

千葉県銚子産メロンのライフサイクルCO₂の試算Estimating of the Life Cycle CO₂ of Melon Produced in Choshi Area, Chiba Prefecture

安藤 生大

Takao ANDO

千葉県銚子市で施設栽培されたアムスメロンのライフサイクル CO₂ 排出量を試算した。算定範囲は、1. 原料調達段階をハウス準備工程と圃場準備工程、2. 生産段階を栽培工程と収穫工程、3. 流通・販売段階を輸送工程、販売工程、4. 使用・維持管理段階を冷蔵工程、5. 廃棄・リサイクル段階とし、全体で 5 段階 8 工程とした。機能単位は、質量 1kg のメロンとした。試算結果は、548.6 g-CO₂/kg となった。CO₂ 排出量の段階毎の内訳は、原料調達段階で 312.9 g-CO₂/kg (構成比 57.0%)、生産段階で 149.6 g-CO₂/kg (27.3%)、流通・販売段階で 65.0 g-CO₂/kg (11.9%)、使用・維持管理段階で 2.8 g-CO₂/kg (0.5%)、廃棄・リサイクル段階で 18.2 g-CO₂/kg (3.3%) となり、原料調達段階からの CO₂ 排出割合が最も多いことが明らかとなった。この値をハウス面積 10a あたりの CO₂ 排出量に換算すると、ハウス製造由来の CO₂ 排出量が 406.2 kg-CO₂、トンネル製造由来の CO₂ 排出量が 179.4 kg-CO₂、マルチシート由来の CO₂ 排出量が 112.2 kg-CO₂ となった。これは、ハウス面積あたりの試算結果であるため、他のハウス野菜にも適用できる。

露地栽培されたメロンの CO₂ 排出量と比較すると、銚子産メロンの CO₂ 排出量は約 30% 高い結果となった。これは、主に原料調達段階のハウス設備に由来する CO₂ 排出量が原因であることが明らかとなった。これを削減するには、ハウス設備を長期使用し、耐用年数を長くすることが重要であると考えられる。また、加温栽培されたメロンでは、銚子産メロンの CO₂ 排出量の 9.2 倍となる試算結果が得られた。この結果からも、加温せずに栽培が可能な銚子地域のメロン栽培は、農閑期に二毛作が可能である点も加えて、気候、風土等の地域特性を活かした適地適作栽培であることが明らかになった。農産物の CO₂ 排出量の計算では、算定範囲や算定方法により CO₂ 排出量が大きく変動することから、産地間の混乱と不公平を招かないように、国内の主要なメロン生産地の状況を加味して、CO₂ 排出量の計算方法や表示に関する基本的な決まりであるプロダクトカテゴリールール (PCR) を早急に作成する必要がある。

1. はじめに

本研究では、千葉県銚子市の特産物である「アムスメロン」(以下メロン)を対象として、ライフサイクル全体での CO₂ 排出量(以後、CO₂ 排出量)を試算した結果について報告する。千葉県銚子市は、冬季においても温暖な海洋性気候のため、メロン生産に極めて適した地域である。銚子市における 2010 年度のメロンの延べ栽培面積は 53ha に達し、計画出荷数は 25.5 万ケースに¹⁾達することから、千葉県における代表的な生産拠点となっている。

連絡先: 安藤生大 tando@cis.ac.jp
千葉科学大学危機管理学部動物・環境システム学科
Department of Animal and Environmental System
Science, Faculty of Risk and Crisis Management,
Chiba Institute of Science

(2010年10月04日受付、2010年12月16日受理)

これまで行われた施設栽培の LCA 評価に関する研究としては、細井ほか (2001)²⁾ のトマト栽培を例とした研究がある。この中では、施設生産における暖房用化石エネルギー消費に伴う CO₂ 排出量がトマト栽培による CO₂ 吸収量を上回ることが示された。また、小綿 (2008)³⁾ は、近年の原油高に伴い、施設園芸における省エネ技術評価法の 1 つとして LCA 手法を用いた環境影響評価の事例報告を行った。また、林 (2008)⁴⁾ は、農業の LCA 研究の総括と有機農業の環境影響に関する解説を行った。海外における農業製品の LCA 研究事例としては、ヨーロッパにおけるリンゴ消費を例として、その保管期間と輸送距離の違いによる 1 次エネルギー使用量の評価に関する研究^{5), 6)} 等が報告されている。

本研究では、銚子市で行われている最も一般的なメロン栽培事例を調査し、生産から廃棄にいたる CO₂ 排出量の試算を行った。試算にあたっては、今後のカーボンフットプリント (以後 CFP)⁷⁾ 算出の基礎資料とすること、及び

環境教育教材への利用⁸⁾の可能性を考慮して^{脚注1)}、カーボンフットプリント制度商品種別算定基準(PCR)策定基準⁹⁾(以後“PCR基準”)で示された算出手順を参考とした。具体的には、算定範囲をCFPの算出・表示に関する一般原則に則って5段階とし、それぞれの段階からのCO₂排出量を積み上げてCO₂排出量の試算を行った。この結果から、(1)メロンの栽培方法によるCO₂排出量の比較、(2)計算排除(カットオフ)項目の検討、(3)プロダクトカテゴリールール(PCR)の¹⁰⁾必要性に関する考察を行った。

2. 方法

2.1 評価対象と算定範囲

千葉県銚子市では、アムスメロン、クインシーメロン、タカミメロン等の品種が、約53haで栽培されている。特に、味のバランスが良いとされるアムスメロンは全体の76.8%を占める主要栽培品種となっている。アムスメロンは、栽培管理が難しいとされることから、銚子市での栽培は、主にハウスを利用した施設栽培が行われている。本研究では、以上のような銚子市におけるメロン栽培の現状を考慮して、アムスメロンのハウス栽培の事例を検討した。

栽培方法は、銚子市で一般的な無加温の施設(以後ハウス)栽培を想定した。本地域では、同一のハウスを利用して、1月~6月はメロン栽培を行い、7月~12月はトマト栽培を行う二毛作が行われている。栽培時期を工夫し、ボイラーなどによる施設加温を全く行うことなくメロン栽培を行っている。

本研究における評価対象は、2008年に銚子市のメロン栽培農家で栽培され、JAちばみどり農業協同組合営農センター銚子(千葉県銚子市新町1000-1、以後“JAちばみどり”)に出荷されたメロンとした。JAちばみどりに出荷しない系統外出荷分については、全体量の5%以下であることから評価対象に含めていない。また、圃場に残された作物残渣由来の温室効果ガスについても、毎年圃場の維持管理方法の違いや、後作物の種類等により、一般的な発生量を特定すること困難であることから、評価対象には含めていない。

本研究の算定範囲は、1.原料調達段階をハウス準備工程と圃場準備工程、2.生産段階を栽培工程と収穫工程、3.流通・販売段階を輸送工程、販売工程、4.使用

・維持管理段階を冷蔵工程、5.廃棄・リサイクル段階とし、全体で5段階8工程とした(図1)。

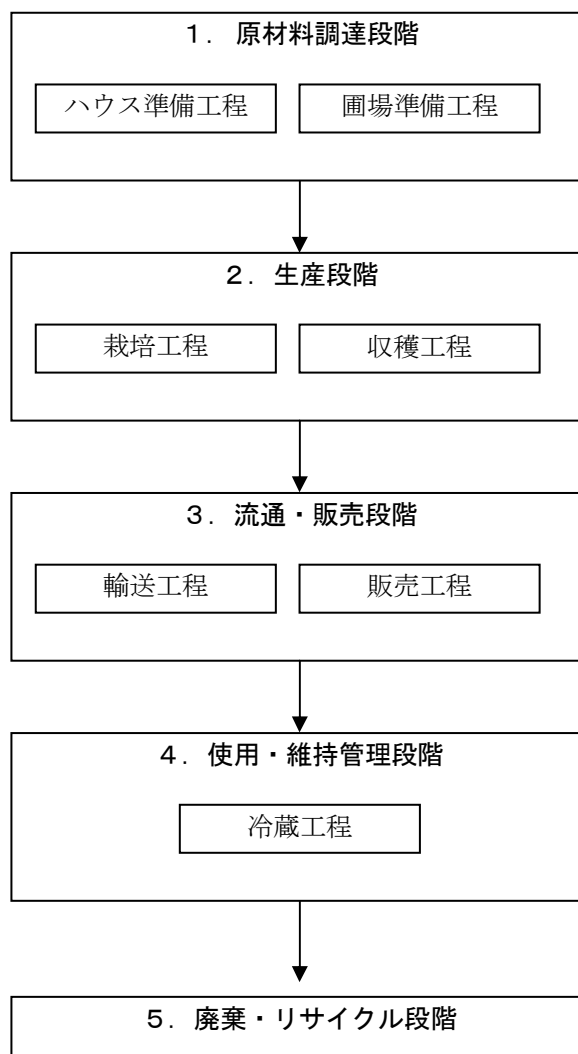


図1 本研究におけるライフサイクルフロー図

2.2 機能単位と計算方法

平均的なメロンとして、質量1kg、容積1Lと仮定し、機能単位はメロン重量1kgとした。CO₂排出量の算定方法は、機能単位あたりのCO₂排出量=Σ(活動量_i×CO₂排出原単位_i):iはプロセス(段階)として、段階毎に積み上げ計算して求めた。

2.3 インベントリデータの収集方法

一次データは、主として千葉県銚子市のメロン栽培農家、JAちばみどり、地元スーパーにおける聞き取り調査により得た。加えて、各電気機器の電力使用量は、(株)ENEGATE社製「エコワット EW-3」を用いて実測した。

脚注1) 筆者はこれまで、銚子産の様々な特産物を対象としてライフサイクルCO₂の試算を行い、その成果を環境教育教材として利用してきた。本研究で対象としたメロンについても、環境教育教材として、地元中学校での教育実践を行っている。

二次データは、カーボンフットプリント制度試行事業用CO₂換算量共通原単位データベース（暫定版）¹¹⁾、産業連関表から算出された味の素グループ版食品関連材料CO₂排出係数データベース¹²⁾の3ヶ年度平均、汎用的なLCAソフトウェアであるJEMAI-LCA Pro Ver. 2.1.2 オプションデータパック¹³⁾から得た（表1）。

トンネル由来、マルチシート由来のCO₂排出を想定し、圃場10aあたりでのCO₂排出量を算出した。ハウス製造由来のCO₂排出は、ハウスの構造用金属パイプ（以後ハウスパイプ）と外張りに使うフィルム（入力項目：ポリプロピレン）から想定される。調査したメロン栽培農家のハウスでは、ハウスパイプの耐用年数が30年で使用量は8799.7kgである。

表1 銚子メロンのCO₂排出量の計算に用いたCO₂排出原単位

入力項目	kg-CO ₂	単位	文献
普通鋼・熱延鋼板	2.37	kg	CFP 共通原単位
ポリプロピレン	1.68	kg	CFP 共通原単位
ポリ塩化ビニル	2.90	kg	CFP 共通原単位
軽油燃焼（エネルギー）	2.79	L	CFP 共通原単位
水道水	0.211	m ³	CFP 共通原単位
普通化成	0.417	kg	味の素データベース
高度化成	0.490	kg	味の素データベース
植物質肥料	0.091	kg	味の素データベース
ふっ石	0.176	kg	味の素データベース
軽質炭酸カルシウム（普通品）	0.190	kg	味の素データベース
ガソリン燃焼（エネルギー）	2.69	L	CFP 共通原単位
電力（日本平均 平成16年度～平成20年度平均）	0.484	kWh	CFP 共通原単位
殺虫剤	4.479	kg	味の素データベース
殺菌剤	4.959	kg	味の素データベース
殺虫・殺菌剤	3.019	kg	味の素データベース
補助剤	3.465	kg	味の素データベース
ダンボール	0.367	m ²	味の素データベース
再生古紙パルプ（紙容器）	0.175	kg	JEMAI オプションデータパック
トラック輸送（2tトラック、積載率75%）	0.253	t・km	CFP 共通原単位
トラック輸送（軽トラック、積載率50%）	1.00	t・km	CFP 共通原単位
トラック輸送（10tトラック、積載率100%）	0.12	t・km	CFP 共通原単位
廃棄（ごみ由来CO ₂ 以外）	0.0456	kg	CFP 共通原単位
A重油のボイラーでの燃焼	2.96	L	CFP 共通原単位

3. 結果

聞き取り調査を実施した農家は、JAちばみどりの推薦をもとに、銚子市のメロン栽培において最も一般的で、平均的と思われる農家を選定した。調査したメロン栽培農家の圃場面積は130aであり、2008年のメロン出荷量は341,767kgであった。この値をもとに、圃場10aあたりの平均的なメロンの収穫量を2,629kgとした。

3.1 原料調達段階

3.1.1 ハウス準備工程

ハウス準備工程では、以下に示すハウス製造由来、

本研究では、ハウスパイプのCO₂排出量の計算におけるデータベースの入力項目（以後、入力項目）を普通鋼・熱延鋼板とした。この場合の全CO₂排出量は、20,855.3 kg-CO₂と計算できる。年間のメロン栽培におけるハウスの使用期間は半年（これを“1シーズン”とよぶ）であることから、ハウスパイプ耐用年数である30年は、60シーズンに相当する。このため1シーズンのメロン栽培におけるCO₂排出量は、ハウスパイプ由来のCO₂排出量（20,855.3 kg-CO₂）の1/60（347.6 kg-CO₂）となる。同様に、ハウスの外張りに使うフィルムは、耐用

年数が5年(10シーズン)で、348.8kgを使用する。このため1シーズンのメロン栽培におけるCO₂排出量は、フィルム由来のCO₂排出量(586.0kg-CO₂)の1/10(58.6kg-CO₂)となる。以上より、ハウス製造由来のCO₂排出は、406.2kg-CO₂となる。

トンネル由来のCO₂排出は、主に育苗時にハウス内につくられるトンネルに用いられる資材からのCO₂排出である。トンネルには、金属パイプ(以後トンネルパイプ、入力項目：普通鋼・熱延鋼板)と内張りフィルム(入力項目：ポリプロピレン)が用いられる。トンネルパイプの耐用年数は5年(10シーズン)、使用量は700kgである。また、内張りフィルムの耐用年数は2年(4シーズン)、使用量は32.2kgである。以上より、トンネルパイプから165.9kg-CO₂となり、内張りフィルムから13.5kg-CO₂となり、トンネル由来のCO₂排出量は179.4 kg-CO₂となった。

マルチシート由来のCO₂排出は、圃場に敷かれる農業用マルチシート(入力項目：ポリ塩化ビニル)の使用から想定されるCO₂排出である。このマルチシートの使用量は、圃場130aあたり210cm×200mのものを3本、210cm×300mのものを17本使用する。このため、圃場10aあたりでは、38.7kgとなる。マルチシートは、次の作物の栽培時には新しいものを張り直すことから、1シーズンのみの使用とし、CO₂排出量は112.2 kg-CO₂となった。

以上より、ハウス準備工程での10aあたりのCO₂排出量は697.8 kg-CO₂となり、メロン1 kgあたりでは265.4 g-CO₂/kgとなった。

3. 1. 2 圃場準備工程

圃場準備工程では、圃場10aあたりでのCO₂排出量を算出する。耕運作業では、主にトラクター使用により約15Lの燃料用軽油(入力項目：軽油燃焼)が消費される。これによるCO₂排出量は41.9 kg-CO₂となる。圃場準備段階で使用する肥料の種類と量は、けい酸加里(入力項目：普通化成)を30.8kg、スーパーエコロング(入力項目：高度化成)を23.1kg、菜種油粕(入力項目：植物質肥料)を77.0kg、とかちゼオライト(入力項目：ふっ石)を46.2kg、畑のカルシウム(入力項目：軽質炭酸カルシウム)を61.5kgを投入する。これらの肥料の使用からのCO₂排出量は49.1kg-CO₂となる。また、苗を植える前日には、160tの水(入力項目：水道水)をまく。これによるCO₂排出量は33.8 kg-CO₂となる。

以上より、圃場準備工程での10aあたりのCO₂排出量は124.7kg-CO₂となり、メロン1kgあたりでは47.4 g-CO₂/kgとなった。

3. 2 生産段階

3. 2. 1 栽培工程

栽培工程では、圃場130aあたりでのCO₂排出量を算出する。調査した農家では、自宅からハウスまでの移動用に軽トラックを用い、この燃料として1日平均で1.13Lのガソリン(入力項目：ガソリン燃焼)が使われる。メロンの栽培期間は半年間(180日)であるため、CO₂排出量は547.1kg-CO₂となった。また、ハウスでは台風や強風時に、風の抵抗を抑える目的で、換気扇による強制排気を行う。これに使われる電力は、5324.8kWhに達し、CO₂排出量は2577.2kg-CO₂となる。栽培工程で主に使われる農薬は、3種類の殺虫剤を合計で0.25kg、5種類の殺菌剤を合計で1.73kg、さらに殺虫・殺菌剤を0.77kg、補助剤を0.77kg使用する。これらの農薬からのCO₂排出量は14.7 kg-CO₂となる。

以上より、栽培工程での圃場130aあたりのCO₂排出量は3139kg-CO₂となり、メロン1kgあたりでは91.8g-CO₂/kgとなった。

3. 2. 2 収穫工程

収穫工程では、包装資材由来と輸送由来のCO₂排出を想定した。

包装資材由来のCO₂排出は、出荷用ダンボール箱(入力項目：ダンボール)と、緩衝材として用いるパルプモールド(入力項目：再生古紙パルプ、紙容器)から排出される。調査した農家では、ダンボール箱(0.5394m³/個、425g/個)とパルプモールド(75g/個)を7500セット用いる。これらの包装資材由来のCO₂排出量は1690.0kg-CO₂となった。

輸送由来のCO₂排出は、ハウスから集荷場までの往復10kmの輸送からのCO₂排出を想定した。輸送する重量は、包装資材が3.75t、メロンが34.18tとなり、合計で37.93tとなる。この輸送には、2tトラック(積載率75%)1台と軽トラック(積載率50%)2台が使用されることから、これら3台で均等(1台あたり12.64t)に輸送するとした。よって2tトラック1台からのCO₂排出量は32.0kg-CO₂となり、軽トラック2台からのCO₂排出量は284.8kg-CO₂となった。よって、輸送由来のCO₂排出量は284.8kg-CO₂となった。

以上より、収穫工程でのCO₂排出量は1974.8 kg-CO₂となり、メロン1kgあたりでは57.8g-CO₂/kgとなった。

3. 3 流通・販売段階

3. 3. 1 輸送工程

銚子メロンは鮮度や大きさを考慮して、適した市場に分散出荷されている。具体的には、東京、横浜、仙台など18ヶ所の市場に出荷される。それぞれの出荷先の距離と取り扱い比率を基に、平均の輸送距離を往復270 kmと想定した。1回のトラック輸送では、30kgのパレットにメロン4個入りのダンボール箱(4.5kg)を140箱載せ、これ

を15パレット分輸送するとした。この条件での全体の輸送重量は9.9t、メロンのみの重量は8.4tとなる。これを積載率100%の10tトラックにて輸送するとした。

以上より、輸送工程でのCO₂排出量は320.7 kg-CO₂となり、メロン1kgあたりでは38.2g-CO₂/kgとなった。

3. 3. 2 販売工程

販売工程では、首都圏における平均的な郊外型のスーパーマーケットとして、総売り場面積が2,574m²の店舗を想定した。店舗による聞き取り調査によると、2008年の店舗及び倉庫部分での電力使用量は166,445 kWh、店舗のメロン売り場面積が約1.8m²（総売り場面積の0.07%）、年間販売個数は約3,500個（3,500kg）で、メロンの販売期間は2ヶ月間とした。この店舗と家庭間の輸送は、徒歩か自転車利用を想定し、CO₂排出量は考慮していない。

以上より、販売工程でのCO₂排出量は94.0 kg-CO₂となり、メロン1 kgあたりでは26.9 g-CO₂/kgとなった。

3. 4 使用・維持管理段階

使用・維持管理段階では、平均的な容量、出荷台数の冷蔵庫を使用している一般家庭での冷蔵保管を想定した。具体的には、著者が使用しているシャープ（株）製冷凍冷蔵庫 SJ-350JP（庫内容量=345L）の野菜室での保管を想定した。保管期間は、メロンを常温で保管し食べる前1日間冷やすことを想定した。この冷蔵庫の1日の使用電力量は、実測の結果2.01 kWhとなった。メロンの容積を1Lとした場合、冷蔵庫の0.29%を占有することから、メロンを1日冷蔵するために要する消費電力量は0.0058 kWhとなる。

以上より、メロンの使用・維持管理段階でのCO₂排出量は2.8 g-CO₂/kgとなった。

3. 5 廃棄・リサイクル段階

廃棄・リサイクル段階では、食べた後に廃棄される皮や種を想定し、1kgのメロンの40%に相当する400gを廃棄するとした。これを、一般ごみとして焼却するとした場合、ごみ由来のCO₂排出量を除いて18.2 g-CO₂/kgとなる。

3. 6 銚子産メロンのCFP

標準シナリオにおける銚子産メロンのCO₂排出量の試算結果は、548.6 g-CO₂/kgとなった（表2）。試算結果に基づくCO₂排出割合を図2に示した。CO₂排出量の段階毎の内訳は、原料調達段階で312.9 g-CO₂/kg（構成比57.0%）、生産段階で149.6 g-CO₂/kg（27.3%）、流通・販売段階で65.0 g-CO₂/kg（11.9%）、使用・維持管理段階で2.8 g-CO₂/kg（0.5%）、廃棄・リサイク

ル段階で18.2 g-CO₂/kg（3.3%）となった。以上より、メロンのライフサイクルCO₂排出量では、原料調達段階からのCO₂排出割合が最も多いことが明らかとなった。

また、ハウス資材10aあたりのCO₂排出量は、ハウス製造由来のCO₂排出量が406.2 kg-CO₂、トンネル製造由来のCO₂排出量が179.4 kg-CO₂、マルチシート由来のCO₂排出量が112.2 kg-CO₂になった。この値はハウス圃場の面積あたりで算出しているため、他のハウス野菜でも適用することができる。野菜によって異なる、栽培期間、10aあたりの生産量、肥料や農薬の使用量を調べることができれば、他のハウス野菜についても比較的容易にライフサイクルCO₂排出量を求めることができる。

表2 銚子メロンのライフサイクル CO₂ 排出量

段階 (工程)	g-CO ₂ /kg	比率 (%)
原料調達段階	312.9	57.0
(ハウス準備工程)	(265.4)	(48.6)
(圃場準備工程)	(47.4)	(8.7)
生産段階	149.6	27.3
(栽培工程)	(91.8)	(16.8)
(収穫工程)	(57.8)	(10.6)
流通・販売段階	62.9	11.9
(輸送工程)	(36.0)	(6.6)
(販売工程)	(26.9)	(4.9)
使用・維持管理段階	2.8	0.5
廃棄・リサイクル段階	18.2	3.3
合計	546.4	100

()内の数字は段階内の構成量・割合を表す

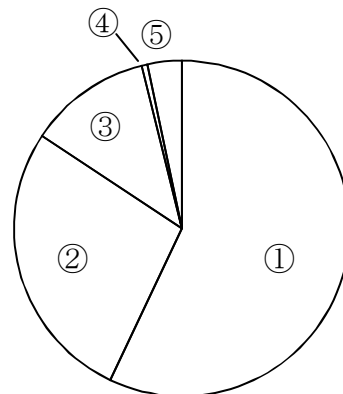


図2 銚子産メロンのライフサイクル5段階のCO₂排出割合
①原料調達段階、②生産段階、③流通・販売段階、④使用・維持管理段階、⑤廃棄・リサイクル段階

4. 考察

4. 1 メロンの栽培方法によるCO₂排出量の比較

4. 1. 1 露地栽培メロンのライフサイクルCO₂排出量の見積もり

露地メロン栽培は、ハウス設備のハウスパイプや外張りフィルムを使わず、畑に直接マルチシートを敷き、その上にトンネル（トンネルパイプとトンネルビニール）を仕立てて栽培する。ここでは、露地メロン栽培からのCO₂排出量を、ハウス設備以外の栽培条件と収穫量を標準シナリオと同一と仮定して見積もった。具体的には、ハウスパイプ由来のCO₂排出量である132.2 g-CO₂/kgと、外張りフィルム由来のCO₂排出量である22.3 g-CO₂/kgを除くことで、露地栽培メロンのCO₂排出量を391.8 g-CO₂/kg（71.7%）と見積もった。つまり、施設栽培された銚子産メロンのCO₂排出量は、露地栽培されたメロンよりも約3割高いCO₂排出量となることを示している。

ハウスを用いたメロン栽培では、支柱を立てメロンを立体的に栽培する「立栽培」を行うことが可能であり、形状が揃い、糖度の高い高付加価値なメロンを栽培することができる。また、銚子地域では、メロン栽培期間後の7月～12月に、トマトなどのナス科の野菜を栽培する二毛作を行い、圃場の連作障害の回避と、ハウス設備の有効利用を行っている。

以上より、原料調達段階のハウス設備由来のCO₂排出量を削減するには、ハウス設備をできるだけ長期間使用することにより、耐用年数を長くすることが重要である。また、一般的には、使用後のハウスパイプを積極的にリサイクルすることにより、原材料の投入量が削減されると解釈できることから、結果的にハウス設備由来のCO₂排出量が削減できると考えられる。

4. 1. 2 加温栽培されたメロンのライフサイクルCO₂排出量の見積もり

ハウスの加温栽培では、栽培工程でA重油を燃料とするボイラー使用を想定した。ここでは、ボイラー本体とそれに付随する加温設備からのCO₂排出量は考慮しない。その他の条件と収穫量は、標準シナリオと同様とした。熊本県野菜振興協会¹⁴⁾への聞き取り調査では、同地域のメロンのハウス栽培において、出荷時期を早めるために、3月にボイラーを使用している。このボイラー使用に伴う燃料（A重油）の使用量は、圃場10aあたり4,000Lに達する。これに伴うCO₂排出量は、11,840 kg-CO₂となる。本研究で用いた圃場10aあたりのメロンの収穫量（2,629kg）を適用すると、このA重油使用に伴うメロン1 kgあたりのCO₂排出量は、4.5 kg-CO₂/kgに相当する。よって、加温栽培されメロンのCO₂排出量は、5,046.4 g-CO₂/kgとなり、銚子産メロンのCO₂排出

量の9.2（546.4/5,046.4）倍に相当する。

本研究で仮定した条件では、加温せずに栽培が可能な銚子地域のメロン栽培は、農閑期に二毛作が可能である点も加えて、気候、風土等の地域特性を活かした適地適作栽培であることが明らかになった。

4. 2 カットオフ項目の検討

PCR基準では、カットオフ基準を「各ライフサイクル段階のCO₂総排出量に対して5%以内」としている。本研究において、これに該当するCO₂の排出項目を表3に示した。「段階内の構成割合」は、その合計が各段階内で100%となる割合とした。

原料調達段階では、ハウス製造工程のトンネルビニール、圃場準備工程の水使用、5種類の肥料使用の構成比が5%以下となった。肥料全体の合計は、6%に達することからカットオフ項目にはならない。生産段階では、栽培工程のすべての農薬使用、収穫工程のモールドバックの使用に伴うCO₂排出量の構成比が5%以下となった。仮にこれらのカットオフに該当する項目を計上しない場合、原料調達段階では-11.7%の276.2 g-CO₂/kgとなり、生産段階では-4.3%の143.2 g-CO₂/kgとなった。その結果、銚子産メロンのCO₂排出量は503.3 g-CO₂/kgとなり、カットオフ項目を計上した場合の92.1（503.3/546.4）%となった。

農薬は、全てを合計しても生産段階、栽培工程の0.5%程度に過ぎない。農薬は、土地の特性や栽培法によって、農家毎に使用する種類と量が異なることが予想される。また、現状では、殺虫剤、殺菌剤、殺虫・殺菌剤、補助剤の原単位についても不正確である場合が多い。これらを考慮すると、栽培工程の燃料や電力使用量からのCO₂排出量の1%程度を見積もるなど、より簡易的に見積もる方法を見いだす必要がある。

4. 3 プロダクトカテゴリールールの必要性

輸送距離を0kmから600kmまで変化させた場合の、銚子産メロンのCO₂排出量の変化を図3に示す。実線は、出荷先までの往復の輸送を10tトラックにて行う標準シナリオでのCO₂排出量の変化を示した。図中の点Aは、標準シナリオでのCO₂排出量を示した。点線は、鉄道輸送を想定し、輸送距離を100kmから600kmまで変化させた場合のCO₂排出量の変化を示した。鉄道輸送では、駅から目的地までの輸送に伴うCO₂排出量の見積もりとして、積載率100%の10tトラックにて10km輸送する場合のCO₂排出量を加えている。10tトラックで600km輸送する場合、全体のCO₂排出量に対する割合は、14.3%に達する。これに対して、鉄道輸送では600km輸送したとしても、全体のCO₂排出量に対する輸送の割合は2.7%にとどまる。

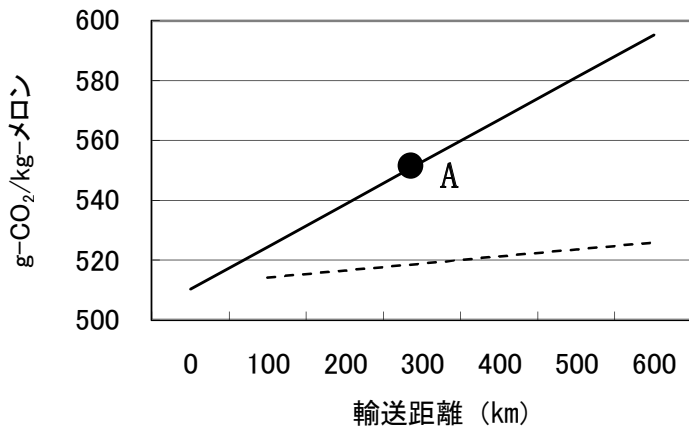


図3 輸送距離と銚子産メロンの CO₂ 排出量との関係。

実践は 10t トラックによる輸送に伴う CO₂ 排出量の変化を表し、点線は主に鉄道輸送による CO₂ 排出量の変化を表す。点 A は、標準シナリオにおける銚子産メロンの CO₂ 排出量を表す。

表3 銚子産のメロンのライフサイクルにおける各段階の CO₂ 排出割合

段階	工程	由来	目名など	段階内の構成割合(%)
原料調達	ハウス製造	ハウス製造	ハウスパイプ	42.3
			ハウスフィルム	7.1
		トンネル	トンネルパイプ	20.2
			トンネルビニール	1.6*
		マルチシート	V マルチ	13.6
		燃料使用	軽油	5.1
		水使用	水道水	4.1*
	圃場準備	肥料	けい酸加里特号	1.6*
			スーパーエコロング	1.1*
			菜種油粕	0.9*
とかちゼオライト			1.0*	
畑のカルシウム			1.4*	
生産		燃料使用	ガソリン	10.7
		電力使用		50.4
	栽培	殺虫剤	アドマイヤー水和	0.02* (合計)
			バリアード顆粒水和	
			チェス顆粒水和	
		殺菌剤	ポリベリン水和	0.17* (合計)
			ベルコート水和	
		ダコニール 1000		
		ランマンフロアブル		
		フォリオブラボー顆粒		
	殺菌・殺虫剤	アプローチ BI	0.05*	
		補助剤	ニーズ	0.05*
包装資材		ダンボール	29.0	
	モールドパック	4.0*		
流通・販売	燃料		5.5	
	輸送	燃料使用	58.7	
使用・維持管理	販売	電力使用	41.3	
	冷蔵	電力使用	100.0	
廃棄・リサイクル	廃棄	ゴミ回収	100.0	

* 段階内の構成割合が5%以下の項目

この結果は、鉄道輸送を想定した場合、広域移動させても CO₂ 排出割合の増加は少ないことを表している。一方で、トラック輸送では設定した輸送距離により CO₂ 排出割合が大きく変化することを表している。輸送距離の設定以外にも、廃棄量の設定、露地栽培と加温栽培の違い、ハウス資材の耐用年数の設定、肥料と農薬の種類と使用量の設定等によっても、CO₂ 排出量は大きく変動する。

以上の結果は、算定範囲や算定方法により CO₂ 排出量が大きく変動することを意味している。そのため、産地間の混乱と不公平を招かないように、国内の主要なメロン生産地の状況を加味して、CO₂ 排出量の計算方法や表示に関する基本的な決まりであるプロダクトカテゴリールール (PCR) を早急に作成する必要がある。

5. まとめ

千葉県銚子市で栽培された標準的なメロンの CO₂ 排出量を試算した。算定範囲は、1. 原料調達段階をハウス準備工程と圃場準備工程、2. 生産段階を栽培工程と収穫工程、3. 流通・販売段階を輸送工程、販売工程、4. 使用・維持管理段階を冷蔵工程、5. 廃棄・リサイクル段階とし、全体で 5 段階 8 工程とした。機能単位は、質量 1kg のメロンとした。

銚子産メロン 1kg あたりの CO₂ 排出量の試算結果は、548.6 g-CO₂/kg となった。CO₂ 排出量の段階毎の内訳は、原料調達段階で 312.9 g-CO₂/kg (構成比 57.0%)、生産段階で 149.6 g-CO₂/kg (27.3%)、流通・販売段階で 65.0 g-CO₂/kg (11.9%)、使用・維持管理段階で 2.8 g-CO₂/kg (0.5%)、廃棄・リサイクル段階で 18.2 g-CO₂/kg (3.3%) となり、原料調達段階からの CO₂ 排出割合が最も多いことが明らかとなった。また、ハウス資材 10a あたりの CO₂ 排出量は、ハウス製造由来の CO₂ 排出量が 406.2 kg-CO₂、トンネル製造由来の CO₂ 排出量が 179.4 kg-CO₂、マルチシート由来の CO₂ 排出量が 112.2 kg-CO₂ になった。この値はハウス圃場の面積あたりで算出しているため、他のハウス野菜でも適用することができると考えられる。

露地栽培と加温栽培されたメロンにつて、栽培方法の違いによる CO₂ 排出量の比較を行った。銚子産メロンの CO₂ 排出量は、露地栽培されたメロンよりも約 3割高い CO₂ 排出量となった。この違いは、原料調達段階のハウス設備由来の CO₂ 排出量が原因であるため、ハウス設備の長期間使用で耐用年数を長くすることにより、これを削減できる可能性が高い。また、加温栽培されメロンの CO₂ 排出量と比較すると、銚子産メロンの CO₂ 排出量は約 1/10 となった。これは、加温せずに栽培が可能な銚子地域のメロン栽培が、気候、風土等の地域特性を活かした、適地適作栽培であることを明確に示し

ている。

カットオフ項目では、特に農薬について検討した。農薬は、①土地の特性や栽培法により農家毎に使用する種類と量が異なること、現状では、②殺虫剤、殺菌剤、殺虫・殺菌剤、補助剤の原単位についても不正確であること等の理由から、栽培工程における燃料や電力使用量からの CO₂ 排出量の 1%程度を見積もるなど、簡易的な見積り方法についても検討するべきと考えられる。

輸送距離の設定や、廃棄量の設定、露地栽培と加温栽培の違い、ハウス資材の耐用年数の設定、肥料と農薬の種類と使用量の設定等により、CO₂ 排出量は大きく変動する。つまり、算定範囲や算定方法により CO₂ 排出量が大きく変動することから、産地間の混乱と不公平を招かないように、国内の主要なメロン生産地の状況を加味して、CO₂ 排出量の計算方法や表示に関する基本的な決まりであるプロダクトカテゴリールール (PCR) を早急に作成する必要がある。

本研究では、銚子産メロンの CFP を、できる限り地域の実情に合わせて、単純化したシナリオ設定で試算した。今後、農産物の CFP 計算をより精密化するには、排出係数の不確実性等を考慮する必要がある。

謝辞

JA ちばみどり農業協同組合営農センター銚子の宮内貞夫氏、千葉県銚子市のメロン栽培農家 加瀬隆男さんには、聞き取り調査に協力して頂いた。また、協栄農資株式会社からはハウス資材のインベントリデータの提供を頂いた。皆様に心から感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 銚子メロン組合 (2010) : 銚子メロンの歴史, 銚子メロン組合ホームページ, 入手先 <<http://www4.ocn.ne.jp/~c-melon/rekisi.htm>>, (参照 2010-8-29)
- 2) 細井徳夫、中野明正、細野達夫、吉岡宏、山田浩二 (2001) : LCA に関する最近の調査研究、実施の動向 1 農業生産技術の LCA (4) 日本のトマト施設栽培および雨よけ栽培の環境影響評価、農林水産技術に関わる LCA 応用施策の検討調査委託事業報告書、20-23
- 3) 小綿寿志 (2008) : 施設園芸のめざす省エネ先端技術とは LCA 手法を用いた施設園芸の環境影響評価への取り組み、農林水産技術ジャーナル、31(8)、36-40
- 4) 林清忠 (2008) : 日本 LCA 学会誌、4(2)、112-118
- 5) Blanke, M., Burdic, B. (2005): Environ Sci & Pollut Res., 12(3), 125-127

-
- 6) Mila i Canals, L., Cowell, S. Sim., Basson, L. (2007) : Environ Sci & Pollut Res., 14(5), 338-344
 - 7) 稲葉敦 (2008) : カーボンフットプリント, 工業調査会, 東京, 8-19
 - 8) 安藤生大 (2009) : 日本 LCA 学会誌, 5 (3), 382-392
 - 9) CO₂排出量の算定・表示・評価に関するルール検討会 (2009)
 - 10) 稲葉敦 (2009) : 日本 LCA 学会誌, 5 (2), 220-228
 - 11) カーボンフットプリント制度試行事務局、CFP 制度試行事業用 CO₂ 換算量共通原単位データベース (暫定版), Carbon Footprint of Products ホームページ、入手先 <<http://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/data.html>>, (参照 2010-8-31)
 - 12) 味の素株式会社、味の素グループ版食品関連材料 CO₂ 排出係数データベース, 味の素株式会社ホームページ、入手先 <<http://www.ajinomoto.co.jp/company/kankyo/pdf/2007/lcco2.pdf>>, (参照 2009-12-9)
 - 13) 独立行政法人 産業技術総合研究所/社団法人 産業環境管理協会, JEMAI-LCA Pro, 東京, 社団法人 産業環境管理協会, (更新日付: 2006-4-24)
 - 14) 熊本県野菜振興協会 (2010) : 熊本県野菜振興協会ホームページ, 入手先 <<http://www.k-engei.net/yasai/>>, (参照 2010-8-29)