算定においても、物流に関わる各プロセスにおける CO₂ 排出量をまず算定し、その総量を各商品に按分することが必要である。ここでは、本研究の議論に入る前に、CO₂ 排出量の算定方法について概略を述べる。

2.1 トラック輸送における CO₂ 排出量算定の方法

モーダルシフトの必要性が叫ばれているものの、日本国内における物流の多くを担っているのはトラック輸送である。そこでまず、トラック輸送における CO₂ 排出量の現状について述べる。

トラック輸送によって生じる CO₂ 排出量は、積載重量だけでなく、路面条件、気象条件、アクセルやブレーキング、アイドリングなどの走行条件など、多くの要因によって変化する。従って、正確な CO₂ 排出量を測定するためには、トラックの排気口に CO₂ 濃度を測定できる測定器を装着し、直接 CO₂ 排出量を把握することが必要である。しかしながら、本来の物流品質とは直接関係の少ない

CO₂ 排出量の測定に多くの技術とコストを投入することに対しては、少なくとも現状では技術的・コスト的な困難が伴う。従って、実際には測定可能なデータに基づいて、推定値として CO₂ 排出量を把握する必要がある。

トラックの輸配送に伴う CO₂ 排出量を算定する方法としては、実際には以下の 3 つの方法が知られている^{[2], [6], [10]}。

- ① 「燃料法」
二酸化炭素排出量 (kg-CO₂)
= 燃料使用量 (リットル)
× CO₂ 排出量係数 (kg-CO₂/リットル)
- ② 「燃費法」
二酸化炭素排出量 (kg-CO₂)
= [輸送距離 (km) / 燃費 (km/リットル)]
× CO₂ 排出係数 (kg-CO₂/リットル)
- ③ 「トンキロ法」
二酸化炭素排出量 (kg-CO₂)
= 輸送重量 (t) × 輸送距離 (km)
× CO₂ 排出原単位 (kg-CO₂/t・km)

「燃料法」は、ある一定の走行条件下において燃料 1 リットル当たりの燃焼によって生じる CO₂ 排出量 (CO₂ 排出係数) を用い、燃料使用量のみを把握することによって CO₂ 排出量を算出する方法である。環境省による事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン (試案 ver1.6) によれば、CO₂ 排出係数は、ガソリンが 2.32kg-CO₂/リットル、軽油が 2.62kg-CO₂/リットル、LPG が 3.00kg-CO₂/リットルとされている。

しかしながら、実際には月間の燃料総補給量ですら、正しく把握されていないことも多い。これに対し、走行距離は、一般のトラックに計測器が装備されており、比較的容易に把握することが可能である。一定期間における総走行距離を計測するには、ドライバーが定期的に総走行距離を記録すれば十分である。この走行距離を燃費で割ることによって、走行

区間における使用燃料量を推定し、CO₂ 排出量を算出しようとする方法が「燃費法」である。ただし、燃費は積載率によっても変化するため、「燃料法」よりも精度が劣化することに注意すべきであろう。

これらの算定法は、そもそもトラック毎の CO₂ 排出量を把握する目的で利用されることは少ない。例えば、燃料補給時に得られる補給量を正しく蓄積しデータ管理すれば、少なくとも燃料補給間隔における燃料使用量を把握することはできる。しかしながら、そのようなマイクロデータを管理する目的は、燃料コストを低減するためのものが多く、CO₂ 排出量の削減計画に結び付けようとする事業者はまだほとんど存在しないというのが実情である。

「トンキロ法」は、マクロデータとして得られた輸送重量に走行距離をかけて得られた輸送量（トンキロ）を用いる方法である。一般に、燃料使用量は走行距離だけでなく、輸送重量にも影響を受けると考えられるため、輸送機関毎に定められた CO₂ 排出量原単位を用い、輸送トンキロから CO₂ 排出量を算出しようとするものである。また、前述した理由から、積載率ごとに CO₂ 排出原単位を与える「改良トンキロ法」も提示されている。

2.2 その他エネルギー消費に関わる CO₂ 排出量算定の方法

生産者から消費者までの全物流プロセスにおいては、モノの移動だけでなく、保管・貯蔵・流通加工といったプロセス、および倉庫やセンターを管理するための間接業務が存在し、これらのあり方によって輸配送条件は大きく影響を受ける。このため、物流プロセスの環境負荷を考えるには、これらの業務を重視しなければならない。これらには、電力や都市ガス、水などが使用されており、実際にはこれらによって生じる CO₂ 排出量を把握することが必要となる。

トラック輸送に関わる CO₂ 排出量の算定においては、様々な現実的な問題によって、いくつかの方法が用いられているのに対し、電力や都市ガスなど、

他のエネルギーについては多くのバリエーションは考えにくい。電力であれば電力使用量を把握し、CO₂ 排出係数を乗じることによって、CO₂ 排出量の算定を行うべきであろう。環境庁の環境家計簿による数値によれば、CO₂ 排出量係数は、電力で0.36 (kg-CO₂/kWh)、水道で0.58 (kg-CO₂/m³)、都市ガス2.10 (kg-CO₂/m³)、LP ガス6.30 (kg-CO₂/m³) となっている。エネルギー使用量の実測値が測定できれば、これらの CO₂ 排出量係数を乗じることによって CO₂ 排出量を把握することができる。

3. 商品1点あたりの CO₂ 排出量算定方法

一般に、商品が生産者によって生産され、流通プロセスに乗り、消費者に届けられるまでには様々なエネルギーが投入されている。その主たる内訳は、トラック輸送に要する燃料、配送センターや倉庫における電力、ドライアイスなどの保冷剤などである。これらは全て CO₂ を排出することにつながる。本研究では、生産者から消費者までの物流プロセスに関わる全業務について CO₂ 排出量を把握し、それらを商品に按分する方法を構築した。

3.1 各業務プロセスの記述

物流プロセスに関わる全業務について CO₂ 排出量を算定するためには、まず全ての業務プロセスを明確に記述する必要がある。さらに、各業務に対して投入されるエネルギーを把握しなければならない。

物流業務は、物流センターや工場などで必要となる入出荷業務や仕分業務といった「拠点内業務」と、その拠点から拠点へモノを運ぶ「輸配送業務」に大別され、それぞれの業務から CO₂ をはじめとする環境負荷が発生する。その負荷の内訳をより具体的に示すと、以下のようになる。

【拠点内業務における環境負荷】

- ・ 業務の機材で使用する物流活動における直接的なエネルギー負荷

- ・ 照明や空調など、オフィスや作業場で使用する物流活動における間接的なエネルギー負荷
- ・ 製品に使用する包装材、梱包材の廃棄、リサイクル、リユースに関する負荷
- ・ その他の使用資材の廃棄、リサイクル、リユースに関する負荷

【輸配送業務における環境負荷】

- ・ 製品、資材を輸配送する際に生じるエネルギー使用の負荷

CO₂ 排出量算定のための業務分析では、以上の点に注意しながら、業務プロセスと環境負荷を調べなければならない。

環境負荷は、製品を流通させる上で直接的に必要な機材や設備を稼働させるために生じる直接的な環境負荷と、作業員が作業するために必要な照明や空調から生じる間接的な環境負荷の二種類に分けられる。そのため、次に示すように、直接負荷と間接負荷に分類した上で把握することにより、漏れなく、項目を列挙することができる。

【直接負荷】

- ・ 物流関連機器の使用（包装機など）
- ・ 輸送用車両の使用（トラックなど）
- ・ 冷却設備の使用（冷蔵庫、冷凍庫など）

【間接負荷】

- ・ 照明や空調などの使用
- ・ リサイクルやリユースのための機材の使用
- ・ 企業内での間接的な電気、ガス、水の使用

以上のように、CO₂ 排出量の算定のための業務プロセス分析として、「拠点内業務」と「輸配送業務」について、各々の業務に関わる「直接負荷」と「間接負荷」について把握を行う。業務プロセスを上述の視点で可視化し、実際に図として描いた例を図1に示す。

3.2 各業務における CO₂ 排出量算定

各業務において必要となるエネルギーに対し、単位期間における使用量（実測値）の把握を行う。この実測値に、表1に示す CO₂ 排出係数を乗じることにより、各業務の CO₂ 排出量を算定する。この段階で、物流プロセスの全業務について CO₂ 排出量の把握がなされる。CO₂ 排出量は一定期間の排出量として求めるが、その計測間隔は、測定コストと情報の精度の兼ね合いを考慮し、適切に設定する。

表1 二酸化炭素排出係数一覧

	エネルギー名	排出係数	参考
拠点	電気	0.36 (kg-CO ₂ /kwh)	環境省環境家計簿
	水道	0.58 (kg-CO ₂ /m ³)	
	都市ガス	2.10 (kg-CO ₂ /m ³)	
	LP ガス	6.30 (kg-CO ₂ /m ³)	
輸配送	ガソリン	2.32 (kg-CO ₂ /ℓ)	環境省 事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン（試案 ver1.6）
	軽油	2.62 (kg-CO ₂ /ℓ)	
	LPG	3.00 (kg-CO ₂ /ℓ)	

以下に、算出の基本となるいくつかの CO₂ 排出量の算定式について一例を示す。

【トラック輸送業務による CO₂ 排出量】

$$\begin{aligned} & \text{輸送業務の CO}_2 \text{ 排出量 [kg-CO}_2\text{]} \\ & = \text{燃料使用量 [ℓ]} \times \text{排出係数 [kg-CO}_2\text{/ℓ]} \\ & ※ \text{ 燃料使用量が直接測定できない場合は、輸送車両の燃費、1日の走行距離と走行日数を乗じて算定する。} \end{aligned}$$

【冷凍の電気使用による CO₂ 排出量】

$$\begin{aligned} & \text{冷凍庫の CO}_2 \text{ 排出量 [kg-CO}_2\text{]} \\ & = \text{電力使用量 [kWh]} \\ & \quad \times \text{排出係数 [kg-CO}_2\text{/kWh]} \\ & \quad \times \text{定格係数} \end{aligned}$$

- ※ 電力使用量は定格電力と調査期間の総稼働時間を乗じて算定する。
- ※ 定格係数は、実測電力と定格電力の比率で求める。

= 電力使用量 [kWh]

× 排出係数 [kg-CO₂/kWh]

- ※ 電力使用量は定格電力と調査期間の総稼働時間を乗じて算定する。

【フォークリフトによる CO₂ 排出量】

フォークリフトの CO₂ 排出量 [kg-CO₂]

他の業務における CO₂ 排出量の算出式も、基本的に同様のアイデアで構築することができる。

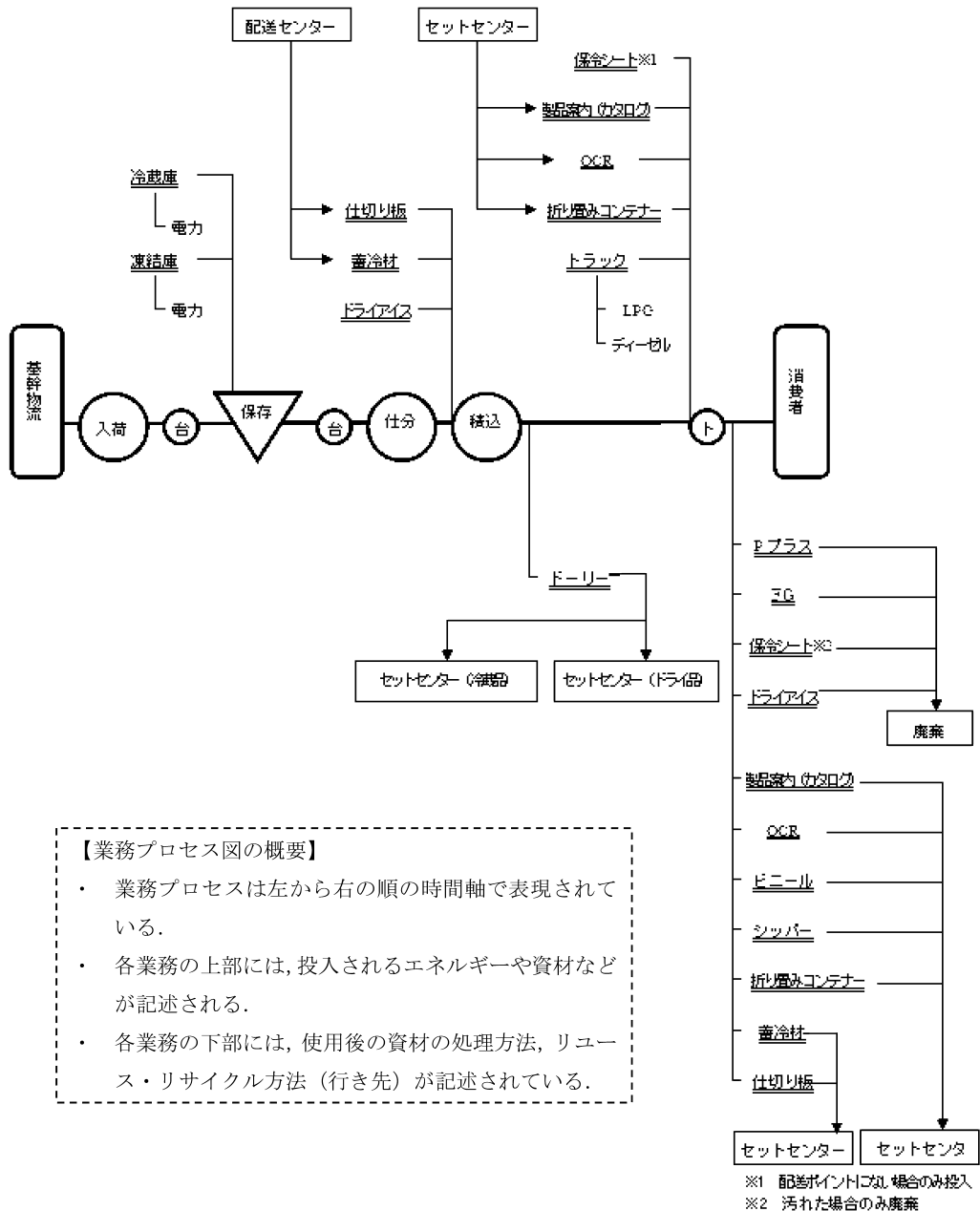


図1 業務プロセスの記述と環境の直接負荷・間接負荷の把握

3.3 CO₂ 排出量の商品按分

商品毎の CO₂ 排出量を算出するためには、各業務で発生した CO₂ 排出量を按分する必要がある。その際の按分には、数量（点数按分）、重量（重量按分）、容積（容積按分）などを用いた多くの方法が考えられるが、「どの按分方法を採用すべきか」については業務毎に異なると考えられる。

例えば、重さが10kgの商品Aと500gの商品Bを同じトラックに積んで運ぶ場合を考える。このとき、点数按分を採用すれば、このトラックによる輸送に関わる負荷は、商品AもBも同じCO₂排出量になってしまう。一般には、重量が重い商品Aの方を運ぶために要するエネルギーの方が大きく、CO₂排出量も大きいと考えるのが妥当であろう。

一方で、重さが同じく1kgであるが、容積が10倍異なる商品Cと商品Dを冷凍保存する場合はどうであろうか。冷凍保存には電力が必要であるが、容積が10倍も異なる商品Cと商品Dの温度を下げるために、同じエネルギー量がかかっているとは考えにくい。この場合には、容積按分が妥当ということになる。

これらの事実を一般的に考えると、環境負荷の按分においては、負荷量の増減に最も影響の強い（相関の強い）要素で按分すべきであるといえる。すなわち、重量が増えればそれに従ってCO₂排出量も単調に増加する場合には重量按分を行い、容積が増えるに従ってCO₂排出量が単調増加する場合には容積按分を採用すればよい。以上のように、業務で使用している機材や設備によって按分方法は異なってくるため、エネルギー使用量が点数、重量、容積のどれによって増減するかを把握し、適切な按分方法を設定することとする。しかしながら、実際の物流業務においては、全商品の重量や容積を把握することが難しい場合もある。その場合には、按分の精度を多少犠牲としつつも点数按分によって代用することが考えられる。

以下に、トラック輸送業務におけるCO₂排出量の商品1点あたりへの按分式を示す。

トラック輸送においては、重量データが利用できるときには重量按分、利用できないときには点数按分が妥当であると考えられる。

【点数按分法】

$$\begin{aligned} & \text{商品1点あたりのCO}_2\text{排出量 [kg-CO}_2\text{/個]} \\ & = \text{輸送業務のCO}_2\text{排出量 [kg-CO}_2\text{]} \\ & \quad \times \frac{1 \text{ [個]}}{\text{積載されていた全商品総点数 [個]}} \end{aligned}$$

【重量按分法】

$$\begin{aligned} & \text{商品Aの1点あたりのCO}_2\text{排出量 [kg-CO}_2\text{/個]} \\ & = \text{輸送業務のCO}_2\text{排出量 [kg-CO}_2\text{]} \\ & \quad \times \frac{\text{商品Aの1点あたり重量 [kg/個]}}{\text{積載されていた全商品総重量 [kg]}} \end{aligned}$$

ただし、点数按分を採用した場合には、同じ物流経路を辿った商品は、軽量の商品も、重量のある商品も、同量のCO₂排出量が按分される点に注意を払うべきである。

一方、冷蔵庫、冷凍庫使用におけるCO₂排出量の商品1点あたりへの按分式では、容積按分が妥当と思われることも多い。

【容積按分法】

$$\begin{aligned} & \text{商品Aの1点あたりのCO}_2\text{排出量 [kg-CO}_2\text{/個]} \\ & = \text{保存期間中冷凍庫使用のCO}_2\text{排出量 [kg-CO}_2\text{]} \\ & \quad \times \frac{\text{商品Aの1点あたり容量 [m}^3\text{/個]}}{\text{冷凍保存された全商品の総容量 [m}^3\text{]}} \end{aligned}$$

上の計算式は基本となるものであるが、これは冷凍保存される全商品が同時に冷凍庫に搬入され、同時に出荷されることを想定した計算式である。しかし、実際の場合には、商品によって冷凍保存される期間（在庫日数）は異なり、入庫・出庫のタイミングも異なることが通常である。本来であれば、全商品について入庫と出庫の時間データと単位時間毎の電気使用量把握により、正確な値を測定すべきであるが、そのようなデータを把握することが現状では難しいことが多い。その場合の近似式として、平均在庫日数を用いた次式を用いることが考えられる。

【平均在庫日数を用いた容積按分法】

$$\begin{aligned} & \text{商品 A の 1 点あたりの CO}_2 \text{ 排出量 [kg-CO}_2\text{/個]} \\ & = \text{冷凍庫使用による CO}_2 \text{ 排出量 [kg-CO}_2\text{]} \times \\ & \frac{\text{商品 A の容積 [m}^3\text{/個]} \times \text{商品 A の平均在庫日数 [日]}}{\Sigma(\text{各商品の容積 [m}^3\text{]} \times \text{各商品の平均在庫日数 [日]} \times \text{数量})} \end{aligned}$$

このような近似式の利用は、現状では致し方ないものの、将来的には情報技術の活用による冷凍庫保管商品のリアルタイム把握によって、より正確な値として計算できる可能性がある。また、各商品の容積が把握できない場合には、商品を保管するためのパレットの容積とパレット数によって近似的に求めることもできる。

4. CO₂ 排出量算定の事例と考察

実際に物流過程で発生する商品 1 点あたりの CO₂ 排出量を算定した結果^{[8],[9]}について示し、考察を与える。

4.1 青果物の物流に関わる CO₂ 排出量

ここでは、青果物(野菜)の調達物流と基幹物流、生活物流(宅配業務)に関して、商品 1 点あたりの CO₂ 排出量を求めた事例について示す。

青果物は一般に農協のセンターを経由して物流センターに納入されるまでの調達物流、物流センターにおいてセット業務が行われ、各地区の配送センター(デポセンター)に輸送されるまでの基幹物流、その後、地区の配送センターから各家庭の玄関先まで配送する生活物流という、大きく 3 つの物流プロセスを経て、産地から家庭まで届けられる。その全物流プロセスについて評価を行った。

青果物は時期によって生産物が変わり、生産地も移動するため、物流プロセスを追いかけるのが比較的難しい商品群といえる。様々な状況を踏まえて検討した結果、ここでは“小松菜”を対象として、商品 1 点あたりの CO₂ 排出量を算出することとした。また、この小松菜は注文者の自宅まで宅配しているが、その環境負荷は地区によって変化することが考えられたため、都内と臨海地区の 2 つの地区への配

送を対象として比較を行った。

その結果を以下の表 2、表 3 に示す。その結果、物流センターに納入されてから各地区の配送センターに輸送を行う基幹輸送は、比較的、環境効率が高いことが明らかとなった。また、宅配は各家庭の玄関先にトラックを停車し、荷物を降ろす作業が必要なため、環境効率は基幹物流よりも悪くなってしまう。また、都心では比較的狭い地区での配送であるのに対し、臨海地区では広い範囲で宅配業務を行うため、その分 CO₂ 排出量は高くなっている。

また、調達物流における環境効率が悪いことも分かる。商品 1 点あたりで、基幹物流の 2 倍以上の CO₂ を排出していることになり、その原因を特定すると共に、必要であれば対策を検討すべきである。

表 2 小松菜 1 点あたりの環境負荷(都内) [g-CO₂]

	調達	基幹	宅配	合計
4 月	49.52	19.48	32.10	101.1
5 月	66.65	20.01	32.71	119.4
6 月	40.53	19.57	31.75	91.85
平均	52.23	19.69	32.19	104.1

表 3 小松菜 1 点あたりの環境負荷(臨海地区) [g-CO₂]

	調達	基幹	宅配	合計
4 月	49.52	19.47	46.45	115.4
5 月	66.64	20.00	48.64	135.3
6 月	40.52	19.57	43.81	103.9
平均	52.23	19.68	46.30	118.2

4.2 冷凍品の物流に関わる CO₂ 排出量

ここでは、冷凍品の調達物流と基幹物流に関して、商品 1 点あたりの CO₂ 排出量を求めた事例について示す。ここでは、冷凍鶏肉を対象商品とし、メーカーから輸送業者のもつ冷凍保管庫(外冷)を経由して、物流センターに納入されるまでを調達物流、物流センターにおいてセット業務がなされ、各地区の配送センターに納入されるまでの基幹物流について評価を行った。その結果を表 4、表 5、表 6 に示す。

表4は、メーカーから外冷を挟んで物流センターに納入されるまでの調達物流における商品1点あたりのCO₂排出量である。輸配送に関わるCO₂排出量が高い値を示しているが、冷凍庫の保冷に伴う環境負荷も無視できないことがわかる。表5に示した基幹物流におけるCO₂排出量においても、同様の傾向が見られる。紙面の都合上、ここでは詳細を示せないが、CO₂排出量の総量で見た場合には、冷蔵庫の保冷によって生じるCO₂排出量が多いことが明らかになっている。この例で示した冷凍鶏肉製品では、冷凍庫で保管される平均在庫日数の関係で、商品1点あたりのCO₂排出量では小さい値となったと推察される。比較的需要量が少なく、冷凍庫で保管される期間の長い商品については、輸配送で生じるCO₂排出量を冷凍庫保存で生じるCO₂排出量が上回るケースが生じると考えられる。

表4 調達物流の各業務における
鶏肉商品1点あたりのCO₂排出量 (g-CO₂)

輸配送 (生産者→外冷)	11.69 [g-CO ₂]
冷凍庫保存 (外冷)	4.80 [g-CO ₂]
輸配送 (外冷→セットセンター)	7.99 [g-CO ₂]
フォークリフト (入庫業務)	0.58 [g-CO ₂]

表5 基幹物流の各業務における
鶏肉商品1点あたりのCO₂排出量 (g-CO₂)

輸配送	10.54 [g-CO ₂]
冷凍庫保存	7.63 [g-CO ₂]
セットライン	0.19 [g-CO ₂]

表6 鶏肉商品1点あたりのCO₂排出量 (g-CO₂)

調達物流	25.07 [g-CO ₂]
基幹物流	18.36 [g-CO ₂]
合計	43.43 [g-CO ₂]

4.3 考察

ここでは、青果物と冷凍品の物流について、各プロセスにおいて発生する環境負荷を算出すると共に、製品1点あたりに按分した結果を示した。以下、これらの事例から得られるいくつかの点について考

察を与える。

4.3.1 CO₂排出量の差について

調達物流と基幹物流の双方において、冷凍鶏肉製品の方が小松菜よりもCO₂排出量が少ないという結果となった。

その理由の一つとして、生産地からの輸送距離の影響が考えられる。青果物は収穫産地が時間と共に移動し、比較的遠方から首都圏への長距離輸送が必要となるという特徴を持つ。一方、冷凍品は、生産地であるメーカーの工場が比較的首都圏に近い場所にあり、工場移転や新設がなされない限り、移動することはない。このような生産地からの輸送距離の違いが結果に影響した可能性が高い。そのため、小松菜の調達物流で発生するCO₂排出量が多いという結果を受け、生協では調達地の再検討も話題となっている。

また、青果物は重量や容積の把握が比較的難しいカテゴリの商品であるのに対し、冷凍品は、商品マスタ情報と照合することができれば、重量や容積といったデータが比較的入手しやすいカテゴリと考えられる。そのため、冷凍品では容積按分が可能となったが、青果物では点数按分をしなければならないプロセスがいくつか生じた。このため、比較的軽量と考えられる小松菜には適正量以上のCO₂排出量が按分されている可能性がある。これらの算定可能性と正確性の兼ね合いについては、青果物の重量データを如何に把握できるかを考えつつ、継続検討すべき課題である。

4.3.2 調達物流と基幹物流の効率差について

青果物と冷凍品の双方において、調達物流よりも基幹物流の方が、環境効率が高いことが示された。基幹物流は、セットセンターに納入された商品をセットし、適切な輸送計画のもとに地域の配送センターに輸送する物流の核であり、従来から効率化の策が講じられてきた経緯がある。一方で、調達物流については、供給元の業者に委ねられてきた面が

多々あり、今後の施策によって環境効率を向上させることができる可能性がある。例えば、青果物は収穫のあと、各々の農家が農協のセンターにトラック輸送することが一般的であるが、ミルクラン型の回収システムを導入するなどの方法により、積載率の改善による環境効率向上が可能であると考えられる。

4.3.3 青果物と冷凍品の特性差とCO₂排出量算定法の差異について

青果物と冷凍品における二酸化炭素排出量の算出と按分において、最も大きく異なる点の一つに「貯蔵」がある。青果物は長期保存が難しいこともあり、長期貯蔵のプロセスを経ずに、比較的短期間に生産者から消費者に届けられる。これに対し、冷凍品は保存が利くため、流通プロセスの各箇所において在庫として保管され、需要量に応じて払い出されるという管理方式が取られている。一般に、冷凍庫に入庫された冷凍品は、日々の払い出し量に応じて、次々に冷凍庫から出庫される。すなわち、同じ日に冷凍庫に入庫した商品であっても、少しずつ払い出されるため、冷凍庫で冷凍保存される期間が異なり、これによって商品毎の環境負荷量も変化する。本研究においては、平均在庫日数という概念を用い、全体を平均的に捉える方法でCO₂排出量を算出する方法を考えた。将来的に、各商品にICタグなどが付加され、どの商品がいつ冷凍庫に入庫し、いつ出庫したかという細かい情報が蓄積されるようになった場合、如何に合理的なCO₂排出量の算出と按分方法を構築するかが課題と言える。通常、冷凍庫から一番先に在庫される商品と最後に在庫される商品は、管理上の問題からそのように決められているだけであり、「最後まで冷凍庫に保管してあった商品は、環境負荷が大きい」という主張は、荷主や消費者といったステークホルダーにとって受け入れ難い論理であるとも考えられる。すなわち、最も精度の高い方法が常に受け入れられるとは限らないという側面にも注意が必要である。

以上のように、CO₂排出量の算出は、管理・改善目的であれば正確に測定することが重要であるが、商品1点あたりの排出量といった概念を活用する場合には、利用目的を考慮した上で、最も合理的な方法を構築する必要がある。

5. 商品1点あたりのCO₂排出量の持つ意味と今後の展望

5.1 商品1点あたりのCO₂排出量の持つ意味

商品1点あたりのCO₂排出量が計算できれば、業者毎の環境負荷を算出することが容易になる。商品1点あたりのCO₂排出量を計算するためには、必然的に業務毎の環境負荷の計算がなされる。環境負荷の低減施策は、商品毎というよりも、業務毎に考えられるべきものであるため、業務毎のCO₂排出量は重要な管理指標となりえるであろう。しかしながら、業務単位での環境負荷低減という目的のために“商品1点あたりのCO₂排出量”は、必ずしも必要とはならない。その意義は、別の観点で論じられるべきである。

商品1点あたりのCO₂排出量は、同時に輸配送される別商品との兼ね合いや消費者の発注の仕方などによっても影響を受ける値といえる。すなわち、それ自体は“管理指標”としての意味合いよりも、結果としての意味合いが強い。しかしながら、“商品1点あたりのCO₂排出量”という指標は、一般消費者にとっては非常にわかり易い指標である。いままさに購入しようとしている商品が、生産者から手元まで運ばれてくるために要した全CO₂排出量という数字の持つ意味合いは極めてイメージのしやすいものと言える。このような指標は、一般消費者に対する環境マーケティング活動の場面で活用できると考えられる。例えば、

- ① 商品購入の際に付与するエコポイントとして、CO₂排出量を利用し、消費者にポイント還元を行う
- ② 各商品にCO₂排出量の情報を付与し、消費者の商品購買行動の選択基準としての利用を促進

する

といった方法が考えられる。

物流事業者は、厳しい競争環境下に置かれており、売上を維持しつつ、輸配送コストを削減しなければならない。CO₂ 排出量削減のための管理指標として活用するだけでなく、利益を向上させるものがある必要がある。現状においても厳しい条件で操業を強いられている中小の物流事業者においては、現状の条件のままで環境負荷低減の活動を強いられることは死活問題とも言える。環境配慮の施策が、自社の利益にも結びつくような仕組みの構築が必要であり、その意味では単に CO₂ 排出量を企業間で按分するだけでなく、環境負荷の低減努力が、荷主と委託先企業における Win-Win の関係に結びつくようにするための枠組みが必要である^[7]。

5.2 環境効率向上のための枠組み

本研究で示した商品 1 点あたりの環境負荷情報を上手く活用し、「売上高環境負荷率という意味での環境効率」を高めるためには以下のようなパターンが考えられる。

- ① 消費者のベネフィットを維持しつつ、環境効率を向上させる
- ② 環境効率を悪化させず、消費者のベネフィットを向上させる
- ③ 不要な顧客ベネフィット（過剰品質）を見直す
- ④ 環境意識の高い消費者へのターゲットマーケティングを推進する
- ⑤ 消費者のベネフィットを高めることが、環境負荷低減につながる手段を構築する

①については現在でも様々な環境負荷低減活動が継続されており、今後も法規制や社会要請によって、物流事業者に求められるレベルは高まると考えられる。このパターンは売上維持の状態のままで、環境対策コストが膨らむものであり、長期的に苦しいマネジメントが要求されるようになると考えられる面がある。しかし、環境負荷の測定を標準化し、コストをかけずに環境効率を高める方法を検討すること

は有意義であろう。

現状における理想系は⑤のパターンと考える。本研究で検討した「商品 1 点あたりの CO₂ 排出量」は、消費者に届けられた商品毎に付加情報として提示することが可能である。これによって、自分は環境負荷の小さい商品を買っているという満足意識の向上につながるであろう。さらに踏み込んで、例えば、CO₂ 排出量の低減量をポイント換算し、消費者のベネフィットとする方法も考えられる。消費者に対して CO₂ 排出量という単位で、様々な購入方法に対するポイントを提示することにより、これまでとは異なったインセンティブを与えられる可能性がある。一種の楽しみを得ながら環境に優しい活動を促進しようという考え方は、消費者には比較的受け入れられ易いものと考えられるが、そのためにはポイント算定方法や全体のポイント管理システムのあり方をも含めて考えていく必要がある。このような環境配慮型マーケティングは、依然として研究段階であり、今後も継続的に検討していくことが必要である。

6. まとめ

本稿では、商品 1 点あたりの CO₂ 排出量を算定する方法と具体的な算定事例、及びその意義について述べた。CO₂ 排出量の算定や按分方法は、改正省エネ法によって義務化された削減計画立案と実績報告のために必要な道具として考えられている面が依然として強い。自発的な CO₂ 排出量削減のために、ミクロな視点で CO₂ 排出量を把握したり、管理指標として活用しようとする動き、あるいはマーケティング活動を目的として、CO₂ 排出量を市場に情報提供しようとする動きは、依然としてあまりみられない。高品質な物流サービスを要求される物流事業者は、利幅の薄いコスト構造の中で、日々の業務だけでも手一杯であるのが実情である。ミクロな視点での CO₂ 排出量把握のためには、そのための新たな仕事を増やすことなく、業務の遂行の中で自然にデータが蓄積され、さらにはそれらのデータ

が一元的に管理され、いつでも取り出せるようなシステムの構築が必要であろう。そのためには、CO₂排出量の算定に必要な情報項目の体系的な整理と情報取得の方法、情報伝達の方法などを含めたシステムの設計図を正しく描く必要があり、今後の継続的な研究成果と実務ノウハウの蓄積が望まれる。

参考文献

- [1] 環境省：平成19年度版 環境・循環型社会白書，
<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/>, (2007).
- [2] 北條 英：“トラック輸送による二酸化炭素排出量算定のための情報チェーン”，ロジスティックスにおける情報チェーン論文集（武蔵工業大学環境情報学部），pp.137-153, (2005).
- [3] 増井忠幸：“物流事業者における CO₂ 排出量削減への取り組み —改正省エネ法の対応—”，物流情報 9.10月号，（社）日本物流団体連合会，(2005).
- [4] 国土交通省：改正省エネ法の概要，
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kankyo_site/Londan/1.syouene/060118syouene.htm
- [5] 増井忠幸：“技術は環境対策の半分に過ぎない”，LOGI-BIZ, 2005年11月号，(2005).
- [6] 増井忠幸：“グリーン物流実現のための CO₂ 排出量算定について”，環境管理，2006年5月号 特集：グリーン物流，(2006).
- [7] 増井忠幸：“環境・情報とロジスティックス”，武蔵工業大学環境情報学部紀要，Vol. 4, pp.18-27, (2003).
- [8] 2005年 グリーン物流研究会報告書，バルシステム協力会，物流部会 グリーン物流研究会，（株）エコサポート，(2006).
- [9] 2006年 グリーン物流研究会報告書，バルシステム協力会，物流部会 グリーン物流研究会，（株）エコサポート，(2007).
- [10] ロジスティックス環境会議環境パフォーマンス評価手法検討委員会・日本ロジスティックスシステム協会：“二酸化炭素排出量算定のためのデータ収集方法ガイド（試案 ver.4.0）”，(2005).