

LCA及びマテリアルフローコスト会計による 農産物用輸送資材の評価

瀬脇康弘¹・松本 亨²・大石高也³・馬場紀子⁴・江島亜祐子⁴・
白石敏則³・椎木伸幸³

¹学生会員 北九州市立大学大学院 国際環境工学研究科 (〒808-0135 北九州市若松区ひびきの1-1)
E-mail:e5402801@hibikino.nc.jp

²正会員 北九州市立大学教授 国際環境工学部環境生命工学科 (〒808-0135 北九州市若松区ひびきの1-1)
E-mail:matsumoto-t@env.kitakyu-u.ac.jp

³大石産業株式会社

⁴福岡県農業総合試験場

我が国では年間約1,900万トンの食品廃棄物が排出されているが、この中には相当数の食品ロスが含まれており、発生抑制への取り組みが求められている。食品の流通段階においては、輸送資材の機能性向上によるロスの削減効果と、原材料の使用量増加に伴う環境負荷が、トレードオフの関係にある可能性も考えられる。本研究では、イチゴの生産・流通の全工程を対象としてLCCO₂を算出し、さらにマテリアルフローコスト会計(MFCA)を農産物サプライチェーンへ適用することにより、環境負荷及びコストに関しての輸送資材間の比較評価を行った。その結果、輸送資材の機能性の向上によるロス率の改善によって、ライフサイクル全体としてのCO₂排出量とコストの削減が期待できることが示された。

Key Words : *packages for agricultural products, functionality, transportation loss, LCCO₂, material flow cost accounting*

1. はじめに

我が国では年間約9,000万トンの農林水産物が食用に向けられているが、一方で食品関連事業者から動植物性残さや売残りなどにより約800万トン、一般家庭から調理くずや食べ残しなどにより約1,100万トン、合わせて年間約1,900万トンの食品廃棄物が排出されている¹⁾。

平成13年5月には「食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律」(食品リサイクル法)が施行され、その後の再生利用等実施率は向上しており一定の成果を見せているが、食品廃棄物の発生量はほぼ横ばいであり、発生抑制については目立った進展が見られていない。図-1に食品廃棄物の発生量について示す^{2), 3)}。世界的には、人口増加やアジアの経済発展による食糧需要の増大、地球温暖化などの地球環境問題の悪化など、食糧需給の不安定要素が顕在化している。このような状況において、食糧自給率が主要な先進国の中で最低水準である我が国にとって、将来に向けた食の安定供給や環境負荷低減などの観点からも、食品廃棄物の発生抑制への取り組みは不可欠である。

食品廃棄物には製造副産物や調理くずなど食用には適さないものだけでなく、本来食べられるにも関わらず廃棄されるような食品ロスも相当数含まれている。これらの食品ロスは生産(製造)・流通・消費の各段階で発生する。その中でも、流通段階においては、輸送資材(以下、容器)の機能性向上により「荷痛み」によるロスを削減できる可能性がある。一方で、機能性向上による環境負荷削減と原材料の使用量増加に伴う環境負荷がトレードオフの関係にあることも考えられるため、ライフサイクルにわたる詳細な評価が必要であるといえる。農産物の生産・流通に関する既往の研究には、折笠ら⁴⁾による車両サイズと輸送モードを考慮した卸売市場流通のLCCO₂解析や、梶川ら⁵⁾の通い容器システムの評価の事例があるが、容器の違いについて着目し、その機能性を考慮した環境負荷及びコストの違いを分析した事例は見られない。そこで、本研究ではイチゴの一般的な施設栽培、パッキング作業、消費地までの輸送、廃棄等の全過程を対象として、輸送段階で生じる荷痛みを考慮したライフ

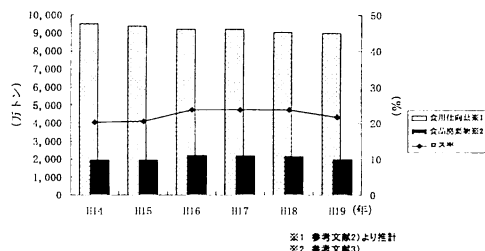


図-1 食品廃棄物の発生量

サイクルCO₂ (LCCO₂) を算出する。さらにサプライチェーンへの展開が検討されつつあるマテリアルフローコスト会計 (以下、MFCA) を農産物サプライチェーンへ応用する手法を提示し、環境負荷及びコストに関する容器間の比較評価を行う。MFCAのサプライチェーンへの展開については、幾つかの事例は見られるものの⁹⁾、農産物のサプライチェーンへ展開した事例はまだ存在しない。

なお、今回イチゴを対象とした理由は、嗜好品であり施設栽培が主であることと、ブランド化が進んでいること、そして何より痛みやすいことである。施設栽培の場合農産物の生産時のCO₂排出量が圧倒的に多くなることが既報でも指摘されており、最終的に売り物となる商品の単位重量あたり環境負荷を見る際には、流通時のロス (荷痛み) の影響が大きく反映されることが予想される。また、食材のブランド化は、高付加価値化とともに輸送距離の増大に繋がっている。さらに、非常に痛み易くデリケートであるという性質が相まって、輸送資材の高機能化へのニーズが大きい。

2. LCCO₂の評価方法

(1) 評価対象

イチゴの生産・流通には、イチゴの生産、容器の製造、鮮度低下を防ぐための保冷、輸送、廃棄といった工程を含む。本研究では、これらの全工程を対象に、荷痛みによるロスを考慮した上で、容器別にイチゴ1kg当たりのCO₂排出量を推計する。図-2に一般的なイチゴの生産・流通のフロー図と、CO₂排出量算出におけるシステム境界を示す。

a) イチゴ生産

イチゴの生産については、一般的な施設栽培における育苗、圃場整備、定植、栽培、収穫、後片付けを対象作業とした⁷⁾。電気の使用や機械損料、肥料や農薬などの材料についてのCO₂排出量については、その費用や、費用と材料の単価 (2005年データ)⁷⁾より求めた物量と、

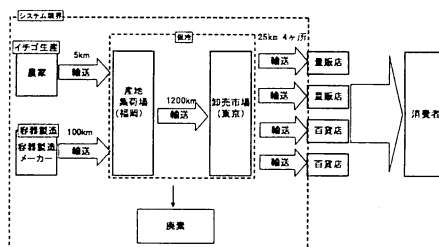


図-2 イチゴの生産・流通フローとシステム境界

3EID⁸⁾や環境省⁹⁾のCO₂排出原単位から算定した。また、A重油、ガソリン、軽油などの化石燃料の使用についての原単位については、3EIDと環境省のCO₂排出原単位から、燃料の使用から排出される直接排出分と、資源の調達などからの間接排出分を合計したCO₂排出原単位を求め、その原単位と燃料使用量よりCO₂排出量を算定した。

b) 容器製造

容器の製造と、その外装段ボールの製造を対象した。それぞれ原材料を加工し、パックや段ボールケースとして出荷するが、今回はプラスチックからパックへと成型する際に要するエネルギーについては含んでいない。段ボールの製造に関しては3EIDや全国段ボール工業組合連合会¹⁰⁾のCO₂排出原単位を用いて算出する。

c) 保冷

保冷については、産地集荷場 (福岡) と卸売市場 (東京) における冷蔵倉庫での保冷と、福岡～東京間の輸送時における保冷車での保冷を対象とした。保冷車の車載冷凍機による保冷については安留¹¹⁾、冷蔵倉庫での保冷については柳澤ら¹²⁾の文献をもとに算出した。

d) 輸送

輸送については、イチゴの農家から産地集荷場までの輸送 (5km, 積載率80%)、容器の製造メーカーから産地集荷場までの輸送 (100km, 積載率85%)、パック詰めされたイチゴの産地集荷場から卸売市場までの輸送 (1,200km, 積載率80%)、卸売市場から百貨店・量販店までの輸送 (25km, 4箇所, 積載率80%) を対象とし、それぞれ片道として改良トンキロ法¹³⁾により算出した。また、産地集荷場から卸売市場までの輸送の際にロスが発生するものとする。他の輸送工程や作業についてのロスについては考慮していない。

e) 廃棄

今回は、産地集荷場から卸売市場への輸送の際に荷痛みによって廃棄となるイチゴと、容器の廃棄 (全量廃棄を仮定) を想定する。イチゴと容器の燃焼時に発生するCO₂排出量は、LCA日本フォーラムのデータ¹⁴⁾を用いて算出した。また、容器に使用されているプラスチックのフイードストック分に関しては、プラスチック処理促進協

会¹⁵⁾と通商産業研究所¹⁶⁾のデータよりフィードストック分を含んだプラスチックのCO₂排出原単位を作成し、それを用いてCO₂排出量を算出した。廃棄となるイチゴ自体の炭素分に起因する焼却処理時CO₂については、バイオマス資源であるためカウントしていない。

(2) 容器の概要

本研究において比較対象とする容器は、容器製造メーカーのデータなどから表-1のように設定する。柔軟性と振動・衝撃に対する伸縮性を持った機能性の高い新型容器（贈答用・量販用）、及び従来型容器（贈答用・量販用）の計4種類の容器である。新型容器は、A-PETやPEのようなプラスチックを贈答用で1パック当たり55g、量販用で1パック当たり50g使用している。従来型容器は、贈答用は発泡PEとPEを1パック当たり9g、量販用はPSとウレタンを1パック当たり11g使用している。新型容器については、宙吊り構造であり、緩衝面積を拡大しイチゴ表面の損傷を軽減するために、従来型容器と比べてプラスチックの使用量が多い。

(3) ロス率

今回は、産地集荷場から卸売市場への輸送の際に発生する痛みによるロスについて考慮する。他の工程から発生するロスについては今回の研究では考慮していない。対象とするロス率については、福岡県農業総合試験場によるイチゴの輸送シミュレーション試験の結果¹⁷⁾を用いた。試験の概要としては、流通資材内におけるイチゴの振動状態を測定するイチゴ型振動センサシステムと、実輸送時に測定したデータをもとに、数Hz～約1,000Hzの振動を発生させることのできる振動試験機を使用する。今回比較対象とする容器について振動試験を行い、目視にてイチゴの損傷面積を測定する。損傷面積が20%以上のものを流通ロスとして廃棄する場合のロス率をケース1、損傷面積が15%以上のものを流通ロスとして廃棄する場合のロス率をケース2として、表-2のように設定した。なお、今回は業界関係者へのヒアリングをもとに経験的な値として損傷面積を設定したが、より精緻な分析のためには多くのサンプルをもとにした実態調査が必要であろう。

表-1 容器の概要

	贈答用					
	従来型			新型		
内容量(g/パック)	450			450		
パック入数(パック/ケース)	2			12		
1ケース段ボールサイズ(m)	0.36	0.26	0.07	0.56	0.42	0.18
包装資材(g)	発泡PE PE			4 A-PET 5 PE		
	計			計		
1ケース段ボール重量(g)	TN式本体 フタ			135 32		
集合包装単位	—			—		
段ボール単価(円/kg)	72.33			23.75		

	量販用					
	従来型			新型		
内容量(g/パック)	300			300		
パック入数(パック/ケース)	2			12		
1ケース段ボールサイズ(m)	0.31	0.23	0.28	0.44	0.43	0.19
包装資材(g)	PS ウレタン			9 A-PET 2 PE		
	計			計		
1ケース段ボール重量(g)	TN式本体 フタ			134 48		
集合包装単位	5ケース(10/パック)			—		
段ボール単価(円/kg)	41.01			31.06		

(注) 量販用とは、1パックあたり内容量は贈答用より少ないが、自家消費用として多くのパックを売りさばくことを前提に包装された商品を指す。

表-2 荷痛みによるイチゴのロス率 (%)

	贈答用		量販用	
	従来型	新型	従来型	新型
ケース1	11	0	11	0
ケース2	37	8	37	6

3. LCO₂の評価結果

(1) ケース1のLCO₂

表-3、図-3にケース1の場合のイチゴの生産・流通におけるCO₂排出量を示す。ケース1では振動試験の結果から、各容器のロス率を従来型容器贈答用を11%、新型容器贈答用を0%、従来型容器量販用を11%、新型容器量販用を0%としているため、イチゴ1kgあたりのライフサイクル全体でのCO₂排出量は新型容器贈答用が4.954(kg-CO₂/kg-イチゴ)となり最も少なく、次いで、従来型容器贈答用が5.266(kg-CO₂/kg-イチゴ)、新型容器量販用が5.303(kg-CO₂/kg-イチゴ)、となり、最も多くなるのは従来型容器量販用の5.455(kg-CO₂/kg-イチゴ)という結果となった。ケース1のようにイチゴの損傷面積が20%以上のものを廃棄しロスとみなすとする、贈答用、量販用共に新型容器が従来型容器よりもプラスチックの使用量が多いため、廃棄段階でのCO₂排出量は多くなるが、ライフサイクル全体では新型容器の方がCO₂排出量が少なくなることが分かった。

表-3 ケース1の LCO_{CO_2} ($kg-CO_2/kg-イチゴ$)

ケース1	贈答用		量販用	
	従来型	新型	従来型	新型
生産	4.421	3.934	4.421	3.934
容器製造	0.019	0.013	0.025	0.018
保冷	0.005	0.005	0.004	0.006
輸送	0.167	0.179	0.184	0.226
廃棄	0.655	0.823	0.821	1.119
計	5.266	4.954	5.455	5.303

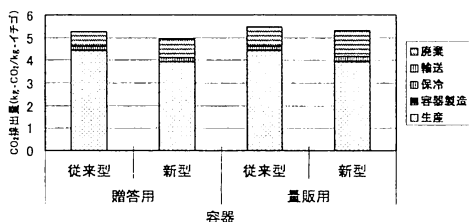
(2) ケース2の LCO_{CO_2}

表-4、図-4にケース2の場合のイチゴの生産・流通における CO_2 排出量を示す。ケース2では、各容器のロス率を振動試験の結果より、従来型容器贈答用を37%、新型容器贈答用を8%、従来型容器量販用を37%、新型容器量販用を6%としている。ケース2のように、イチゴの損傷面積が15%以上のものを廃棄しロスとみなすと、従来型容器の方は大幅にロスが多くなり、新型容器贈答用が $5.496 (kg-CO_2/kg-イチゴ)$ 、新型容器量販用が $5.723 (kg-CO_2/kg-イチゴ)$ 、従来型容器贈答用が $7.964 (kg-CO_2/kg-イチゴ)$ 、従来型容器量販用が $8.230 (kg-CO_2/kg-イチゴ)$ となる。新型容器贈答用が最も少なくなり、従来型容器量販用が最も多くなるという結果となった。ケース2の場合、どの段階においても新型容器の方が贈答用、量販用共に従来型容器の CO_2 排出量を下回っており、容器の機能性の向上によるロスの改善はライフサイクル全体での環境負荷も削減できることが分かった。

表-4 ケース2の LCO_{CO_2} ($kg-CO_2/kg-イチゴ$)

ケース2	贈答用		量販用	
	従来型	新型	従来型	新型
生産	6.245	4.277	6.245	4.186
容器製造	0.028	0.015	0.035	0.019
保冷	0.006	0.005	0.006	0.006
輸送	0.236	0.194	0.260	0.241
廃棄	1.449	1.005	1.684	1.272
計	7.964	5.496	8.230	5.723

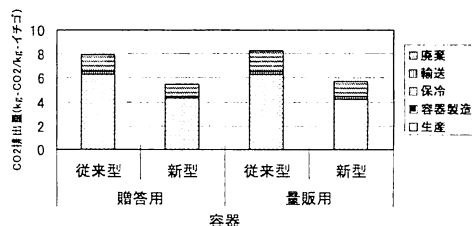


表-5 感度分析の結果 (新型容器贈答用：ケース2)

順位	要素名称	10%増加させた時の CO_2 排出量	感度の絶対値	感度の寄与度(%) 割合 累積割合
1	暖房用燃料(A重油)費用(生産)	5.658	2.955	11.20
1	原単位:A重油	5.658	2.955	11.20
2	製造パック数	5.606	2.008	7.63
4	原単位:電気の使用	5.577	1.481	5.61
5	電気使用量(生産)	5.565	1.262	4.79
6	A-PET使用量	5.561	1.190	4.51
7	電気料金単価	5.432	1.158	4.39
8	ロス率	5.555	1.080	4.10
9	PE単価	5.440	1.012	3.84
10	原単位:B-PET	5.543	0.862	3.27
10	原単位:一般ゴミの焼却	5.543	0.862	3.27
12	ビニール	5.530	0.625	2.37
12	原単位:PVC	5.530	0.625	2.37
14	PVC単価	5.465	0.557	2.11
15	ペリーベツト	5.523	0.498	1.89
計			26.371	100.00

表-6 感度分析の結果 (従来型容器贈答用：ケース2)

順位	要素名称	10%増加させた時の CO_2 排出量	感度の絶対値	感度の寄与度(%) 割合 累積割合
1	ロス率	8.540	7.233	22.82
2	暖房用燃料(A重油)費用(生産)	8.202	2.988	9.43
2	原単位:A重油	8.202	2.988	9.43
4	原単位:一般ゴミの焼却	8.080	1.457	4.60
5	原単位:電気の使用	8.065	1.268	4.00
6	電気使用量(生産)	8.065	1.268	4.00
7	原単位:HDPE	8.065	1.268	4.00
8	製造パック数	8.060	1.205	3.80
9	電気料金単価	7.872	1.155	3.65
10	PE単価	7.894	1.005	3.17
11	段ボール使用量	8.020	0.703	2.22
12	ビニール	8.014	0.628	1.98
13	原単位:PVC	8.014	0.628	1.98
14	PVC単価	7.919	0.565	1.78
15	ペリーベツト	8.004	0.502	1.58
計			31.693	100.00

(3) 感度分析

今回の LCO_{CO_2} 算定において、どの項目のデータが結果に大きく影響しているかを分析するため、各容器についてパラメータを10%増加させ、感度分析を行った。代表例として、贈答用容器(ケース2)の評価に関して、表-5に新型、表-6に従来型の場合の感度分析結果を感度の大きい順に、感度の総合計に対する各データの感度の割合(感度の寄与度割合)と共に示す。どの容器においても暖房用燃料(A重油)やその単価、電気使用量などイチゴの施設栽培に関係していると思われる項目や、製造パック数やロス率などの容器に関係する項目などが上位にきており、これらの項目が結果に大きく影響していることがわかる。プラスチックの単価や原単位、使用量も上位にきているが、プラスチックは施設栽培におけるビニールハウスや容器の素材となっており、これについても重要な項目であると言える。また、従来型容器についてはロス率の感度が最も大きいという結果になっている。

が、ロス率については、生産・流通の全体に影響を及ぼすため、新型容器に比べて機能性が低い従来型容器ではこのような結果になるものと考えられる。

4. LIMEによる社会的コスト算定とMFCAの応用

MFCAは、環境負荷の低減とコスト低減の両立を同時に追及することを目的とした環境管理会計の手法の一つである。通常MFCAでは、製造工程の各段階で使用する資源と、各段階で発生する不良品、廃棄物、排出物を物量ベースで把握し、それを金額換算することで、不良品や廃棄物、排出物などのロスのコスト金額を明らかにする。そうすることで、廃棄物の削減や、業務効率向上を図るという、環境配慮とコストダウンを同時に追及した非常に有効なマネジメントツールである。MFCAの基本的な目的は企業の内部環境管理であるが、最近ではサプライチェーンへ適用範囲を拡大し、一貫した製造プロセスの中で、ロスの削減、資源生産性の向上などに取り組むことも検討されている。本研究では、MFCAを農産物サプライチェーンへ応用する手法を提示し、さらに環境影響の統合手法であるLIME（日本版被害算定型環境影響評価手法）を用いて、環境への被害コスト（外部コスト）を算出する。LIMEでは、材料及びエネルギー等の使用のために生じる環境影響によって社会が負担を要求される外部費用を算定することができる。そして、MFCAで算出するコストと、LIMEで算出されるコストにより、容器間のトータルコストの比較を行うことができる。

MFCAのシステム境界は、図-2と同様とする。通常、コストは材料などのマテリアルコスト、加工費などのシステムコスト、配送・廃棄物処理コストに分類し管理するものであるが、今回は、イチゴや容器の原材料をマテリアルコスト、イチゴや容器の生産・製造に要する肥料やエネルギーなどをユーティリティーコスト、減価償却費などをシステムコスト、ロスとなったイチゴと容器の廃棄を廃棄物処理コストと定義し、さらにそのコストを農産物（イチゴ）と包装材（容器・段ボール）に分け、コストマトリックスを作成する。同時にLCOO₂表記の表も作成する。農産物に関するマテリアルコストは種子や生産株等が想定されるが、今回のケースは農家の自家再生産であったため、ゼロとする。また、容器の原材料であるプラスチックは燃焼により廃棄処分されるが、フィードストック分はマテリアルコストに含めることとする。新型容器贈答用と従来型容器贈答用のケース2について作成したコストマトリックス表を表-7、表-8に、それをCO₂排出量表記したコストマトリックス表を表-9、表-10に示す。さらに、全ての容器のケース2の場合のMFCAに

よる内部コストと、LIMEによる外部コストを図-5に示す。

これらの図表から、イチゴのような農産物の生産・流通では、内部コスト、外部コスト、LCOO₂いずれについても、農産物の生産起因が大きいことがわかる。また、新型容器は従来型容器と比べると、プラスチックの使用量が多いため、包装材関連の値は新型容器の方が大きくなっている。しかし、ライフサイクル全体でみるとその割合は小さいため、結果として内部コスト、外部コスト、LCOO₂いずれについても、新型容器の方が小さいことが見てとれる。これらのことから、容器の機能性向上は、食品ロスの削減だけでなく、LCOO₂の削減が可能になるとともに、内部コスト・外部コストともに削減可能であることが示された。

表-7 新型容器贈答用のコストマトリックス表（円/kg-イチゴ）

容器		マテリアル コスト	ユーティリ ティコスト	システム コスト	廃棄処理 コスト	計
良品	農産物	内部コスト 0.0	197.9	185.0		382.9
		社会的コスト 0.0	6.2	0.9		7.1
	包装材	内部コスト 29.4	0.6	0.1		30.2
ロス	農産物	内部コスト 0.0	17.2	16.1		33.3
		社会的コスト 0.0	0.5	0.1		0.6
	包装材	内部コスト 6.3	0.9	0.2		7.5
廃棄	農産物	内部コスト 0.1	0.0	0.0	0.9	0.9
		社会的コスト 0.0			0.2	0.2
	包装材	内部コスト 0.0			2.9	2.9
小計	内部コスト	35.7	216.6	201.4	3.8	457.4
	社会的コスト	0.9	6.9	0.9	0.8	9.5

表-8 従来型容器贈答用のコストマトリックス表（円/kg-イチゴ）

容器		マテリアル コスト	ユーティリ ティコスト	システム コスト	廃棄処理 コスト	計
良品	農産物	内部コスト 0.0	187.0	184.8		371.8
		社会的コスト 0.0	6.2	0.9		7.1
	包装材	内部コスト 5.1	0.1	0.0		5.3
ロス	農産物	内部コスト 0.0	115.7	108.5		224.2
		社会的コスト 0.0	3.6	0.5		4.1
	包装材	内部コスト 24.3	1.9	0.3		26.6
廃棄	農産物	内部コスト 0.4	0.1	0.0	5.9	6.4
		社会的コスト 0.0			1.3	1.3
	包装材	内部コスト 0.0			3.3	3.3
小計	内部コスト	29.4	314.8	293.7	9.1	647.1
	社会的コスト	0.5	9.9	1.4	2.0	13.8

表-9 新型容器贈答用のCO₂排出量表記のコストマトリックス表（kg-CO₂/kg-イチゴ）

容器		マテリアル コスト	ユーティリ ティコスト	システム コスト	廃棄処理 コスト	計
良品	農産物	CO ₂ 0.000	3.586	0.501		4.087
			65.2%	9.1%		74.4%
	包装材	CO ₂ 0.459	0.020	0.0004		0.480
ロス	農産物	CO ₂ 0.000	0.512	0.044		0.355
			6.7%	0.8%		6.5%
	包装材	CO ₂ 0.097	0.028	0.001		0.099
廃棄	農産物	CO ₂ 1.2%	0.9%	0.01%	0.110	0.110
					2.0%	2.0%
	包装材	CO ₂ 0.000			0.368	0.368
小計	CO ₂ 0.526	3.945	0.546	0.479	3.496	
		9.6%	71.8%	9.5%	6.7%	100.0%

表-10 従来型容器贈答用のCO₂排出量表記のコストマトリックス表 (kg-CO₂/kg-イチゴ)

容器		マテリアルコスト	ユーティリティコスト	システムコスト	廃棄処理コスト	計
良品	農産物 CO ₂	0.000	3.961	0.900		4.061
		0.0%	44.7%	6.3%		51.0%
包装材	CO ₂	0.084	0.004	0.000		0.089
		1.1%	0.1%	0.001%		1.1%
ロス	農産物 CO ₂	0.000	2.091	0.294		2.385
		0.0%	26.3%	3.7%		29.9%
包装材	CO ₂	0.204	0.083	0.001		0.269
		2.6%	0.8%	0.01%		3.4%
廃棄	農産物 CO ₂				0.746	0.746
					9.4%	9.4%
包装材	CO ₂				0.414	0.414
					5.2%	5.2%
小計		0.289	5.770	0.796	1.160	7.964
		3.6%	71.8%	10.0%	14.6%	100.0%

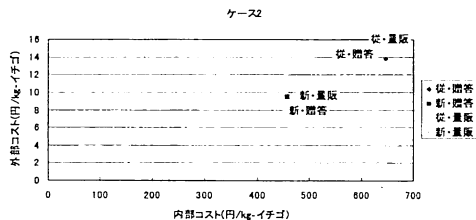


図-5 内部コストと外部コストの比較

5. まとめと今後の課題

本研究では容器の機能性の違いにより農産物の生産・流通段階の環境負荷がどのように変化するかを分析するために、LCA とその感度分析、ならび MFCA を用いたマテリアルロスの分析を行った。

LCA では、宙吊り構造であり機能性の高い新型容器の方は、プラスチックの使用量が多いことなどから、容器の機能性向上に起因する CO₂ 排出量は従来型容器と比べて多くなるが、ロスが少ないことから、ライフサイクルにおけるイチゴ 1kg 当たりの CO₂ 排出量で考えると、ケース 1 では新型容器贈答用が 4.954 (kg-CO₂/kg-イチゴ) となり最も少なく、次いで、従来型容器贈答用が 5.266 (kg-CO₂/kg-イチゴ)、新型容器量販用が 5.303 (kg-CO₂/kg-イチゴ)、従来型容器量販用が 5.455 (kg-CO₂/kg-イチゴ) という結果となった。ケース 2 では、新型容器贈答用が 5.496 (kg-CO₂/kg-イチゴ)、新型容器量販用が 5.723 (kg-CO₂/kg-イチゴ)、従来型容器贈答用が 5.964 (kg-CO₂/kg-イチゴ)、従来型容器量販用が 8.230 (kg-CO₂/kg-イチゴ) となった。このことから、容器の機能性向上によるロス率の改善によって、ライフサイクル全体としての CO₂ 排出量の削減が期待できることが示された。また、容器の機能性向上によるプラスチック使用量増加に伴う CO₂ 排出量の増加と、ロス率削減による CO₂ 排出量の減少の関係を表現できた。さらに、感度分析を行うことにより、施設栽培に関係している暖房用

燃料や電気消費量、ビニールの使用量などの項目や、容器の機能性に関するロス率などの項目の感度が高いという結果を得られた。

さらに、MFCA の特徴である「負の製品コスト」を明らかにし、「見える化」というメリットをイチゴの生産・流通に応用することで、その環境負荷発生構造を MFCA で用いられるコストマトリックス表で把握するとともに、LIME を利用することにより、トータルコストの容器間比較を行うことができた。容器の機能性向上は、プラスチックなどの使用量が増加することから、それに伴う CO₂ 排出量はやや増加するが、ライフサイクル全体で見るとその影響は小さく、効率の良い食品廃棄物の削減や、環境負荷削減、内部コストと外部コストの削減が行えることが明らかとなった。

また、種から育てて生産するという農産物のケースでは、製品のマテリアルコストはほとんどないケースがあり、生産するのに必要なエネルギーや肥料、農薬、諸材料、製品の輸送や品質の管理などの項目が多くを占めており、その部分の環境負荷削減に取り組むことは重要である。本研究で示したように、MFCA をサプライチェーンへ展開し、トータルでコストを見える形にし評価することは、効率的な環境負荷削減に向けて重要な情報となるといえる。

今後の課題として、今回は、ロスの発生場所を産地集荷場から卸売市場への輸送時の荷痛みしか考慮していないが、実際には生産・流通の各段階で様々なロスが発生しており、そのようなロスも考慮することが挙げられる。また、ロス率の設定に関しても、実態を把握するためには詳細な調査が必要である。さらに、容器のリサイクルの効果を含めることや、今回の想定以外の輸送パターンを分析することも課題である。

謝辞：

本研究は、平成20年度 福岡県産業・科学技術振興財団 (IST) 産学官事業「超小型センサを利用した農産物用資材の機能性評価と新資材の開発 (代表：馬場紀子)」の成果の一部である、記して謝意を表する。

参考文献

1) 農林水産省：食品ロスの削減に向けた検討会報告書、平成 20 年 12 月。
2) 環境省：平成 21 年度環境統計集 (食品廃棄物の発生及び処理状況)。
3) 農林水産省：平成 19 年度食料需給表。
4) 折笠貴寛，ロイポリトッシュ，根井大介，中村宣貴，椎名武夫：卸売市場流通における環境負荷低減の可能性，第 3 回日

- 本 LCA 学会研究発表会講演要旨集 (2008 年 2 月), pp. 226-227.
- 5) 梶川崇, 山川肇: 青果物流通の LCI 通い容器システムの評価, 第 4 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集 (2009 年 3 月), pp. 8-9.
 - 6) 日本能率協会コンサルティング (JMAC): 平成 18 年度 経済産業省委託 MFCA 開発・普及調査事業報告書.
 - 7) 福岡県農業総合試験場: 福岡県経営技術支援課資料, 2008.
 - 8) 国立環境研究所: 産業連関表による環境負荷原単位データブック, 2000.
 - 9) 環境省: 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル, Ver.23 平成 20 年 5 月.
 - 10) 全国段ボール工業組合連合会: 段ボールの製造エネルギー原単位及び CO₂ 排出量原単位について, 2007 年.
 - 11) 安留哲: 流用蓄熱式保冷システム, 冷凍 2007 年 5 月号第 82 巻第 955 号, pp. 38-43.
 - 12) 柳澤聡子, 尾島俊雄: 東京都における冷蔵倉庫のエネルギー消費実態に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文集 (564), pp. 85-92, 2003.
 - 13) 経済産業省, 国土交通省: ロジスティクス分野における CO₂ 排出量算定方法 (共同ガイドライン Ver. 2.0) 平成 18 年 4 月.
 - 14) 産業環境管理協会: JLCA-LCA データベース 2004 年度 2 版.
 - 15) プラスチック処理促進協会: 「石油化学製品の LCI データ調査報告書」1997 年 7 月.
 - 16) 通商産業研究所: 総合エネルギー統計, 平成 16 年度版
 - 17) 平成 19 年度福岡県公募型研究開発推進事業全体報告書 (超小型ストレスセンシングシステムによる農産物輸送シミュレーション手法の開発) .

EVALUATION OF PACKAGES FOR AGRICULTURAL PRODUCTS BY USING LIFE CYCLE ASSESSMENT AND MATERIAL FLOW COST ACCOUNTING

Yasuhiro SEWAKI, Toru MATSUMOTO, Takaya OISHI, Toshinori SHIRAISHI,
Nobuyuki SHIIKI, Noriko BABA, Ayuko ESHIMA

In Japan, the annual food waste is about 19 million tons, that includes considerable amount of loss of foods. We must take effort on the generation control of food loss, from the viewpoint of stable supply of food and environmental load reduction. Effect on loss reduction and environmental load from making process of packages is also considered as a factor relating to the trade off at the distribution phase of foods. Object of this study is to analyze the difference on environmental load from different packages on distribution phase of strawberry. In this study, LCCO₂ is estimated and MFCA (material flow cost accounting) table is applied. It shows that it is expectable that reducing the amount of CO₂ emission from the entire life cycle by improving the functionality of the packages.