

## カーボン会計マトリクスの構想と展開

八 木 裕 之 馬 場 文 雄 大 森 明

### 1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル（The Intergovernmental Panel on Climate Change）が2014年に公表した第5次評価報告統合報告書は、気候システムの温暖化は疑う余地はなく、温暖化への人為的影響は明らかであることを述べる一方で、今後数十年にわたって大幅に温室効果ガス（GHG：Greenhouse Gas）の排出削減をすることで、21世紀およびそれ以降の気候リスクを低減し、効果的に適応する見通しを高め、長期的な緩和費用と課題を減らし、持続可能な開発のための気候にレジリエントな（強靱な）経路に貢献できることを示唆している（IPCC, 2014, p.2, p.17）。周知のとおり、世界各国はこうした排出削減への取り組みを気候変動枠組条約に代表される世界的な協力体制の下で進めており、日本でも、2020年度の温室効果ガス削減目標として、2005年度比で3.8%の削減を国際公約している（2015年9月時点）（環境省HPなど参照）。

国際公約を実現するために、今後、日本企業に対してもさらなる排出削減が求められたり、削減を促進するためのさまざまな施策が実施されたりすることが予想される。こうした状況で、GHGの排出削減対象として注目を集めているのが、企業活動もしくは製品のバリューチェーンである。ただし、その削減を効率的かつ効果的に実現していくための会計ツールはまだ揺籃期にある。本稿では、GHG削減を目的とする会計をカーボン会計と呼ぶが、財務報告やサステナビリティ報告に用いられるものをカーボン報告会計、GHG削減をマネジメントするために用いられるものをカーボン管理会計（CMA：Carbon Management Accounting）として位置づけ、後者の有力なツールとしてカーボン会計マトリクスを提示するとともにその適用可能性について具体的なデータを用いながら考察する。

### 2. バリューチェーンにおけるGHG排出

#### 2.1 GHG排出量測定の動向

現在、日本では、国や自治体などが定めるGHG排出量報告制度<sup>1</sup>や自主的開示であるサステナビリティ報告書<sup>2</sup>などによって企業はGHG排出量を公表しているが、企業自身の排出量の開

<sup>1</sup> 地球温暖化対策の推進に関する法律、フロン類の仕様の合理化及び管理の適正化に関する法律など参照。

<sup>2</sup> 環境省（2015）の調査（上場企業および従業員500人以上の非上場企業を対象に1496社が回答）では

示にとどまっているケースが多くみられる。温暖化対策が進むにしたがって、原材料の調達・製造時や製品使用時といったバリューチェーン上のGHG排出量削減効果を正確に把握し、GHG排出量の削減可能性を明らかにする必要が高まっており、企業のバリューチェーン全体のGHG排出量や製品・部品のライフサイクル全体でのGHG排出量削減量の算定方法などが公表されるようになってきた。

前者としては、WRI (World Resource Institute) とWBCSD (World Business Council for Sustainable Development) が設立したGHGプロトコルから『企業バリューチェーン (スコープ3) 算定・報告期基準』、ISOからISO/TR14069『温室効果ガス—組織のGHG排出量の定量化及び報告—ISO 14064-1に対する技術的手引』、日本の環境省から『サプライチェーンを通じた温室効果ガス排出量算定に関する基本ガイドライン』が公表されている。

後者としては、川崎市から『域外貢献量算定ガイドライン』、滋賀県から『滋賀県製品等を通じた貢献量評価方法算定の手引き』、国際化学工業協会とWBCSD Chemicalsから『GHG排出削減貢献量算定手法』、グリーンIT推進協議会分析委員会から『グリーンIT推進協議会調査分析委員会総合報告書 (2008年度～2012年度) ～低炭素社会に向けたグリーンITの貢献～』、日本LCA学会から『温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン』などが公表されている。

これらの基準や手引きでは、事業者のバリューチェーン上のGHG排出源を以下の3つのスコープにわけて捉えている (GHG Protocol, 2011, p.5)。

スコープ1：当該事業者が所有もしくは支配する経営資源からの直接的排出

スコープ2：当該事業者が購入したエネルギーを消費することによって発生する間接的排出

スコープ3：当該事業者のバリューチェーンから発生するスコープ1・2以外のすべての間接的排出

スコープ1～3に含まれる個別の排出源をバリューチェーン上の上流と下流で示すと、図表1の通り、それぞれ8つと7つのカテゴリーに分けることができる。さらに、スコープ3の発生源のカテゴリーをものやサービスの流れに関連づけると図表2で示すことができる。バリューチェーンにおけるスコープ3のGHG排出量の把握は、こうしたカテゴリーにしたがって行われることになる。

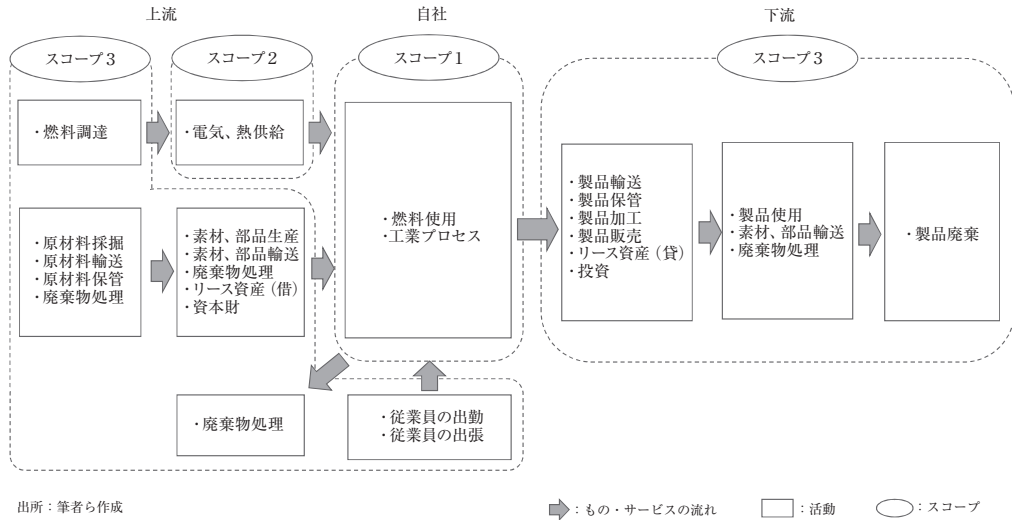
図表1 スコープ3 GHG排出カテゴリーと報告企業数 (日本)

カテゴリー		2013年	2014年	カテゴリー		2013年	2014年
上流	1 購入した製品・サービス	82	115	下流	9 輸送、配送 (下流)	94	86
	2 資本財	51	96		10 販売した製品の加工	22	27
	3 スコープ2に含まれない燃料及びエネルギー関連活動	69	107		11 販売した製品の使用	72	90
					12 販売した製品の廃棄	63	82
	4 輸送、配送 (上流)	95	123		13 リース資産 (下流)	23	35
	5 事業から出る廃棄物	88	130		14 フランチャイズ	6	12
	6 出張	85	124		15 投資	15	33
	7 雇用者の通勤	74	121	その他			
8 リース資産 (上流)	25	36					

出所：環境省, 2015, 1-10頁およびCDP, 2014, 17頁に基づいて筆者ら作成。

GHG排出量を公表している企業 (上場企業および従業員500人以上の非上場企業へのアンケート調査) は約7割 (117頁) であるのに対し、ライフサイクルで同量を把握している企業は約2割 (76-106頁) である。

図表2 事業者が把握対象とするGHG排出の範囲



## 2.2 スコープ3の取り組み状況

バリューチェーン上でのGHG排出量の把握は、測定方法の標準化と併せて、投資家などからの情報開示請求によって大きく進展している。GHG排出量の開示を推進する中心的存在の1つがCDP (Carbon Disclosure Project) である。CDPは企業の気候変動への戦略や温室効果ガスの排出量に関する公表を求めて、機関投資家が連携して2000年に設立されたが、2003年にFinancial Times Global 500に属する時価総額トップ500社を対象に調査をスタートして以来、各国別、地域別、セクター別といった形で調査対象を拡大し、総数で4,000社以上の企業を対象とした気候変動に関する回答(無回答を含む)状況を明らかにしている。CDPに参加して調査データを利用する機関投資家は2015年時点で822機関を超え、その運用資産総額は95兆ドルに上っており、CDPは企業の気候変動情報の開示を進める大きな力となっている(CDPのHPなど参照)。

日本企業については9回の調査が行われているが、2011年よりFTSE (Financial Times Stock Exchange) Japan Index を基準として500社が対象となっており、2014年度は233社が回答している。調査は気候変動管理、リスクと機会、排出量に関する14項目のアンケートによって行われている。スコープ3については、181社(82%)が回答しており、15の排出源カテゴリーについては、延べ1,217排出源について排出量を報告している。2013年の報告企業数170社、847排出源と比較すると、排出源が大きく増加しておりスコープ3に取り組む企業がその対象を広げていることがわかる(CDP, 2014, 8頁)。

2013年と2014年の発生源ごとのGHG排出量開示企業数は、図表1の項目に示した通りである。2014年には、各カテゴリーの開示企業数がほとんどの項目で増加しており、約半分のカテゴリーで開示企業数が5割を超えていることから、カーボン削減の先進企業の取り組みが進化していることがわかる。また、スコープ3の排出源については、バリューチェーンに関する他社との協働が行われていることが示されている。具体的には、グリーン調達方針・ガイドラインに基づく環境保全対策の依頼、アンケート・自己評価表などによる取り組み状況の確認および評価、削減策の協働実施が挙げられており、GHG排出量などのデータは、削減策の優先順位付け、サ

プライヤースコアカード、サプライチェーンのリスク管理・規制管理、新製品開発などに活用されている (CDP, 2014, 16-17頁)。

以上のように、GHG排出量の把握と企業によるその削減活動の中心は、スコープ1・2からスコープ3へ移行しており、スコープ3の各発生源の排出量を把握する企業も増加している。

### 3. カーボン会計マトリクス

#### 3.1 カーボン会計マトリクスのフレームワーク

バリューチェーン上でのGHG排出量の把握が進む中で、これを効率的に削減するためには、スコープ3を対象としたCMAもしくは環境管理会計が必要となる。本稿では、CMAとして筆者らが提案したカーボン会計マトリクスに焦点を当て (大森ほか, 2015), 実践的データを用いながらその有効性を検証する。

カーボン会計マトリクスは図表3で示される。本来、同マトリクスはカーボン・マネジメントのための予算管理システムの再構築を目的としているが、本稿では、その基本的機能であるバリューチェーンの経済面と環境面の評価機能を中心に考察する。図表3に示されている、製品 (良品) とマテリアルロスのコスト項目およびバリューチェーン (VC: Value Chain) 上の物量センター (QC: Quantity Center) の項目はMFCA (Material Flow Cost Accounting) で用いられている各概念にしたがっており、マテリアルコストは投入された原材料費など、システムコストは原材料を加工する際に投入された労務費、減価償却費など、エネルギーコストは燃料費、電力料など、廃棄物管理は廃棄物処理、リサイクル費用などを意味する。バリューチェーン上の事業者はVC<sub>1</sub>~VC<sub>n</sub>で示される。各VCにはQCが設定されるが、QCはマテリアルフローやエネルギーフローの分岐点もしくは変化点を意味し、コストはQCごとに把握される。

図表3 カーボン会計マトリックス

(単位: 通貨単位, t-CO<sub>2</sub>)

製品・ロス項目		活動				VC <sub>1</sub>				.....	VC <sub>n</sub>				VC <sub>1</sub> ~VC <sub>n</sub>	
		QC <sub>1</sub>	...	QC <sub>g</sub>	小計	.....	QC <sub>m</sub>	...	QC <sub>x</sub>	小計	総計					
製品 (良品)	マテリアルコスト		...			.....		...								
	システムコスト		...			.....		...								
	エネルギーコスト		...			.....		...								
マテリアルロス (内部負担環境ロス)	マテリアルコスト		...			.....		...								
	システムコスト		...			.....		...								
	エネルギーコスト		...			.....		...								
	廃棄物管理コスト		...			.....		...								
合計コスト			...			.....		...								
GHG排出量 (外部負担環境ロス)	スコープ1排出 (t-CO <sub>2</sub> )		...			.....		...								
	スコープ2排出 (t-CO <sub>2</sub> )		...			.....		...								
	スコープ3排出 (t-CO <sub>2</sub> )		...			.....		...								

QC: 物量センター

VC: バリューチェーン

出所: 大森ほか, 2015, 171頁に基づいて筆者作成

GHGはマテリアルやエネルギーのフローに伴って排出される。したがって、各QCのGHG排出項目には、スコープ1～3のGHG排出量が記入され、物量センターごとに製品、マテリアルロスのコスト発生額とGHG排出量が対応して示されることになる。また、それぞれのコスト項目とGHG排出量は、VCごとに集計されることから、VCを選択もしくは構成する際に必要なコスト・GHG排出情報が一覧で示されることになる。

### 3.2 カーボン会計マトリクスの特徴

CMAの領域では、Stechemesser and Guenther (2012) が指摘する通り、既に数多くの研究が存在する<sup>3</sup>。本稿で提示しているカーボン排出に関わる物量情報と貨幣情報に着目したBurritt, et. al. (2011), Schaltegger and Csutora (2012) などの研究は両者の関係性の重要性を指摘しており、特に後者はこうした関係性を示すCMAモデルをスコープ3にも拡張することを提唱している。ただし、そのための具体的なモデルの提唱には至っていない。もちろん、環境管理会計モデルもしくは環境マネジメントモデルの原形の1つともいえるエコビランツ(Ökobilanz) などでも、GHGを含むバリューチェーンを対象とした環境管理会計は提唱されていた(Braunschweig and Müller-Wenk, 1993)。そこで、本稿では、今後さらに大きくなることが予想される企業や社会へのGHGの削減要請に応えることのできる、より具体的なCMAモデルを提示した。

また、既に述べたように、カーボン会計マトリクスは、MFCAと環境予算マトリクスの仕組みを適用している。MFCAは環境負荷の多くがマテリアル・エネルギーフローから発生することに着目し、これに付随するコストに基づいた環境原価計算である。当初はマテリアル・エネルギーフロー原価計算と呼ばれていたことからわかる通り(八木, 1998, 1999など参照)、GHG排出量を把握しやすい計算構造となっている。バリューチェーンやスコープ3への展開については、古川(2009)、國部など(2012)による提案が行われているが、現状分析が中心となっている。もちろん、MFCA自体は図表4で示されるように、開発されたドイツでも、フローマネジメントの中心的ツールとして位置づけられており、その思考は現状分析だけでなく、資本予算、製品開発、マーケティングなどさまざまな適用が想定されている。本稿では、MFCAのフレームワークをバリューチェーン・マネジメントにおける意思決定ツールとして展開する。

環境予算マトリクスは、企業の環境保全活動に係る環境コストを、環境保全コスト、環境評価コスト、内部負担環境ロス、外部負担環境ロスに分類する。環境保全コストは環境問題の発

図表4 環境戦略と環境管理会計の対応例(ドイツ)

環境戦略	伝統的環境保全	環境マネジメント	フローマネジメント	戦略的環境経営
環境管理会計	・環境保全コスト	・VDIガイドライン3800 ・環境原価計算 ・環境統計法 ・環境会計情報開示	・エコ効率 ・MFCA ・ロスコスト会計 ・フロー資本予算 ・リソースコスト会計	・社会的コストの測定 ・エコバイオニア ・戦略的環境管理会計

MFCA : Material Flow Cost Accounting

出所 : Umweltbundesamt, 2003, S.6.5.21より筆者ら作成

<sup>3</sup> CMAに関する先行研究の詳細は、大森ほか、2015など参照。

生を予防し将来の支出を減少させるためのコスト、環境評価コストは環境に及ぼす影響を監視、点検、検査するためのコスト、内部負担環境ロス、環境保全対策や検査などが不十分であるために発生する廃棄物処理費、損害賠償などの企業が負担する損失であり、外部負担環境ロスは環境保全対策や検査などが不十分であるために発生する環境負荷もしくは環境損失である(伊藤, 2004, Ito, et. al., 2006など参照)。環境保全コストと環境評価コストは事前コスト、2つの環境ロスは事後コストであり、事前コストと事後コストはトレードオフの関係にある。ただし、本稿で提唱するカーボン会計マトリクスと同様に、環境予算マトリクスのフレームワークにMFCAの要素を導入した管理会計モデルは、伊藤(2011, 2013)によって提唱されているが、改善案の提案やバリューチェーンへの展開には至っていない。

#### 4. カーボン会計マトリクスの設定

##### 4.1 シミュレーションの条件

本稿では、カーボン会計マトリクスの有効性を明示するために実践的データを用いたシミュレーションを行うが、そのために、まず、以下に示す①～⑤の条件を設定する。なお、条件設定や使用データについては、食品加工工場にヒアリングを行い、実践性の確認を行った。

- ①VCを形成する企業は食品の製品生産企業(VC<sub>2</sub>)とその原料供給企業(VC<sub>1</sub>)の2社とする。
- ②製品生産企業はすべてのケースで北海道千歳市に立地し、原料供給企業はブラジルのサントス市と日本の鈴鹿市に立地する2つのケースを設定する。
- ③原料供給企業が製品生産企業に供給する原料は、製品生産企業に供給する割合を総重量で37%、購入額で50%とする。
- ④製品生産企業の生産効率、エネルギー効率はすべてのケースで同じであるが、原料供給メーカーの原料品質によって生産性が異なる。
- ⑤対象製品は消費者がお湯をかけて溶解した上で使用する。製品の包装材料は廃棄され、所定の廃棄場で処理される。

##### 4.2 設定シナリオ

①～⑤の条件のもとで、図表5に示す4つのケースのシナリオを設定する。ここでは、原料の品質、原料の価格、原料の移送距離、製品の輸送手段、包装材についてそれぞれ異なるシナリオを設定することで、これらがどのようにコスト、ロス、CO<sub>2</sub>の発生に影響を及ぼすかを明らかにし、カーボン会計マトリクスの有効性を確認することを目的とする。図表5にしたがって各ケースの特徴を説明すると以下の通りになる。なお、図表5の生産コストの欄は4つのケースの相対的な大きさを示している。

###### ケース1

ブラジルのサントス市にある原料供給企業A社から日本の製品生産企業E社に原料が提供されて製品が生産される。製法の精度が低いため生産コストは相対的に小さいが、原料に相対的に多くの不純物が混入している。そのため、E社は、不純物除去の工程を設ける必要があり、生産コストが相対的に大きい。

###### ケース2

ブラジルのサントス市にある原料供給企業B社から日本の製品生産企業F社に原料の一部が提

図表5 シナリオの特徴

	原料供給メーカー				製品製造メーカー			
	企業の種類	所在地	生産コスト	特徴	企業の種類	所在地	生産コスト	特徴
ケース1： 品質不良原料供給メーカー ↓ 製品製造メーカー	海外企業A	ブラジルサントス市	小	安価な原料を提供。不純物を含む原料のため次の工場で、より多くのコストが必要	日本国内企業E	北海道千歳市	大	不純物を含む原料のため多くのコストが必要
ケース2： 品質普通原料供給メーカー ↓ 製品製造メーカー	海外企業B	ブラジルサントス市	中	中程度の価格高価の原料を提供。不純物を多少含む原料のため次の工場で若干のコストが必要	日本国内企業F	北海道千歳市	中	不純物を含む原料のため多少のコストが必要
ケース3： 品質普通原料供給メーカー ↓ 製品製造メーカー	日本国内企業C	日本鈴鹿市	中～大	中程度の価格高価の原料を提供。不純物を多少含む原料のため次の工場で若干のコストが必要	日本国内企業G	北海道千歳市	中	不純物を含む原料のため多少のコストが必要
ケース4： 品質優良原料拠点 ↓ 製品製造メーカー	日本国内企業D	日本鈴鹿市	大	品質が高い原料を供給。生産にかかわるコストが増加。不純物を含まない原料	日本国内企業H	北海道千歳市	小	不純物を含まない原料のためコストが低い

出所：筆者ら作成

供されて製品が生産される。製法の精度は標準的（中程度）であり、生産コスト、不純物混入率も標準的（中程度）である。製品生産企業は不純物除去のために標準的（中程度）なコストがかかる。

### ケース3

日本の鈴鹿市にある原料供給企業C社から日本の製品生産企業G社に原料が提供されて製品が生産される。生産コスト、不純物混入率は標準的（中程度）であるが、ブラジルにある企業より生産コストは大きい。G社は不純物除去のために標準的（中程度）なコストがかかる。

### ケース4

日本の鈴鹿市にある原料供給企業D社から日本の製品生産企業H社に原料が提供されて製品が生産される。製法の精度は高く、不純物は発生しない。一方、生産コストは相対的に大きい。H社は不純物除去の必要がないため生産コストは小さい。

以上のケース1～4のシナリオに基づいて各ケースで発生するロス（内部負担環境ロス）、コスト、代表的GHGであるCO<sub>2</sub>に関する発生係数を図表6の通りに設定した。ここで、各係数は以下の通りに定義する。

#### ①ロス係数

ロスの発生率を示す。ヒアリング企業の実際の投入量に対するロスの割合を標準値とし、シナリオに応じて増減する。係数が大きいほどロス、コスト、CO<sub>2</sub>の発生率が高くなる。補章の計算式では、r3で示され、コスト計算とCO<sub>2</sub>排出量計算に係数として乗じられる。

図表6 ロス・コスト・CO<sub>2</sub>に関する発生係数

種類	指標	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
原料供給企業	ロス係数	1.6	1.4	1.5	1.5
	生産性負荷係数	0.85	0.9	0.9	0.9
	生産コスト係数	1	1.1	1.2	1.3
製品生産企業	ロス係数	1	1	1	1
	生産性負荷係数	1.4	1.1	1.05	0.9
	生産コスト係数	1.3	1.4	1.6	1.7

出所：筆者ら作成

## ⑧生産性負荷係数

生産性の効率を示す。ヒアリング企業の実際生産性の効率を標準値とし、シナリオに応じて増減する。係数が大きいほどコスト、CO<sub>2</sub>の発生率が高くなる。補章の計算式ではr5で示され、コスト計算とCO<sub>2</sub>排出量計算に係数として用いられる。

## ⑨生産コスト係数

生産コストの発生率を示す。ヒアリング企業の実際生産コストの発生率を標準値とし、シナリオに応じて増減する。係数が大きいほど、コスト、CO<sub>2</sub>の発生率が高くなる。補章の計算式ではr0で示され、コスト計算とCO<sub>2</sub>排出量計算に係数として用いられる。

## 4.3 計算のための条件

## ①MFCA

既に述べたとおり、カーボン会計マトリクスではMFCAの仕組みを適用している。カーボン会計マトリクスの製品、マテリアルロスの項目（金額）は、JISQ14051：2012を参考にして計算する（ISO, 2011）。QC<sub>1</sub>～QC<sub>3</sub>は原料供給企業であるVC<sub>1</sub>に、QC<sub>4</sub>～QC<sub>6</sub>は製品生産企業であるVC<sub>2</sub>に設けられている。

簡略化のために、製造工程での原材料の投入は各VCの最初の工程であるQC<sub>1</sub>とQC<sub>4</sub>のみで行われ、他のQCでは包装材のみが投入されることとした（具体的な計算方法は補章を参照）。また、QCの列に記載されている金額は各QCに新たに投入されたコストおよびロスコストが記入されている。ここで用いているコストデータはヒアリング企業のデータを参考にして、実践性の高いものとした。

②CO<sub>2</sub>排出量

カーボン会計マトリクスでは、スコープ1～3に対応してCO<sub>2</sub>排出量を把握している。スコープ3では、QCごとの設定が困難であったため、企業全体でCO<sub>2</sub>排出量を計算した。

スコープ1では、当該企業が製品を生産する際に消費する化石燃料からのCO<sub>2</sub>排出量を計算した。製品を生産する過程で生じる廃棄物、廃水を処理するためのCO<sub>2</sub>排出量もこれに該当する。スコープ2では各企業が電気を購入して使用する際に生じるCO<sub>2</sub>排出量を計算した。

スコープ3では、当該企業がサプライヤーから提供される原料の生産において消費されているエネルギー量に基づいてCO<sub>2</sub>排出量を計上した。また、排出される廃棄物を処理場まで運ぶための物流及び廃棄物処理で生じるCO<sub>2</sub>排出量も計上した。その他、製品を消費者のもとに運ぶ際に発生するCO<sub>2</sub>排出量、消費者が「使用段階」で消費する際に発生するCO<sub>2</sub>排出量、消費者



が製品包材を廃棄する際に発生するCO<sub>2</sub>排出量も計上した。

なお、各活動量からCO<sub>2</sub>排出量を推計する排出係数は、CFPコミュニケーションプログラム「基本データベースVer.1.01」「基本データベース海外ver.1.0」を用いた（CFPコミュニケーションプログラムHP）

## 5. カーボン会計マトリクスによる分析

### 5.1 シミュレーション

設定されたシナリオ，計算条件などにしたがって数値を導入したカーボン会計マトリクスの計算結果は，図表7で示される．それぞれのケースの特徴を示すと，以下の通りである。

#### ケース1：A社

生産コストの合計（180,016千円）は4つの原料供給企業の中で最も安い．原料費が安いのに加え，不純物除去にかかわる設備がないため，生産にかかわるエネルギーコストや処理コストも低くおさえられている．CO<sub>2</sub>排出量（365.8t-CO<sub>2</sub>）は，不純物除去を行わないことによって低減する一方，ロス発生による増加があり，スコープ1（3.1t-CO<sub>2</sub>），スコープ2（10.9t-CO<sub>2</sub>）ではケース2との大きな優位点は認められない．スコープ3もケース2とほぼ同じである．原料供給企業の顧客は企業であり，顧客使用や顧客廃棄物は工場内での使用や廃棄を指すが，いずれのケースも，計算の際にカットオフされるほど値は小さい．

#### ケース1：E社

生産コストの合計（327,159千円）は4つの製品生産企業の中で最も高い．不純物を多く含む原料を利用しているため，不純物除去にかかわる設備が必要である分，生産にかかわるエネルギーコストや処理コストが高い．CO<sub>2</sub>排出量（455.3t-CO<sub>2</sub>）は，不純物除去，ロス発生による増加があり，スコープ1（71.5t-CO<sub>2</sub>），スコープ2（55.9t-CO<sub>2</sub>）は，4つのケースの中で最も多い．

#### ケース2：B社

生産コストの合計（209,385千円）は4つの原料生産企業の中で2番目に安い．生産原料に中程度の不純物を含むが，不純物除去にかかわる処理を行わないため，コストが低くおさえられる．CO<sub>2</sub>排出は，スコープ1，スコープ2，スコープ3ともケース1とほぼ同程度である．

#### ケース2：F社

生産コストの合計（291,706千円）はケース1（E社）よりも低い．中程度の不純物を含む原料を利用しているため，不純物除去にかかわる設備が必要であり，その分エネルギーコストや処理コストが高くなっている．CO<sub>2</sub>排出量（417 t-CO<sub>2</sub>）は，不純物除去，ロス発生による増加がみられたが，E社よりは少ない．スコープ3では原材料と輸送（216.1t-CO<sub>2</sub>）でケース1に対する優位性が認められた．

#### ケース3：C社

生産コストの合計（219,498千円）はケース1（A社），ケース2（B社）よりも高い．中程度の不純物を含む原料を生産しているため，不純物除去設備が必要であり，エネルギーコストや処理コストが高くなっている．CO<sub>2</sub>排出量（375.9 t-CO<sub>2</sub>）は，ブラジルと日本では電気の排出係数が異なるため，スコープ2（74.0t-CO<sub>2</sub>）がケース1およびケース2よりも多くなっている．

#### ケース3：G社

生産コストの合計（287,452千円）はケース2（B社）と同等である．中程度の不純物を含む

図表7 ケース1 およびケース2のMFCA解析結果とCO2発生量の関係 (製品100 t)

ケース1

原料供給企業 (A社)

製品生産企業 (E社)

製品とロスの項目		活動				VC <sub>1</sub> /千円				VC <sub>2</sub> /千円				VC <sub>1</sub> +VC <sub>2</sub> 発生量
		QC <sub>1</sub>	QC <sub>2</sub>	QC <sub>3</sub>	小計	QC <sub>4</sub>	QC <sub>5</sub>	QC <sub>6</sub>	小計					
製品	マテリアルコスト	90,089	11,251	19,055	120,394	219,810	16,863	26,482	263,154	263,154				
	システムコスト	29,279	8,370	13,920	51,569	20,301	14,714	16,127	51,141	51,141				
	エネルギーコスト	55	102	98	255	4,156	40	-6	4,189	4,189				
マテリアルロス (内部負担 環境ロス)	マテリアルコスト	926	2,647	1,792	5,364	2,095	2,247	2,183	6,525	11,890				
	システムコスト	214	1,014	827	2,055	346	455	727	1,528	3,584				
	エネルギーコスト	1	4	4	9	71	55	60	185	194				
	廃棄物	91	175	103	369	206	110	119	436	805				
合計		120,655	23,564	35,798	180,016	246,984	34,484	45,692	327,159	334,957				
外部負担 環境ロス	スコープ1 (t-CO <sub>2</sub> )	1.7	0.6	0.9	3.2	67.5	1.5	2.4	71.5	75				
	スコープ2 (t-CO <sub>2</sub> )	3.3	4.3	3.3	10.9	42.5	8.9	4.5	55.9	67				
	スコープ3 (t-CO <sub>2</sub> )	メーカーの 原材料と輸送	273.6			273.6	221.2			221.2	494.8			
		製品の輸送	78.2			78.2	50.0			50.0	128.2			
		顧客使用	0			0	16.0			16.0	16.0			
顧客廃棄物		0			0	40.7			40.7	40.7				

ケース2

原料供給企業 (B社)

製品生産企業 (F社)

製品とロスの項目		活動				VC <sub>1</sub> /千円				VC <sub>2</sub> /千円				VC <sub>1</sub> +VC <sub>2</sub> 発生量
		QC <sub>1</sub>	QC <sub>2</sub>	QC <sub>3</sub>	小計	QC <sub>4</sub>	QC <sub>5</sub>	QC <sub>6</sub>	小計					
製品	マテリアルコスト	104,992	13,377	22,444	140,813	198,721	14,075	22,617	235,413	235,413				
	システムコスト	34,108	9,811	16,331	60,250	17,467	12,728	14,054	44,249	44,249				
	エネルギーコスト	58	109	105	271	3,251	33	4	3,287	3,287				
マテリアルロス (内部負担 環境ロス)	マテリアルコスト	916	2,794	1,813	5,523	2,285	2,442	2,157	6,884	12,407				
	システムコスト	212	1,109	828	2,150	377	383	512	1,272	3,422				
	エネルギーコスト	1	4	4	8	70	42	38	150	158				
	廃棄物	90	181	97	369	225	118	107	450	819				
合計		140,377	27,386	41,623	209,385	222,396	29,819	39,490	291,706	299,757				
外部負担 環境ロス	スコープ1 (t-CO <sub>2</sub> )	1.8	0.6	0.9	3.3	49.9	1.2	1.9	52.9	56				
	スコープ2 (t-CO <sub>2</sub> )	3.1	4.2	3.1	10.5	31.4	6.6	3.3	41.3	52				
	スコープ3 (t-CO <sub>2</sub> )	メーカーの 原材料と輸送	272.5			272.5	216.1			216.1	488.6			
		製品の輸送	78.2			78.2	50.0			50.0	128.2			
		顧客使用	0			0	16.0			16.0	16.0			
顧客廃棄物		0			0	40.7			40.7	40.7				

製品とロスの項目		原料供給企業 (C社)				製品生産企業 (G社)				VC <sub>1</sub> +VC <sub>2</sub> 発生量	
		VC <sub>1</sub> /千円				VC <sub>2</sub> /千円					
		QC <sub>1</sub>	QC <sub>2</sub>	QC <sub>3</sub>	小計	QC <sub>4</sub>	QC <sub>5</sub>	QC <sub>6</sub>	小計		
製品	マテリアルコスト	120,288	15,468	25,717	161,473	190,821	14,650	23,469	228,941	228,941	
	システムコスト	27,843	8,024	13,303	49,170	18,174	13,289	14,647	46,109	46,109	
	エネルギーコスト	61	114	109	284	3,100	35	5	3,139	3,139	
マテリアルロス (内部負担 環境ロス)	マテリアルコスト	1,083	3,065	2,082	6,230	2,475	2,549	2,329	7,353	13,583	
	システムコスト	251	914	744	1,909	408	363	522	1,294	3,203	
	エネルギーコスト	1	4	4	9	70	36	36	141	151	
	廃棄物	107	199	117	423	244	118	114	476	899	
合計		149,633	27,789	42,076	219,498	215,291	31,040	41,122	287,452	296,023	
外部負担 環境ロス	スコープ 1 (t-CO <sub>2</sub> )	1.8	0.6	0.9	3.3	46.2	1.1	1.8	49.0	52	
	スコープ 2 (t-CO <sub>2</sub> )	22.2	29.6	22.2	74.0	29.0	6.1	3.1	38.2	112	
	スコープ 3 (t-CO <sub>2</sub> )	メーカーの 原材料と輸送	273.0			273.0	215.9			215.9	488.9
		製品の輸送	25.6			25.6	50.0			50.0	75.6
		顧客使用	0			0	16.0			16.0	16.0
		顧客廃棄物	0			0	40.7			40.7	40.7

製品とロスの項目		原料供給企業 (D社)				製品生産企業 (H社)				VC <sub>1</sub> +VC <sub>2</sub> 発生量	
		VC <sub>1</sub> /千円				VC <sub>2</sub> /千円					
		QC <sub>1</sub>	QC <sub>2</sub>	QC <sub>3</sub>	小計	QC <sub>4</sub>	QC <sub>5</sub>	QC <sub>6</sub>	小計		
製品	マテリアルコスト	130,478	16,891	28,139	175,508	176,847	13,216	21,452	211,515	21,452	
	システムコスト	30,201	8,754	14,588	53,544	16,866	12,342	13,609	42,817	42,817	
	エネルギーコスト	61	114	111	286	2,656	30	5	2,691	2,691	
マテリアルロス (内部負担 環境ロス)	マテリアルコスト	1,007	3,187	1,976	6,170	2,357	2,755	2,504	7,615	13,785	
	システムコスト	233	929	629	1,791	389	335	476	1,199	2,991	
	エネルギーコスト	0	4	3	8	61	31	30	122	130	
	廃棄物	99	203	99	401	232	127	122	481	882	
合計		162,081	30,082	45,546	237,709	199,407	28,835	38,197	266,440	247,810	
外部負担 環境ロス	スコープ 1 (t-CO <sub>2</sub> )	1.8	0.6	0.9	3.3	37.0	0.9	1.5	39.4	43	
	スコープ 2 (t-CO <sub>2</sub> )	22.2	29.6	22.2	74.0	23.2	4.9	2.4	30.5	104	
	スコープ 3 (t-CO <sub>2</sub> )	メーカーの 原材料と輸送	273.0			273.0	215.3			215.3	488.3
		製品の輸送	25.6			25.6	50.0			50.0	75.6
		顧客使用	0			0	16.0			16.0	16.0
		顧客廃棄物	0			0	40.7			40.7	40.7

出所：筆者ら作成

原料を生産しているため、不純物除去にかかわる設備が必要であり、エネルギーコストや処理コストが高くなっている。CO<sub>2</sub>排出量 (409.8 t-CO<sub>2</sub>) は、ケース 2 (F社) と大きな差はない。  
 ケース 4 : D社

生産コストの合計 (237,709千円) は4つのケースの中で最も高い。原料が高い上に、不純物を含む原料を生産しているため、不純物除去にかかわる設備が必要であり、エネルギーコストや処理コストが高くなっている。CO<sub>2</sub>排出量 (375.9t-CO<sub>2</sub>) は、ケース 3 (C社) と同等である。  
 ケース 4 : H社

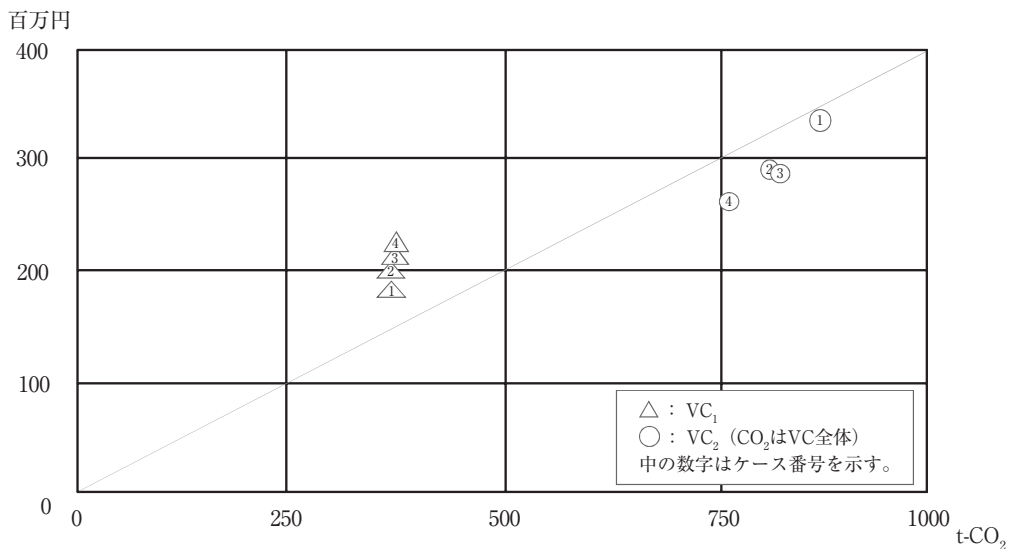
生産コストの合計 (266,440千円) は4つのケースの中で最も低い。不純物除去にかかわる設備が必要ないため、エネルギーコストや処理コストが低くなっている。CO<sub>2</sub>排出量 (391.9t-CO<sub>2</sub>) は、4つのケースの中で最も低い。

### 5. 分析結果

カーボン会計マトリクスのシミュレーション結果はあくまで仮設例であるが、バリューチェーンのマテリアル・エネルギーフローに基づいた製品 (良品) とロスのコスト構造およびCO<sub>2</sub>の発生状況をマトリクス上で可視化することができる。環境保全とコスト削減の同時達成もしくは両者のバランスを考慮した戦略構築には有効なツールといえる。

設定例では、原料の価格、質、輸送距離などが製品製造企業のコスト構造、生産性、ロス発生量、CO<sub>2</sub>発生量などに影響を及ぼしていることが読み取れ、コストと環境面からの問題点や改善点をバリューチェーン全体で明示することができる。また、マテリアルやエネルギーと、ロス、環境負荷、コストなどの関係が係数化されていることから、VC案の策定・比較・意思決定に加えて、コストとCO<sub>2</sub>排出量の削減などの経常的なバリューチェーン・マネジメントにも適用できる可能性がある。

図表 8 カーボン会計マトリクスによる分析例



出所：筆者ら作成

たとえば，図表8は，ケース（ $VC_1$ ， $VC_2$ ）ごとのコストと $CO_2$ 排出量の関係を示したグラフである．原料供給企業である $VC_1$ に着目した場合には，ケース1が経済面・環境面で優れているように見えるが，VC全体でみた場合には，ケース4が両面の最もバランスの良いバリューチェーンになっていることが分かる．

## 6. おわりに

本稿では，筆者らが提示したカーボン会計マトリクスの有効性と適用可能性について実践的データを用いて明らかにした．GHGの排出量削減に向けて世界的な取り組みが進み，政府，投資家，消費者，債権者，取引先といったステークホルダーからの企業への削減要求が高まっていく中で，省GHG型の経営は，省エネ・省資源や排出量削減などとどまらず，企業評価を高め，商品の売り上げを伸ばし，経営効率を高めたりするいわゆる環境CSV（Creating Shared Value）の要素が注目を浴びている．その中で，バリューチェーンを対象とした環境マネジメントやGHG排出量削減活動は重要な課題となっている．

日本企業でもスコープ3に関する取組みは始まっているが，まだ，サプライヤーの評価や調達コードの運用などにとどまっており，バリューチェーン上の企業が共同した取り組みはこれからの課題である．本稿で提示したカーボン会計マトリクスは，マテリアルフローとエネルギーフローに着目してバリューチェーン全体のロスと $CO_2$ の削減を図る取り組みであり，こうした課題を解決するCMAモデルの1つとして位置づけられる．

もちろん，カーボン会計マトリクスはその最も基本的なフレームワークと利用方法が示されたにすぎないことから，今後は，さらに多くの企業が関わるバリューチェーン，マクロ・メソレベルのGHGデータとのリンク，製品開発や資本予算への適用，他の環境負荷への拡張，環境影響評価とのリンクといったさまざまな展開の可能性が期待される．

## 7. 補章：カーボン会計マトリクスの計算についての捕捉説明

### 7.1 利用データ

- ①日本とブラジルの人件費，エネルギー費は以下の文献から求めた．人件費はブラジルが日本の1.4倍，その他は日本と同等とした．Harold L. Sirkin, et. al. (2014)
- ②トラック輸送にかかわる費用は以下の文献から求め，20円/tkmとした．小西葉子ほか（2012）

### 7.2 QCの計算式

#### QC1

新規投入品	$PM_i = (R2_i \times M_i + \alpha 1_i \times B_i) \times r5_i \times r3_i \times r2_i \times r4_i$
	$PS_i = S_i \times \alpha 2_i \times r5_i \times r3_i \times r2_i \times r1_i$
	$PE_i = R2_i \times (\alpha 3_i \times E_i + \alpha 4_i \times W_i) \times 1000 \times r5_i \times r3_i \times r2_i$
負の製品	$NM_i = R1_i \times M_i + \alpha 1_i \times B_i \times R1_i / R2_i$
	$NS_i = S_i \times \alpha 2_i \times R1_i / R2_i$
	$NE_i = R_i \times (\alpha 3_i \times E_i + \alpha 4_i \times W_i) \times 1000$

B <sub>1</sub> : 経費=基準値×r0 <sub>1</sub>	円/総計
経費(一部)=基準値×r0 <sub>1</sub>	円/総計
補助材料費(一部)=基準値×r0 <sub>1</sub>	円/総計
α1 <sub>1</sub> : 配賦率:補助材料費配賦	
M <sub>1</sub> : 材料費=基準値×r0 <sub>1</sub>	円/kg
S <sub>1</sub> : システム費=基準値×r0 <sub>1</sub>	円/総計
α2 <sub>1</sub> : 配賦率:システム配賦:QC1工程	
E <sub>1</sub> : 電気費	円/g
α3 <sub>1</sub> : 配賦率:電気配賦:QC1工程	
W <sub>1</sub> : 水費	円/g
α4 <sub>1</sub> : 配賦率:水配賦:QC1工程	
U <sub>1</sub> : リサイクル費	円
D <sub>1</sub> : 廃棄物処理費	円/kg

r0 <sub>1</sub>	: 生産にかかわるコスト高	
r1 <sub>1</sub>	: ブラジル補正(人件費):ブラジルの人件費1.4、日本1.0	
r2 <sub>1</sub>	: ブラジル補正(その他):ブラジル1.0あるいは1.1、日本1.0	
r3 <sub>1</sub>	: ロスにかかわる重みづけ	
r4 <sub>1</sub>	: 原料使用率:原料供給企業=1.0、製品生産企業=0.75	
r5 <sub>1</sub>	: 生産性の重みづけ	
R1 <sub>1</sub>	: ロス量	kg
R2 <sub>1</sub>	: 投入量	kg

QC2

新規投入品	$PM_2 = M_2 \times r5_2 \times r3_2 \times r2_2$
	$PS_2 = S_2 \times \alpha 2_2 \times r5_2 \times r3_2 \times r2_2 \times r1_2$
	$PE_2 = R2_2 \times (\alpha 3_2 \times E_2 + \alpha 4_2 \times W_2) \times 1000 \times r5_2 \times r3_2 \times r2_2$

前行程製品	$RM_2 = PM_1 - NM_1$
	$RS_2 = PS_1 - NS_1$
	$RE_2 = PE_1 - NE_1$

負の製品	$NM_2 = R1_2 \times M_2 + \alpha 1_2 \times B_2 \times R1_2 / R2_2 + C_2$
	$NS_2 = (PS_1 - NS_1 + PS_2) \times R1_2 / R2_2$
	$NE_2 = (PE_1 - NE_1 + PE_2) \times R1_2 / R2_2$

B <sub>2</sub> : 経費=基準値×r0 <sub>2</sub>	円/総計
経費(一部)=基準値×r0 <sub>2</sub>	円/総計
補助材料費(一部)=基準値×r0 <sub>2</sub>	円/総計
α1 <sub>2</sub> : 配賦率:補助材料費配賦	
M <sub>2</sub> : 材料費:包装1 トータル=基準値×r0 <sub>2</sub>	円/kg
C <sub>2</sub> : 包装材料ロス費:包装1=基準値×r0 <sub>2</sub>	円/総計
S <sub>2</sub> : システム費=基準値×r0 <sub>2</sub>	
α2 <sub>2</sub> : 配賦率:システム配賦:QC2工程	円/g
E <sub>2</sub> : 電気費	
α3 <sub>2</sub> : 配賦率:電気配賦:QC2工程	円/g
W <sub>2</sub> : 水費	
α4 <sub>2</sub> : 配賦率:水配賦:QC2工程	円
U <sub>2</sub> : リサイクル費	円/kg

r0 <sub>2</sub>	: 生産にかかわるコスト高	
r1 <sub>2</sub>	: ブラジル補正(人件費):ブラジルの人件費1.4、日本1.0	
r2 <sub>2</sub>	: ブラジル補正(その他):ブラジル1.0あるいは1.1、日本1.0	
r3 <sub>2</sub>	: ロスにかかわる重みづけ	
r4 <sub>2</sub>	: 原料使用率:原料供給企業=1.0、製品生産企業=0.75	
r5 <sub>2</sub>	: 生産性の重みづけ	
R1 <sub>2</sub>	: ロス量	kg
R2 <sub>2</sub>	: 投入量	kg

QC3

新規投入品	$PM_3 = M_3 \times r5_3 \times r3_3 \times r2_3$
	$PS_3 = S_3 \times \alpha 2_3 \times r5_3 \times r3_3 \times r2_3 \times r1_3$
	$PE_3 = R2_3 \times (\alpha 3_3 \times E_3 + \alpha 4_3 \times W_3) \times 1000 \times r5_3 \times r3_3 \times r2_3$
前行程製品	$RM_3 = PM_2 + RM_2 - NM_2$
	$RS_3 = PS_2 + RS_2 - NS_2$
	$RE_3 = PE_2 + RE_2 - NE_2$
負の製品	$NM_3 = R1_3 \times M_3 + \alpha 1_3 \times B_3 \times R1_3 / R2_3 + C_3$
	$NS_3 = (PS_2 + RS_2 - NS_2 + PS_3) \times R1_2 / R2_2$
	$NE_3 = (PE_2 + RE_2 - NE_2 + PE_3) \times R1_2 / R2_2$

B <sub>3</sub> : 経費=基準値×r <sub>03</sub>	円/総計
経費(一部)=基準値×r <sub>03</sub>	円/総計
補助材料費(一部)=基準値×r <sub>03</sub>	円/総計
α <sub>13</sub> : 配賦率:補助材料費配賦	
M <sub>3</sub> : 材料費:包装2 トータル=基準値×r <sub>03</sub>	円/kg
C <sub>3</sub> : 包装材料ロス費:包装2=基準値×r <sub>03</sub>	円/総計
S <sub>3</sub> : システム費=基準値×r <sub>03</sub>	
α <sub>23</sub> : 配賦率:システム配賦:QC3工程	円/g
E <sub>3</sub> : 電気費	
α <sub>33</sub> : 配賦率:電気配賦:QC3工程	円/g
W <sub>3</sub> : 水費	
α <sub>43</sub> : 配賦率:水配賦:QC3工程	円
U <sub>3</sub> : リサイクル費	円/kg

r <sub>03</sub>	:生産にかかわるコスト高
r <sub>13</sub>	:ブラジル補正(人件費):ブラジルの人件費1.4、日本1.0
r <sub>23</sub>	:ブラジル補正(その他)::ブラジル1.0あるいは1.1、日本1.0
r <sub>33</sub>	:ロスにかかわる重みづけ
r <sub>43</sub>	:原料使用率:原料供給企業=1.0、製品生産企業=0.75
r <sub>53</sub>	:生産性の重みづけ
R <sub>13</sub>	:ロス量
R <sub>23</sub>	:投入量

QC4

新規投入品	$PM_1 = (A_1 \times r4_1 + L1_1 \times V_1 \times R2_1 / 1000 + L2_1 \times T_1 \times R2_1 / 1000)$
	$PS_1 = S_1 \times \alpha 2_1 \times r5_1 \times r3_1 \times r2_1 \times r1_1$
	$PE_1 = R2_1 \times (\alpha 3_1 \times E_1 + \alpha 4_1 \times W_1 + \alpha 5_1 \times G_1) \times 1000 \times r5_1 \times r3_1 \times r2_1$
負の製品	$NM_1 = R1_1 \times M_1 + \alpha 1_1 \times B_1 \times R1_1 / R2_1$
	$NS_1 = S_1 \times \alpha 2_1 \times R1_1 / R2_1$
	$NE_1 = R_1 \times (\alpha 3_1 \times E_1 + \alpha 4_1 \times W_1 + \alpha 5_1 \times G_1) \times 1000$

B <sub>1</sub> : 経費=基準値×r <sub>01</sub>	円/総計
経費(一部)=基準値×r <sub>01</sub>	円/総計
補助材料費(一部)=基準値×r <sub>01</sub>	円/総計
α <sub>11</sub> : 配賦率:補助材料費配賦	
M <sub>1</sub> : 材料費=基準値×r <sub>01</sub>	円/kg
S <sub>1</sub> : システム費=基準値×r <sub>01</sub>	円/総計
α <sub>21</sub> : 配賦率:システム配賦:QC4工程	
E <sub>1</sub> : 電気費	円/g
α <sub>31</sub> : 配賦率:電気配賦:QC4工程	

W <sub>1</sub> : 水費	円/g
α 4 <sub>1</sub> : 配賦率:水配賦:QC4工程	
U <sub>1</sub> : リサイクル費	円
G <sub>1</sub> :ガス	円/g
α 5 <sub>1</sub> :配賦率:ガス配賦率:QC4工程	
D <sub>1</sub> : 廃棄物処理費	円/kg
T <sub>1</sub> : 原料&製品 輸送(トラック)	円/tkm
V <sub>1</sub> : 原料&製品 輸送(船)	円/tkm
H <sub>1</sub> : 出荷	tkm/kg製品
A :原料供給メーカーの原料価格	

L1	:ブラジル～横浜	23154 km
L2	:横浜～千歳	1079 km
L3	:鈴鹿～千歳	1439 km

r0 <sub>1</sub>	:生産にかかわるコスト高	円/tkm
r1 <sub>1</sub>	:ブラジル補正(人件費)	
r2 <sub>1</sub>	:ブラジル補正(その他)	円/tkm
r3 <sub>1</sub>	:ロスにかかわる重みづけ	
r4 <sub>1</sub>	:原料使用率:原料供給企業=1.0、製品生産企業=0.75	
r5 <sub>1</sub>	:生産性の重みづけ	tkm/kg製品
R1 <sub>1</sub>	:ロス量	
R2 <sub>1</sub>	:投入量	円/総計

QC5

新規投入品	$PM_2 = M_2 \times r5_2 \times r3_2 \times r2_2$
	$PS_2 = S_2 \times \alpha 2_2 \times r5_2 \times r3_2 \times r2_2 \times r1_2$
	$PE_2 = R2_2 \times (\alpha 3_2 \times E_2 + \alpha 4_2 \times W_2 + \alpha 5_1 \times G_2) \times 1000 \times r5_2 \times r3_2 \times r2_2$

前行程製品	$RM_2 = PM_1 - NM_1$
	$RS_2 = PS_1 - NS_1$
	$RE_2 = PE_1 - NE_1$

負の製品	$NM_2 = R1_2 \times M_2 + \alpha 1_2 \times B_2 \times R1_2 / R2_2 + C_2$
	$NS_2 = (PS_1 - NS_1 + PS_2) \times R1_2 / R2_2$
	$NE_2 = (PE_1 - NE_1 + PE_2) \times R1_2 / R2_2$

B <sub>2</sub> : 経費=基準値×r0 <sub>2</sub>	円/総計
経費(一部)=基準値×r0 <sub>2</sub>	円/総計
補助材料費(一部)=基準値×r0 <sub>2</sub>	円/総計
α 1 <sub>2</sub> : 配賦率:補助材料費配賦	
M <sub>2</sub> : 材料費:包装1 トータル=基準値×r0 <sub>2</sub>	円/kg
C <sub>2</sub> : 包装材料ロス費:包装1=基準値×r0 <sub>2</sub>	円/総計
S <sub>2</sub> : システム費=基準値×r0 <sub>2</sub>	
α 2 <sub>2</sub> : 配賦率:システム配賦:QC5工程	円/g
E <sub>2</sub> : 電気費	
α 3 <sub>2</sub> : 配賦率:電気配賦:QC5工程	円/g
W <sub>2</sub> : 水費	



$\alpha 4_2$ : 配賦率:水配賦:QC5工程	円
$G_2$ : ガス	円/g
$\alpha 5_2$ : 配賦率:ガス配賦率:QC5工程	
$U_2$ : リサイクル費	円/kg
$T_2$ : 原料&製品 輸送(トラック)	
$V_2$ : 原料&製品 輸送(船)	
$H_3$ : 出荷	

L1	: ブラジル～横浜	23154 km
L2	: 横浜～千歳	1079 km
L3	: 鈴鹿～千歳	1439 km

$r0_2$	: 生産にかかわるコスト高	
$r1_2$	: ブラジル補正(人件費)	
$r2_2$	: ブラジル補正(その他)	
$r3_2$	: ロスにかかわる重みづけ	
$r4_2$	: 原料使用率:原料供給企業=1.0、製品生産企業=0.75	
$r5_2$	: 生産性の重みづけ	
$R1_2$	: ロス量	kg
$R2_2$	: 投入量	kg

QC6

新規投入品	$PM_3 = M_3 \times r5_3 \times r3_3 \times r2_3$
	$PS_3 = S_3 \times \alpha 2_3 \times r5_3 \times r3_3 \times r2_3 \times r1_3$
	$PE_3 = R2_3 \times (\alpha 3_3 \times E_3 + \alpha 4_3 \times W_3 + \alpha 5_3 \times G_3) \times 1000 \times r5_3 \times r3_3 \times r2_3$

前行程製品	$RM_3 = PM_2 + RM_2 - NM_2$
	$RS_3 = PS_2 + RS_2 - NS_2$
	$RE_3 = PE_2 + RE_2 - NE_2$

負の製品	$NM_3 = R1_3 \times M_3 + \alpha 1_3 \times B_3 \times R1_3 / R2_3 + C_3$
	$NS_3 = (PS_2 + RS_2 - NS_2 + PS_3) \times R1_2 / R2_2$
	$NE_3 = (PE_2 + RE_2 - NE_2 + PE_3) \times R1_2 / R2_2$

$B_3$ : 経費=基準値× $r0_3$	円/総計
経費(一部)=基準値× $r0_3$	円/総計
補助材料費(一部)=基準値× $r0_3$	円/総計
$\alpha 1_3$ : 配賦率:補助材料費配賦	
$M_3$ : 材料費:包装2 トータル=基準値× $r0_3$	円/kg
$C_3$ : 包装材料ロス費:包装2=基準値× $r0_3$	円/総計
$S_3$ : システム費=基準値× $r0_3$	
$\alpha 2_3$ : 配賦率:システム配賦:QC6工程	円/g
$E_3$ : 電気費	
$\alpha 3_3$ : 配賦率:電気配賦:QC6工程	円/g
$W_3$ : 水費	

$\alpha 4_3$ : 配賦率:水配賦:QC6工程	円
$G_3$ : ガス	円/g
$\alpha 5_3$ : 配賦率:ガス配賦率:QC6工程	
$U_3$ : リサイクル費	円/kg
$T_3$ : 原料&製品 輸送(トラック)	
$V_3$ : 原料&製品 輸送(船)	
$H_3$ : 出荷	

L1	:ブラジル～横浜	23154 km
L2	:横浜～千歳	1079 km
L3	:鈴鹿～千歳	1439 km

$r0_3$	:生産にかかわるコスト高	
$r1_3$	:ブラジル補正(人件費)	
$r2_3$	:ブラジル補正(その他)	
$r3_3$	:ロスにかかわる重みづけ	
$r4_3$	:原料使用率:原料供給企業=1.0、製品生産企業=0.75	
$r5_3$	:生産性の重みづけ	
$R1_3$	:ロス量	kg
$R2_3$	:投入量	kg

7.3 ケース1の計算例

ケース	表	単位	合計
001	B <sub>1</sub> : 経費	円/総計	10,292,547
	B <sub>2</sub> : 経費	円/総計	1,649,122
	B <sub>3</sub> : 経費	円/総計	333,333
	B <sub>4</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>5</sub> : 経費	円/総計	26,174,899
	B <sub>6</sub> : 経費	円/総計	48,196,207
	B <sub>7</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>8</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>9</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>10</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>11</sub> : 経費	円/総計	2,395
	B <sub>12</sub> : 経費	円/総計	17,212
002	B <sub>1</sub> : 経費	円/総計	10,292,547
	B <sub>2</sub> : 経費	円/総計	1,649,122
	B <sub>3</sub> : 経費	円/総計	333,333
	B <sub>4</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>5</sub> : 経費	円/総計	17,949,959
	B <sub>6</sub> : 経費	円/総計	1,473,003
	B <sub>7</sub> : 経費	円/総計	48,196,207
	B <sub>8</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>9</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>10</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>11</sub> : 経費	円/総計	4,395
	B <sub>12</sub> : 経費	円/総計	17,129
003	B <sub>1</sub> : 経費	円/総計	10,292,547
	B <sub>2</sub> : 経費	円/総計	1,649,122
	B <sub>3</sub> : 経費	円/総計	333,333
	B <sub>4</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>5</sub> : 経費	円/総計	26,174,899
	B <sub>6</sub> : 経費	円/総計	48,196,207
	B <sub>7</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>8</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>9</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>10</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>11</sub> : 経費	円/総計	2,895
	B <sub>12</sub> : 経費	円/総計	17,029
004	B <sub>1</sub> : 経費	円/総計	13,390,311
	B <sub>2</sub> : 経費	円/総計	2,143,859
	B <sub>3</sub> : 経費	円/総計	433,333
	B <sub>4</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>5</sub> : 経費	円/総計	34,897,039
	B <sub>6</sub> : 経費	円/総計	1,654,064
	B <sub>7</sub> : 経費	円/総計	63,955,848
	B <sub>8</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>9</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>10</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>11</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>12</sub> : 経費	円/総計	0
005	B <sub>1</sub> : 経費	円/総計	13,390,311
	B <sub>2</sub> : 経費	円/総計	2,143,859
	B <sub>3</sub> : 経費	円/総計	433,333
	B <sub>4</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>5</sub> : 経費	円/総計	35,296,079
	B <sub>6</sub> : 経費	円/総計	1,844,900
	B <sub>7</sub> : 経費	円/総計	63,955,848
	B <sub>8</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>9</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>10</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>11</sub> : 経費	円/総計	0
	B <sub>12</sub> : 経費	円/総計	179,353

(謝辞) 本稿は、平成25~27年度科学研究費「基盤研究 (B)」(課題番号: 25285137) の研究成果の一部である。

## 参 考 文 献

- 伊藤嘉博 (2004) 「環境予算マトリックス」 國部克彦編著・経済産業省産業技術環境局監修『環境管理会計入門—理論と実践—』産業環境管理協会, 116-137頁.
- 伊藤嘉博 (2011) 「環境配慮型業務改善を支援する環境管理会計」 植田和弘, 國部克彦責任編集『環境経営意思決定を支援する会計システム』第3章, 中央経済社, 51-67頁.
- 伊藤嘉博 (2013) 「MFCAの操作性向上を支援する品質コストアプローチ」『会計』第184巻第2号, 1-16頁.
- 大森明, 八木裕之, 丸山佳久 (2015) 「カーボン・マネジメントのためのマテリアルフローコスト会計」 小口好昭編『会計と社会』第7章, 中央大学出版.
- 環境省 (2015) 『サプライチェーンを通じた温室効果ガス排出量算定に関する基本ガイドライン』環境省.
- 環境省 (2015) 『平成25年度環境にやさしい企業行動調査』環境省.
- グリーンIT推進協議会分析委員会 (2013) 『グリーンIT推進協議会調査分析委員会総合報告書 (2008年度～2012年度) ～低炭素社会に向けたグリーンITの貢献～』グリーンIT推進協議会分析委員会.
- 國部克彦, 測上智子, 山田明寿 (2012) 「MFCAとCFPの統合モデルの開発」『環境管理』第48巻第2号, 48-55頁.
- 小西葉子・文世一・西山慶彦・成知恩 (2012) 「経済変動の需要要因と供給要因への分解: 理論と実証分析」 産業・企業生産性向上プログラム (第三期: 2011～2015年度), 経済産業研究所.
- 日本LCA学会 (2015) 『温室効果ガス排出削減貢献量算定ガイドライン』日本LCA学会.
- 古川芳邦 (2009) 「マテリアルフローコスト会計—その手法的特徴とカーボン・マネジメントへの応用展開—」 藤井良広編著『カーボン債務の理論と実務—算定・評価・開示・マネジメント—』中央経済社, 121-147頁.
- 八木裕之 (1995) 「環境負荷の測定と評価に関する一考察」『経済学論纂』第36巻第1・2号, 203-221頁.
- 八木裕之 (1998) 「環境情報システムと会計情報システム」『商大論集』第50巻第2・3号, 183-203頁.
- 八木裕之 (1999) 「環境コスト概念の分析—物質・エネルギーフローの観点から—」『会計』第156巻第2号, 98-109頁.
- Braunschweig and A. Müller-Wenk, R. (1993) *Ökobilanz für Unternehmen*, Haupt.
- Burritt, R. L., Schaltegger, S. and Zvezdov, D., 2011, Carbon Management Accounting: Explaining Practice in Leading German Companies, *Australian Accounting Review*, 55(21), pp. 80-98.
- Bundesumweltministerium, Umweltbundesamt (Hrsg.) (2003) *Leitfaden Betriebliches Umweltkostenmanagement*, Umweltbundesamt.
- Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) (2011) *Corporate Value Chain (Scope3) Accounting and Reporting Standard*, GHG Protocol.
- Harold L. Sirkin, Michael Zinser, and Justin Rose (2014), *The Shifting Economics of Global Manufacturing—How Cost Competitiveness Is Changing Worldwide*, The Boston Consulting Group.
- ICCA (International Council of Chemical Associations) /WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) Chemicals (2013), *Addressing the Avoided Emissions Challenge*, ICCA, WBCSD Chemicals.
- IPCC (2014) (The Intergovernmental Panel on Climate Change) *Climate Change 2014 Synthesis Report*. IPCC.
- ISO (International Organization for Standardization) (2011) *ISO14051:2011(E), Environmental Management – Material Flow Cost Accounting– General*, ISO.
- Framework, First ed., ISO, Geneva (日本工業標準調査会 (2012) 『JIS Q 14051 : 2012 (ISO14051:2011) 環境マネジメント—マテリアルフローコスト会計— 一般的枠組み』日本規格協会).
- ISO (2013), *ISO/TR14069:2013 Greenhouse gases -- Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations -- Guidance for the application of ISO 14064-1*, ISO.
- Ito, Y., Yagi, H. and Omori, A. (2006) The Green-Budget Matrix Model: Theory and Cases in Japanese Companies, Schaltegger, S., Bennett, M. and Burritt, R. (eds.), *Sustainability Accounting and Reporting*, Springer, Dordrecht, 355-372.
- Schaltegger, S. and Csutora, M. (2012) Carbon Accounting for Sustainability and Management: Status Quo and Challenges, *Journal of Cleaner Production*, 12, pp. 1-16.
- Stechemesser, K. and Guenther, E. (2012) Carbon Accounting: A Systematic Literature Review, *Journal of Cleaner Production*, 36, pp.17-38.

### 参考URL

- CFPコミュニケーションプログラムURL (<http://www.cfp-japan.jp/>, 2015年9月18日アクセス)  
環境省「2020年に向けた我が国の新たな温室効果ガス排出削減目標」(<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/ert2020.html>, 2015年9月18日アクセス)  
CDP (Carbon Disclosure Project) URL (<https://www.cdp.net/en-US/Pages/HomePage.aspx>, 2015年9月18日アクセス)

〔やぎ ひろゆき 横浜国立大学大学院国際社会科学研究院教授〕  
〔ばば ふみお 横浜国立大学大学院国際社会科学研究院博士課程後期〕  
〔おおもり あきら 横浜国立大学大学院国際社会科学研究院教授〕  
〔2015年9月25日受理〕