

千葉県銚子産メロンのライフサイクルCO₂の試算 その2Estimating of the Life Cycle CO₂ of Melon Produced
in Choshi Area, Chiba Prefecture, vol.2

安藤 生大

Takao ANDO

千葉県銚子市で栽培された標準的なメロンのLC-CO₂を再計算した。本研究での算定範囲、機能単位等は、基本的に安藤(2011b)「千葉県銚子産メロンのライフサイクルCO₂の試算」と同様としたが、①原料調達段階に「播種・育苗工程」を加え、②「圃場準備工程」に日常の農作業に伴う農家からハウスまでの移動に伴う環境負荷(2台の軽トラックの排出CO₂量)を計上し、③廃棄・リサイクル段階にハウス準備工程で1シーズンあたりに廃棄されるフィルム、シート、段ボール、パルプモールド等の環境負荷を計上し、④食品残渣量の見積りの変更等を行った。

銚子産メロンのLC-CO₂の試算結果は、650.2g-CO₂/kgとなった。段階毎の内訳は、原料調達段階で410.6g-CO₂/kg(構成比63.2%)、生産段階で145.0g-CO₂/kg(22.3%)、流通・販売段階で65.1g-CO₂/kg(10.0%)、使用・維持管理段階で2.8 g-CO₂/kg(0.4%)、廃棄・リサイクル段階で26.7g-CO₂/kg(4.1%)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。この中で、複数年使用するハウス製造由来と育苗トンネル由来の資材に由来するCO₂排出量は、ハウス圃場10aあたり、1シーズン(半年)あたり、585.6kg-CO₂となった。この値は、他のハウス野菜についてのLC-CO₂の試算にも適用可能である。

栽培方法の違いでは、露地栽培と比較した場合、ハウス栽培では、2割強高いLC-CO₂となった。このため、ハウス設備をできるだけ長期間使用することや、交換したハウスパイプ等の資材を積極的にリサイクルするなどして、CO₂排出量の削減を心がけるべきである。また、加温栽培されたメロンでは、加温しない銚子産メロンの約7.9倍のLC-CO₂となった。この結果は、加温しない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の栽培であり、環境負荷も小さいことを示している。

輸送距離と輸送方法の違いでは、600km程度の長距離輸送を想定した場合、トラック輸送が鉄道輸送に比較して1割程度高いCO₂排出量となった。しかし、鮮度が重要な商品の輸送方法を選択する場合には、CO₂排出量以外にも、積み荷の積み替え等の作業に伴う余分なエネルギーの使用や、作業性、輸送時間等を総合的に判断する必要がある。

1. はじめに

千葉県銚子市は、「太平洋に突き出た大地の右腕」¹⁾の形をした半島状の地形を呈し、冬季においても温暖な海洋性気候を示すことから、キャベツ²⁾等の多くの農業特

産物³⁾を有する。

安藤(2011b)「千葉県銚子産メロンのライフサイクルCO₂の試算」⁴⁾では、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全体でのCO₂排出量(LC-CO₂)排出量の試算を行った。この試算では、算定範囲を、1)原料調達段階(ハウス準備工程、圃場準備工程)、2)生産段階(栽培工程、収穫工程)、3)流通・販売段階(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た。この試算により、「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

連絡先：安藤生大 tando@cis.ac.jp

千葉科学大学危機管理学部環境危機管理学科

Department of Environmental System Science, School of
Risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science

(2013年10月7日受付, 2013年11月27日受理)

たが、1) 原料調達段階に本来計上すべき「播種・育苗工程」や圃場での廃棄物の処理等によるCO₂排出量を計上するに足る十分な調査ができなかった。

そこで本研究では、基本的な試算条件を安藤(2011b)と同様とし、①原料調達段階に「播種・育苗工程」を加え、②「圃場準備工程」に日常の農作業に伴う農家からハウスまでの移動に伴う環境負荷(2台の軽トラックの排出CO₂量)を計上し、③廃棄・リサイクル段階にハウス準備工程で1シーズンあたりに廃棄されるフィルム、シート、段ボール、パルプモールド等の環境負荷を計上し、④食品残渣量の見積りの変更等を行った。この再計算結果をもとに、(1)露地栽培やハウス加温の有無等の栽培方法の違いによるCO₂排出量の比較、(2)輸送距離と輸送方法の違いによるCO₂排出量の比較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⁵⁾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。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栽培されており、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。このアムスメロンは栽培管理が難しいとされることから、1月～6月の期間に、主にハウス内で栽培されることが多い。メロンの農閑期にあたる7月～12月は、同一のハウスを利用して、ナス科のトマトの栽培が行われている。両品種とも、栽培時期を工夫することにより、ポイラー等による施設加温を全く行うことなく栽培されている。

本研究における評価対象は、2008年1月～6月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”)に出荷されたアムスメロン(以後“メロン”)とした。これ以外の品種については、栽培方法等が大きく異なることから、本研究の評価対象に含めていない。また、アムスメロンの中でもJAちばみどりに出荷しない系統外出荷分についても、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、毎年の圃場の維持管理方法の違いや、耕作物の種類等により、一般的な発生量を特定することが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(ハウス準備工程、圃場準備工程、播種・育苗工程)、2.生産段階(栽培工程、収穫工程)、3.流通・販売段階(輸送工程、販売工程)、4.使用・維持管理段階(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)。

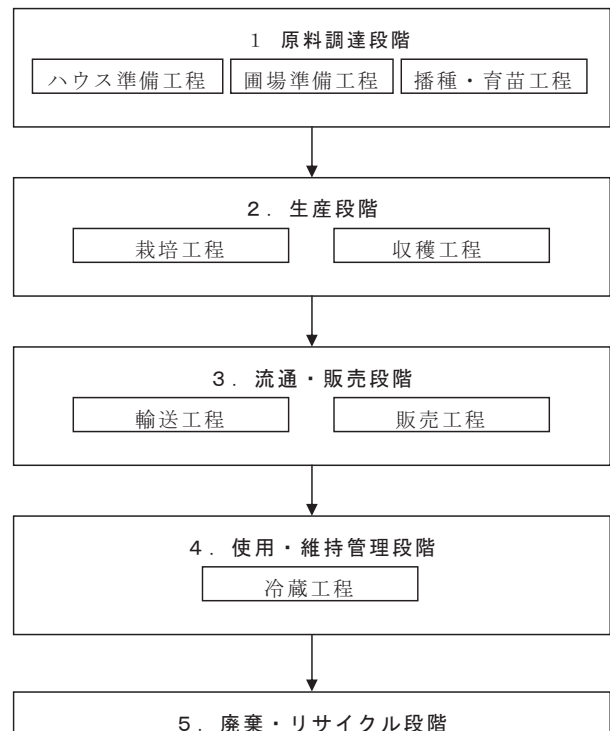


図1 本研究におけるライフサイクルフロー図

なお、カーボンフットプリント(CFP)試行事業における野菜・果実のプロダクト・カテゴリ・ルール(PCR)⁶⁾では、複数年使用する資材は対象外としているが、ハウスをつくる構造用金属パイプ(以後ハウスパイプ)と外張りに使うフィルム等のハウス資材については全ライフサイクルへの寄与が大きいと予想されるため、評価範囲に含めた。

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。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。

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)⁷⁾、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⁸⁾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⁹⁾から得た(表1)。

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
低密度ポリエチレン	1.43	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
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
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
その他の有機質肥料	0.062	kg	味の素データベース
水道水	0.211	m ³	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
両面ダンボール	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（軽トラック、積載率0%）	1.76	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（軽トラック、積載率100%）	0.502	t・km	CFP 共通原単位
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（10tトラック、積載率100%）	0.12	t・km	CFP 共通原単位
鉄道輸送	0.20	t・km	CFP 共通原単位

3. 結果

聞き取り調査を実施したメロン農家は、JAちばみどりの推薦をもとに選定した。同農家では、前回調査を実施した2010年時点と同様のハウス施設を使用しており、ハウス内の圃場面積も130aである。今回の試算では、前回の試算結果との比較を目的として2008年のメロン出荷量(341,767kg)を使用し、この値をもとにハウス圃場10aあたりの平均的なメロンの収穫量を前回同様に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、ハウス製造由来、育苗トンネル由来、栽培用マルチシート由来のCO₂排出を想定し、ハウス内の圃場10aあたりに換算して試算した。

ハウス製造由来では、ハウスパイプと外張りフィルムの使用に伴うCO₂排出が想定される。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。調査したメロン農家のハウスでは、ハウスパイプの使用量が8799.7kg、耐用年数が30年であった。この場合の全CO₂排出量は、20,855.3 kg-CO₂となった。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、ハウスパイプの耐用年数である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排出量の1/60として、347.6 kg-CO₂となった。同様に、ハウスの外張りフィルム(入力項目:ポリプロピレン)は、使用量が348.8kgであることから、CO₂排出量は586.0kg-CO₂となった。耐用年数は5年(10シーズン)であるので、1シーズンでは58.6kg-CO₂となった。以上より、ハウス製造由来のCO₂排出は、1シーズンあたり406.2kg-CO₂となった。

育苗トンネル由来の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、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1シーズンあたり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(黒マルチ:19.3g/㎡)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。圃場10aあたりでは、約920㎡相当で17.8kgの使用量となる。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51.6kg-CO₂となった。

以上より、ハウス準備工程でのハウス内の圃場10aあたり、1シーズンあたりのCO₂排出量は637.2kg-CO₂となり、メロン1 kgあたりでは242.4 (637.2/2,629) g-CO₂/kgとなった。

3. 1. 2 圃場準備工程

調査したメロン農家では、日常の農作業のために、1月中旬から6月末日まで(166日間と仮定)、自宅からハウス間の往復1kmの区間を、2台の軽トラック(積載率0%と仮定)で、一日に平均2往復している。この移動に伴うCO₂排出量は、116.9 kg-CO₂となった。

圃場準備工程では、耕運作業、肥料、土壌殺虫剤、これらの輸送、および散水用の水の使用に由来するCO₂排出を想定し、ハウス内の圃場10aあたりに換算して試算した。

耕運作業では、主に作付け前の耕起に使用するトラクターから約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となった。

圃場10aあたりに投入される肥料の種類(一部商品名)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、有機肥料と自家製堆肥(入力項目:有機質肥料)を1700kg(内1500kgは自家製堆肥)投入する。これらの肥料の使用に伴うCO₂排出量は151.1kg-CO₂となった。

苗の定植前には、土壌殺虫剤(商品名:D-D剤、入力項目:殺虫剤)を圃場10aあたり9.63kg使用する。これによるCO₂排出量は43.13kg-CO₂となった。

肥料や殺虫剤は、営農センター旭(往復6km)より購入し、積載率100%の軽トラックで輸送したとした。この場合のCO₂排出量は1.35kg-CO₂となった。

苗を植える前日には、160tの水(入力項目:水道水)を散布する。これによるCO₂排出量は33.8 kg-CO₂となった。

以上より、圃場準備工程でのハウス内の圃場10aあたりのCO₂排出量は388.07kg-CO₂となり、メロン1 kgあたりでは147.61 g-CO₂/kgとなった。

3. 1. 3 播種・育苗工程

播種・育苗作業では、育苗ポットの使用、苗床用の培土、これらの輸送、および苗の加温に使用する温床線の電力使用に由来するCO₂排出を想定し、ハウス内の圃場10aあたりに換算して算出した。

育苗ポットは、LDPE製(入力項目:低密度ポリエチ

レン)で、直径9cm、重さが3.3g/個である。使用数は圃場10aあたり900個(2.9kg)であり、この使用に伴うCO₂排出量は4.25kg-CO₂となった。

苗床用の培土(入力項目:植物質肥料)は、圃場10aあたりで300kg使用する。この製造に関わるCO₂排出量は27.3kg-CO₂となった。

メロンの種、育苗ポット、育苗用倍土は、営農センター旭より購入し、積載率100%の軽トラックで輸送したとして、CO₂排出量は0.93kg-CO₂となった。

銚子地域のメロン栽培における育苗時期は、1月下旬となることから、温床線による加温が行われる。具体的には、1日8時間程度、約35日間の加温が行われることから、これに伴う電力使用量は44.8kWhとなり、CO₂排出量は21.68kg-CO₂となった。

以上より、播種・育苗工程でのハウス内の圃場10aあたりのCO₂排出量は54.16kg-CO₂となり、メロン1kgあたりでは20.60 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、散水用の水の使用、農薬の使用とその散布、立ち栽培に伴う誘引ヒモの使用、換気扇の使用に伴う電力使用、に由来するCO₂排出を想定し、ハウス内の圃場10aあたりに換算して算出した。

1シーズン中に散布される水(入力項目:水道水)の量は、50tに達する。これに伴うCO₂排出量は10.55kg-CO₂となった。

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、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排出量は合計で14.7 kg-CO₂となった。

農薬の散布には、動力噴霧器を用い、1シーズンあたり0.92Lの燃料用軽油を使用した。これに伴うCO₂排出量は2.58kg-CO₂となった。

ハウス内では立ち栽培を行うため、苗の成長にあわせ、誘引ヒモ(入力項目:ポリプロピレン)を、合計で1.98kg用いる。この使用にともなうCO₂排出量は、3.33kg-CO₂/kgとなった。

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、1シーズンあたり409.6kWhに達する。この電力使用に伴うCO₂排出量は198.25kg-CO₂となった。

以上より、栽培工程でのハウス内圃場10aあたりのCO₂排出量は229.4kg-CO₂となり、メロン1kgあたりでは87.25g-CO₂/kgとなった。

3. 2. 2 収穫工程

収穫工程では、包装資材の使用と集荷場までの輸送に

由来するCO₂排出を想定し、ハウス内の圃場10aあたりに換算して算出した。なお、本研究では選別作業時の環境負荷は計上していない。

包装資材は、梱包用ダンボール箱(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)が使用される。調査した農家では、1シーズンにおける圃場全体(130a)の収穫量に対して、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。よってハウス内圃場10aあたりのCO₂排出量は、130.0(1690.0/13) kg-CO₂となった。

ハウスから集荷場までの輸送距離は、往復10 kmとした。ハウス圃場全体(130a)での輸送重量は、包装資材が3.75t、メロンが34.18tとなり、合計で37.93tとなった。調査したメロン農家では、この輸送に2tトラック(積載率75%)1台と軽トラック(積載率50%)2台を使用する。ここでは、これら3台で均等(1台あたり12.64t)に輸送するとして、2tトラック1台からのCO₂排出量が32.0kg-CO₂と、軽トラック2台からのCO₂排出量が252.8kg-CO₂となった。よって、輸送由来のCO₂排出量は圃場130aあたり284.8kg-CO₂となり、メロン1kgあたりでは8.3(284,800/341,767) g-CO₂/kgとなった。

以上より、収穫工程でのCO₂排出量は、メロン1kgあたりで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、東京都中央卸売市場北足立市場(足立区入谷六丁目3-1)、新宿ベジフル(株)(新宿区北新宿4-14-10)、東京青果(株)大田市場(大田区東海3-2-1)、仙台中央青果卸売(株)(仙台市若林区卸町4-3-1)、名古屋青果(株)(名古屋市中熱田区川並町2-22)等に出荷される。それぞれの出荷先の往復距離と出荷量を基に、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。本研究では、市場から販売店舗間の輸送に伴う環境負荷を計上していない。

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から、2008年の店舗及び倉庫部分での電力使用量は166,445kWh、店舗のメロン売り場面積が約1.8㎡（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。メロン購入後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26.9g-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日間冷やすとした。この冷蔵庫の1日の使用電力量は、実測の結果2.01kWh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と見積もった。

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

原料調達段階のハウス準備工程では、10aあたり、1シーズンで、ハウスの外張りフィルムを34.9kg、内張りフィルムを8kg、農業用マルチシートを38.7kg使用する。これらの農業用フィルム（81.6kg）を、人力で廃棄し、自ら積載率25%の軽トラックで、市の清掃センターまで往復10km輸送するとした。この場合のCO₂排出量は1.64kg-CO₂となり、メロン1 kgあたりでは0.5 g-CO₂/kgとなった。

また、梱包用ダンボール箱（425g）と緩衝材のパルプモールド（75g）は、平均的に約4kgのメロンを収納することから、メロン1 kgあたりの廃棄量は0.125kgと見積もれる。加えて、食後の残渣は、食品成分データベース¹⁰⁾の「路地メロン」の廃棄率を参考に、メロン重量の45%（0.45kg）とした。これらの合計は、メロン1 kgあたりで0.575kgの廃棄量となり、これら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26.2g-CO₂/kgとなった。

以上より、廃棄・リサイクル段階でのCO₂排出量は26.8g-CO₂/kgとなった。

3. 6 銚子産メロンのCFP

ハウス栽培された銚子産メロン1kgあたりのLC-CO₂は、原料調達段階で410.6g-CO₂/kg（構成比63.2%）、生産段階で145.0g-CO₂/kg（22.3%）、流通・販売段階で

65.0 g-CO₂/kg（10.0%）、使用・維持管理段階で2.8 g-CO₂/kg（0.4%）、廃棄・リサイクル段階で26.7g-CO₂/kg（4.1%）となり、合計で650.2g-CO₂/kgとなった（表2）。試算結果に基づくLC-CO₂排出割合を図2に示した。最も多いのは、原料調達段階のハウス準備工程であり、全体の37.3%に達した。この中で、複数年使用する資材（ハウス製造由来と育苗トンネル由来）のみに由来するCO₂排出量は、ハウス圃場10aあたり、1シーズン（半年）で585.6kg-CO₂となった。この値は、ハウス圃場10aあたり、半年間あたりでのCO₂排出量なので、他のハウス野菜についても適用することができる。例えば、野菜によって異なる栽培期間や、ハウス圃場10aあたりの生産量等を調べれば、比較的容易にLC-CO₂の試算が可能となる。

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	段階% (工程%)
原料調達段階 (ハウス準備工程) (圃場準備工程) (播種・育苗工程)	410.6 (242.4) (147.6) (20.8)	63.2 (37.3) (22.7) (3.2)
生産段階 (栽培工程) (収穫工程)	145.0 (87.3) (57.7)	22.3 (13.4) (8.9)
流通・販売段階 (輸送工程) (販売工程)	65.1 (38.2) (26.9)	10.0 (5.9) (4.1)
使用・維持管理段階	2.8	0.4
廃棄・リサイクル段階	26.7	4.1
合計	650.2	100

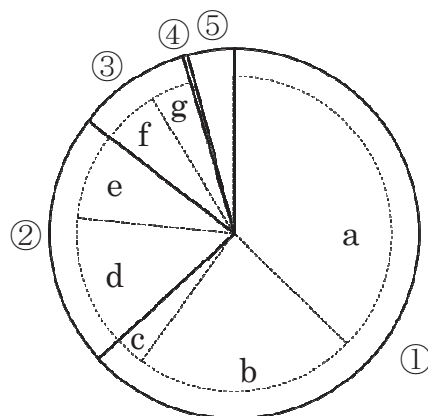


図2 銚子産メロンのライフサイクル5段階（7工程）のCO₂排出割合（数値は表2参照。）

- ①原料調達段階（a：ハウス準備工程、b：圃場準備工程、c：播種・育苗工程）
- ②生産段階（d：栽培工程、e：収穫工程）
- ③流通・販売段階（f：輸送工程、g：販売工程）
- 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LC-CO₂の比較

4. 1. 1 露地栽培されたメロンのLC-CO₂との比較

メロンの露地栽培は、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。このため、ハウス栽培された銚子産メロン1kgあたりのLC-CO₂(650.2g-CO₂/kg)から、原料調達段階のハウス製造由来のCO₂排出量(154.5g-CO₂/kg)と、立ち栽培に使う誘引ヒモの使用に伴うCO₂排出量(1.3g-CO₂/kg)を引くことで、露地栽培メロンのLC-CO₂を見積もった。試算結果は、494.4g-CO₂/kgとなり、ハウス栽培されたメロンの76.0%となった。

ハウス栽培では、立ち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、メロン栽培後の7月～12月には、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。

しかし、ハウス栽培されたメロンは、露地栽培と比較すると、2割強高いLC-CO₂となったことから、ハウス設備をできるだけ長期間使用することや、交換したハウスパイプ等の資材を積極的にリサイクルするなどして、CO₂排出量の削減を心がけるべきである。

4. 1. 2 加温栽培されたメロンのLC-CO₂との比較

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。熊本県野菜振興協会¹¹⁾への聞き取り調査によると、同地域のメロンのハウス栽培では、出荷時期を早めるために、3月にボイラーを使用する。このボイラー使用に伴う燃料(入力項目:A重油燃焼)の栽培期間中の使用量は、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。仮に、本研究で用いた圃場10aあたりのメロンの収穫量(2,629kg)を適用して、このA重油使用に伴うメロン1 kgあたりのCO₂排出量を試算すると、4503.6g-CO₂/kgとなる。その他の条件についても、本研究の試算条件を適応した場合、加温栽培されたメロンのLC-CO₂は、5,153.8g-CO₂/kgとなり、銚子産メロンの約7.9(5,153.8/650.2)倍に達した。

以上の試算結果は、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り、環境負荷も小さいことを示している。

4. 2 輸送距離と輸送方法によるLC-CO₂の比較

銚子産メロンを東京周辺の市場に出荷する場合と仙台市場に出荷する場合を念頭に、輸送距離を100kmから600kmまで変化させた場合の、銚子産メロンのLC-CO₂

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トラックで行った場合のLC-CO₂の変化を示した。図中の点Aは、往復の輸送距離を270kmとした場合のLC-CO₂を示した。点線は、鉄道輸送(表1)を想定し、輸送距離を100kmから600kmまで変化させた場合のメロンのLC-CO₂の変化を示した。この場合、集荷場から出発地の駅までと目的地の駅から小売店までを、積載率100%の10tトラックで、合計20km輸送するとした。

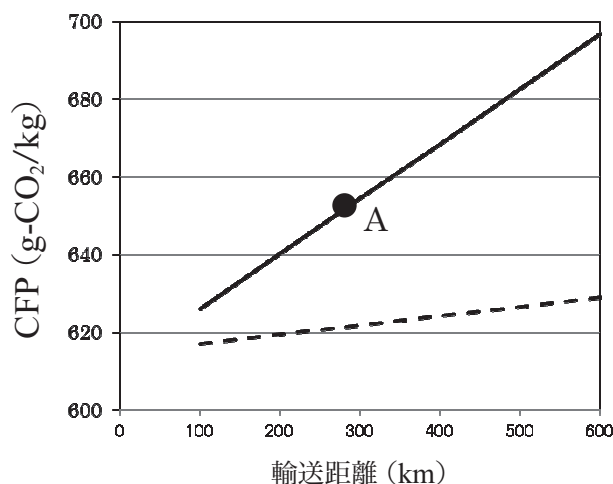


図3 輸送距離と銚子産メロンのCO₂排出量との関係

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

鉄道輸送ではトラック輸送に比べて、広域移動に伴うCO₂排出量の増加は少ない。例えば、600kmを輸送する場合でも、鉄道輸送によるLC-CO₂は629.0 g-CO₂/kgであるのに対して、トラック輸送では約10%多い696.8 g-CO₂/kgとなった。この結果のみからは、鉄道輸送の環境優位性が明らかなので、積極的に輸送手段の転換(モーダルシフト)を進めるべきとの結論となる。しかし鉄道輸送の場合、本研究では考慮していないが、積み荷の積み替え等の作業に伴い、余分のエネルギーと手間や時間が必要となることが容易に想像できる。よって、メロンのように傷みやすく、鮮度が重要な商品の場合、余分な手間の削減(例えばトラック自体を貨車輸送するなど)や、大幅な輸送時間の短縮等の明確な利点がない限り、LC-CO₂の削減のみの理由では鉄道輸送へのモーダルシフトは難しいかもしれない。

5. まとめ

千葉県銚子市で栽培された標準的なメロンのLC-CO₂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。本稿では、安藤(2011b)「千葉県銚子産メロンのライフサイクルCO₂の試算」で本来計上すべき圃場への堆肥投入や「播種・育苗工程」、さらには圃場での廃棄物の処理等によるCO₂排出量を計上するに足る十分な調査ができなかったため、この部分を含めた再計算を行った。

LC-CO₂の試算結果は、650.2g-CO₂/kgとなった。この結果と安藤(2011b)の試算結果(548.6 g-CO₂/kg)と比べると、101.6 g-CO₂/kgの増加となった。これは、原料調達段階での圃場への堆肥投入や圃場準備工程からのCO₂排出量の増加が主な要因である。段階毎の内訳は、原料調達段階で410.6g-CO₂/kg(構成比63.2%)、生産段階で145.0g-CO₂/kg(22.3%)、流通・販売段階で65.0 g-CO₂/kg(10.0%)、使用・維持管理段階で2.8 g-CO₂/kg(0.4%)、廃棄・リサイクル段階で26.7g-CO₂/kg(4.1%)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。この中で、複数年使用するハウス製造由来と育苗トンネル由来の資材に由来するCO₂排出量は、ハウス圃場10aあたり、1シーズン(半年)あたり、585.6kg-CO₂となった。この値は、他のハウス野菜についても適用可能である。

栽培方法の違いでは、露地栽培と比較した場合、ハウス栽培では、2割強高いLC-CO₂となった。このため、ハウス設備をできるだけ長期間使用することや、交換したハウスパイプ等の資材を積極的にリサイクルするなどして、CO₂排出量の削減を心がけるべきである。また、加温栽培されたメロンでは、加温しない銚子産メロンの約7.9倍のLC-CO₂となった。この結果は、加温しない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の栽培であり、環境負荷も小さいことを示している。

輸送距離と輸送方法の違いによるLC-CO₂の比較では、600km程度の長距離輸送を想定した場合、トラック輸送が鉄道輸送に比較して1割程度高いCO₂排出量となった。しかし、鮮度が重要な商品の輸送方法を選択する場合には、CO₂排出量以外にも、積み荷の積み替え等の作業に伴う余分なエネルギーの使用や、作業性、輸送時間等を総合的に判断する必要がある。

本研究では、銚子産メロンのLC-CO₂の試算を、できる限り地域の実情に合わせた条件にて行なったが、今後、同様の試算を行う場合には、排出係数の不確実性等を考慮する等、より精密化を心掛ける必要がある。

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、向後昌明氏、千葉県銚子市のメロン栽培農家 加瀬隆男氏には、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。ご協力頂いた皆様に心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 日本ジオパークネットワーク(2013):銚子ジオパーク, 日本ジオパークネットワークホームページ, 入手先<<http://www.geopark.jp/geopark/choshi/index.html>>, (参照2013-8-1)
- 2) 安藤生大(2010):日本LCA学会誌, 6(3), 234-241
- 3) 安藤生大(2011a):日本LCA学会誌, 7(4), 387-395
- 4) 安藤生大(2011b):千葉科学大学紀要, 第4号, 21-29
- 5) 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)
- 6) 一般社団法人産業環境管理協会、商品種別算定基準(PCR)(認定PCR番号:PA-BF-01)対象製品:野菜および果実、カーボンフットプリント算定・表示試行事業 <http://www.cfp-japan.jp/common/pdf_authorize/000032/PA-BF-01.pdf>, (参照2012-1-31)
- 7) 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)
- 8) 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.com/jp/activity/environment/pdf/2010/lcco2.pdf>>, (参照2010-10-15)
- 9) 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)
- 10) 文部科学省(2013):食品成分データベース, 文部科学省ホームページ, 入手先 <<http://fooddb.jp/>> (参照2013-7-23)
- 11) 熊本県野菜振興協会(2010):くまもとの野菜, 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)

Estimating of the Life Cycle CO₂ of Melon Produced in Choshi Area, Chiba Prefecture, vol.2

Takao ANDO

*Department of Environmental System Science, School of Risk and Crisis Management,
Chiba Institute of Science*

This study estimates the Life cycle CO₂ (LC-CO₂) of melon (variety: Ams melon) growing in greenhouse produced in Choshi area, Chiba Prefecture. The functional unit is adopted to express “carbon footprint, denoted as CFP” per emission per kilogram of melon. The system boundary of melon is classified into five stages, some of which is further divided, and finally eight processes, and LC-CO₂ is calculated as the total amount of CO₂eq emitted from each process. This estimated result compares with those of growing in warming greenhouse by fossil fuel in Kumamoto Prefecture, and discusses the cause of the difference between them. In addition, the effects of changing the transportation method and distance on total LC-CO₂ are considered from the viewpoint of the reduction of environmental burden.

The estimated result of LC-CO₂ of melon produced in Choshi area was 650.2 g-CO₂eq/ kg. Followings are the results obtained for the five lifecycle stages: the raw materials procurement stage: 410.6 g-CO₂eq (component ratio: 63.2%), the production stage: 145.0 g-CO₂eq (22.3%), the distribution and selling stage: 65.1 g-CO₂eq (10.0%), the operation and maintenance stage: 2.8 g-CO₂eq (0.4%), and the disposal and recycling stage: 26.7 g-CO₂eq (4.1%). Most of the CO₂ is emitted from the facility building process in the raw materials procurement stage, especially from the multi-year used material, e.g. house pile and plastic sheet, which accounts for 37.3 % of the total melon LC-CO₂.

Comparing the LC-CO₂ of melon growing in non-warming greenhouse in Choshi area to that of warming greenhouse in Kumamoto Prefecture, the later accounts for almost 8 times over for the burning fossil fuel. Therefore, it is clear that the non-warming production system in Choshi area is environmentally - friendly agricultural systems. In addition, it is clear that the over 600km transportation, truck transport accounts for only 10 % over than rail transport of the total melon LC-CO₂. Thus the change of transportation method should not widely contribute the reduction of environmental burden.