

## 銚子産キャベツのカーボンフットプリント

### The Cabbage's Carbon Footprint in Choshi Area, Chiba Prefecture, Japan.

安藤 生大

Takao ANDO

千葉県銚子産のキャベツについて、その栽培から廃棄までのライフサイクルから排出された温室効果ガスを、CO<sub>2</sub>量 (g-CO<sub>2</sub>) で表した環境コミュニケーション指標である「カーボンフットプリント (CFP)」を計算した。機能単位は、キャベツの重量 1kg 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量 (g-CO<sub>2</sub>/kg) とした。平均的なシナリオ設定による各ライフサイクルステージからの CO<sub>2</sub> 排出量は、栽培段階から 12.0g-CO<sub>2</sub> (構成比: 3.6%)、収穫段階から 35.7g-CO<sub>2</sub> (10.8%)、保管段階から 12.0g-CO<sub>2</sub> (3.6%)、輸送段階から 42.5g-CO<sub>2</sub> (12.9%)、販売段階から 7.9g-CO<sub>2</sub> (2.4%)、冷蔵段階から 25.6g-CO<sub>2</sub> (7.8%)、調理段階から 127.2g-CO<sub>2</sub> (38.6%)、廃棄段階から 66.3g-CO<sub>2</sub> (20.1%) となり、銚子産キャベツの CFP は 329.2g-CO<sub>2</sub>/kg となった。各ライフサイクルステージにおいて CFP の削減シナリオを設定して再計算すると、約 1/3 の 119.9g-CO<sub>2</sub>/kg に削減できた。これは、シナリオ設定により CFP が大きく変動することを意味する。つまり、CFP の計算方法に関する「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。土壌 (畑) には、植物 (農産物) を経由して、大気中の CO<sub>2</sub> が蓄積される。しかし、人間が化石燃料を利用して大量の農産物を流通・消費・廃棄するようになると、CFP に相当する CO<sub>2</sub> が大気中に排出される。これは、極めて大きな環境負荷である。2008 年末から始まる食料品や日用品への CFP の表示は、その意味の理解を通じて、個人の日常生活とグローバルな地球環境問題とのつながりを実感させ、両者の間に横たわるミッシング・リンクを効果的に再生させる可能性がある。

#### 1. はじめに

カーボンフットプリント (「炭素の足跡」、以後 CFP と略称する) は、「製品のライフサイクル (資源の採掘から廃棄まで) 全般を通じて排出された温室効果ガスを CO<sub>2</sub> 量で表したものである<sup>1)</sup>。これを食料品や日用品を中心に表示する試みが、2008 年末から始まる予定である。

CFP の表示は、これまで直接的に意識することが難しかった日常生活からの CO<sub>2</sub> 排出量を、具体的に「見える化」するための手法として期待されている。CFP の表示により、日常生活からの CO<sub>2</sub> の排出が見えれば、CFP が商品選択の基準となり、持続可能な消費行動につながる。これは、低炭素社会の実現のために大きな役割を果たすことになる。また、表示された CFP の意味を理解することで、日常生活とグローバルな地球環境問題とのつながりを認識することができるようになる。つまり、CFP は効果的な環境教育の教材になりえる。

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、農業生産に非常に適した地域である。特に、4月～6月に収穫される春系キャベツにおいては、日本一の出荷量を誇る大生産地となっている。平成 18 年度の千葉県のキャベツ生産量は、年間約 13 万 t で、全国シェアの約 10% を占め、愛知県、群馬県に次いで全国 3 位となっている<sup>2)</sup>。このうち、銚子市の出荷量は 6.3 万トンに達し、千葉県全体のほぼ半分を占め、全国シェアの 5% に達する。つまり、銚子市におけるキャベツは、極めて大規模な生産がなされており、その流通、消費全般を含めたライフサイクル全般は、地域環境に大きな影響を与えている。

本研究では、銚子市において最も身近で、関心の高い農産物であるキャベツの CFP の計算を行った。これにより、日常生活と地球環境、地域環境と地球環境のつながりを理解し、低炭素社会の実現のための環境配慮行動を促すことが目的である。具体的には、生産から廃棄までに 8 段階のライフサイクルステージを設定し、キャベツの CO<sub>2</sub> 排出量 (CFP 値) の計算を行った。各ライフサイクルステージでは、CO<sub>2</sub> 排出に関する平均的な前提条件 (シナリオ) の設定と、CO<sub>2</sub> 排出量の削減を意識した“削減シナリオ”を設定して、CFP 値の比較を行った。この結果から、(1) 各ライフサイクルステージにおいて CFP 値に大きな影響を与えるステージを特定し、特に廃棄段階に

---

千葉科学大学危機管理学部環境安全システム学科  
Department of Environmental System Science, Faculty  
of risk and Crisis Management, Chiba Institute of  
Science

(2008 年 10 月 1 日受付, 2008 年 12 月 24 日受理)

おける感度分析を行い、(2) シナリオ設定の違いが CFP 値に与える影響を検討し、最後に (3) CFP の環境コミュニケーションツールとしての可能性を評価した。

## 2. カーボンフットプリントの概観

### 2. 1 カーボンフットプリントの効果

CFP を製品に表示することは、事業者にとって温暖化対策を消費者にアピールする際に有効な環境コミュニケーション手法である。消費者は CFP を参考に商品選択することで、自身の CO<sub>2</sub> 排出量を自覚し、環境負荷の少ない消費行動(持続可能な消費行動)を選択することができる。これは、環境意識の高い事業者を選別することにつながり、社会全体としての低炭素社会の実現にむけた取り組みとなる。また、CFP は最終製品に表示されることから、原材料供給や流通、廃棄段階まで含めたサプライチェーン全体においても、CO<sub>2</sub> 排出削減努力の拡大と、取り組み姿勢の違いによる事業者選択が行われることになる。加えて、CFP 値の算定のための CO<sub>2</sub> 排出量の正確な測定は、カーボンオフセット(炭素の相殺)<sup>3)</sup>の普及にも貢献する。

### 2. 2 CFP の実施上の課題

CFP の計算と表示における課題を以下に列挙する。

(1) CFP の計算に用いるフォアグラウンドデータとバックグラウンドデータの使用方法に関するルールを決める必要がある。前者は実験、実測、聞き取り調査等における自らのデータ収集を基本とし、後者は ISO-14040/44(LCA) に基づき最も一般的なデータを使う必要がある。

(2) 各ライフサイクルステージの CFP 値の計算において、不足データがある場合には、適切な仮定による「カットオフルール」を設定し、100%換算して表示する必要がある。

(3) CFP 値の計算にあたっては、シナリオ設定により、大きく値が変動する。このため、混乱と不公平を招かないように、同一製品ごとに生産者同士が表示方法に関する決まり(プロダクトカテゴリールール)を早急に作成する必要がある。本論で扱うキャベツの場合、愛知県、群馬県、北海道、茨城県、神奈川県等の主要な生産地と、CFP のプロダクトカテゴリールールに関する合意を形成する必要がある。

(4) CFP とエコリーフとの差別化を行う必要がある。国内の工業製品のライフサイクルを通じての環境影響評価については、エコリーフ(ISO-14025 環境ラベルタイプⅢ)が先行している。CFP は、食品や日用品を中心に表示される予定であり、評価指標も温室効果ガスを CO<sub>2</sub> 換算して表示されるのみであ

る。このため、両者の意味や使用、対象商品などの差別化が必要である。

### 2. 3 国際標準(ISO)化への動き

CFP 算定基準の ISO 化に向けては、技術委員会(TC207)が検討を開始している。ISO 化に向けた提案が各国投票で可決された場合、2008 年中にも本格的な取り組みが始動する予定である。その後、最大 3 年程度の作業期間を経て、国際規格(IS)が発行される予定である。現在における ISO 化に向けての主な論点は、(1) ISO-14040/44(LCA)を基礎とする CO<sub>2</sub> 排出量の定量化の方法において、再生可能エネルギーの扱いや、土地利用の変化による CO<sub>2</sub> の算定方法を決める必要があること、(2) CFP は、ISO-14025(環境ラベルタイプⅢ)を基礎とする環境コミュニケーション手法であることから、「プロダクトカテゴリールール」の策定を早急に行う必要があること等である。

## 3. 方法

### 3. 1 評価対象とシステム境界

千葉県銚子市では、主に金系キャベツが栽培されている。銚子市西部地域では主に春季(4月~6月)収穫であるが、東部地域では春季に加えて、冬季(11月~翌年3月)にも収穫する二期作が行われている。本研究における評価対象は、2007年に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”)に入荷したキャベツ63,378tとした。

システム境界は、キャベツの栽培段階、収穫段階、保管段階、輸送段階、販売段階、冷蔵段階、調理段階、廃棄段階とした(図1)。

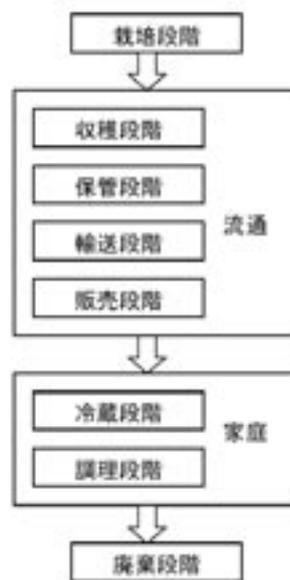


図1 キャベツのシステム境界

### 3. 2 機能単位と計算方法

平均的なキャベツの重量を、1個あたり1.25kgとし、その容積を2.5Lと仮定した。機能単位は、キャベツの重量1kg当たりのCO<sub>2</sub>排出量(g-CO<sub>2</sub>/kg)とした。CFP値は、システム境界に示した段階ごとのCO<sub>2</sub>排出量を積み上げて求めた。

重量等の単位は、聞き取り調査や文献で示されたものをそのまま用いた。計算は、小数点以下第1位までを有効数字として求めた。

### 3. 3 インベントリータの収集方法

フォアグラウンドデータの採取は、聞き取り調査と実測により行った。聞き取り調査は、JAちばみどり、(株)カスミ南小川店(銚子市南小川町724番地)において行った。使用電力量の実測は、(株)ENEGATE社製「エコワットEW-3」にて行った。

バックグラウンドデータは、主として汎用的なLCAソフトウェアであるJEMAI-LCA Pro Ver. 2.1.2のデータベース<sup>4)</sup>を利用した。具体的には、燃料用軽油1Lの使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量は、2.7kg-CO<sub>2</sub>とした。トラック輸送では、1.5tトラックにおいて1tの荷物を1km運ぶ(1tk)場合のCO<sub>2</sub>排出量を194g-CO<sub>2</sub>/tkmとし、15tトラックでは113g-CO<sub>2</sub>/tkmとした。2007年の東京電力の電力原単位は、425g-CO<sub>2</sub>/kwhとした<sup>5)</sup>。その他の不足データは、メーカー、工業会への問い合わせ、ホームページにおける記載事項、製品カタログ等から引用した。

## 4. 結果

各ライフサイクルステージにおいて、平均的なシナリオ設定によるCO<sub>2</sub>排出量を計算し、それらの合計としてCFPの計算を行った。

### 4. 1 栽培段階

栽培段階では、イネ科の1年草であるモロコシ(ソルダム)を、本地域の農閑期にあたる7月~8月に栽培し、これを鋤きこみ、緑肥として利用する有機農法を想定した。このため、化学肥料の施肥は想定していない。銚子市の標準的な畑では、キャベツの植え付け前に、10a当たり合計3回(各1時間)のトラクターによる耕運作業が行われる。加えて、乗用の苗植え込み機(半自動定植機)でキャベツ苗の植え付け作業を行う。農家での聞き取り調査によると、これらの作業で約20Lの燃料用軽油が使用される。これによるCO<sub>2</sub>排出量は54.0kg-CO<sub>2</sub>と計算された。JAちばみどりでの聞き取り調査から、畑10a当たりの平均的なキャベツの収穫量は4.5tとした。以上より、栽培段階でのCO<sub>2</sub>排出量は12.0g-CO<sub>2</sub>/kgとなった。

### 4. 2 収穫段階

収穫段階では、0.95m<sup>2</sup>のダンボール原紙を使用したダンボール箱(40cm×60cm×20cm、重量0.9kg)に、8個のキャベツ(10kg)を入れて収穫する。ダンボール箱は、軽量であるため作業性にすぐれ、強度も高いことから積み重ねることが可能であり、適度に湿気を吸収するため鮮度保持にも役立つ。更に、ダンボール箱の外側には銚子を象徴する“灯台”印が印刷されており、ブランドイメージの創出にも貢献している。加えて、ダンボール箱には生産者の氏名と生産者番号が記載されており、キャベツのトレーサビリティにも貢献している。

ダンボールのCO<sub>2</sub>排出原単位は352.5g-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup><sup>6)</sup>であることから、1箱あたりのCO<sub>2</sub>排出量は334.9g-CO<sub>2</sub>となる。よって、キャベツ1kgあたりのダンボール箱使用に伴うCO<sub>2</sub>排出量は、33.5g-CO<sub>2</sub>/kgと計算された。収穫されたキャベツ入りのダンボール箱(重量=10.9kg)は、65箱を1枚のパレット(25kg)上に載せ(0.7t)、1.5tトラックにて集荷場まで約10km輸送するとした。この輸送に伴うCO<sub>2</sub>排出量は2.2g-CO<sub>2</sub>/kgとなる。以上より、収穫段階でのCO<sub>2</sub>排出量は35.7g-CO<sub>2</sub>/kgとなった。

### 4. 3 保管段階

集荷場に集められたダンボール箱は、3月~11月において、キャベツの鮮度保持を目的に保冷倉庫(グリーンホーム)にて5℃に冷却された後に出荷される。グリーンホームは、延べ床面積500m<sup>2</sup>、3階建て、機械的に入庫・出庫管理を行う保冷倉庫である。2007年の同期間におけるグリーンホームの使用電力量は、1,789,344kwhである。以上より、キャベツの保管段階でのCO<sub>2</sub>排出量は12.0g-CO<sub>2</sub>/kgとなった。

### 4. 4 輸送段階

銚子産キャベツの主な出荷先は、80%が東京都中央卸売市場(大田)、20%が仙台市中央卸売市場である。銚子から東京都中央卸売市場まで往復220km、仙台市中央卸売市場まで往復600kmとし、平均の輸送距離を300kmと仮定した。これを15tトラックにて、14パレット分910箱(10.2t)を輸送するとした場合、CO<sub>2</sub>排出量は38.1g-CO<sub>2</sub>/kgとなる。各市場から小売店までは、往復20kmを1.5tトラックで1パレット分65箱(0.7t)を輸送するとした場合、CO<sub>2</sub>排出量は4.4g-CO<sub>2</sub>/kgとなる。以上より、キャベツの輸送段階でのCO<sub>2</sub>排出量は42.5g-CO<sub>2</sub>/kgとなった。

#### 4. 5 販売段階

千葉県銚子市の総売り場面積 2574m<sup>2</sup> のスーパーにて、キャベツを販売することを想定して、店舗にて聞き取り調査を行った。このスーパーにおけ 2007 年の店舗部分での使用電力量は、1,664,450kwh である。このスーパーでは、キャベツの売り場面積が 1.8m<sup>2</sup> であり、年間販売個数が約 5 万個 (62.5t) に達する。キャベツ 1kg を販売するために要する消費電力量は 0.019kwh となった。以上より、キャベツの販売段階での CO<sub>2</sub> 排出量は 7.9g-CO<sub>2</sub>/kg となった。

#### 4. 6 冷蔵段階

冷蔵段階では、シャープ(株)製冷凍冷蔵庫 SJ-350JP (庫内容量=345L) の野菜室で 5 日間保管すると仮定して計算した。1 日の使用電力量は、実測の結果 2.01kwh となった。キャベツ 1kg の容積を 2L とした場合、冷蔵庫の 0.6% を占有することから、キャベツを 5 日間冷蔵するために要する消費電力量は 0.06kwh となった。以上より、キャベツの冷蔵段階での CO<sub>2</sub> 排出量は 25.6g-CO<sub>2</sub>/kg となった。

#### 4. 7 調理段階

調理段階では、キャベツ (1.25kg) の外葉と芯の 10% に相当する 125g を廃棄し、可食部の 50% を生食し、残り 50% に相当する 563g を 2L のお湯で調理すると想定した。調理器具は、アイ・システムネットワーク社製アイ・コンロ (ZA-2) と、カートリッジ式の LPG (液化ブタン) ボンベ、及び直径 20cm のステンレス製家庭用鍋を用いた。鍋に、2L の水を入れ、ふたをして室温 (24°C) から 100°C に達するまでの時間を、(株)ティアンドデイ社製 Thermo Recorder TR-71U で計測した。沸騰後の調理時間は 3 分間とした。LPG (液化ブタン) の発熱量は 11,850kcal/kg とした<sup>7)</sup>。ガスコンロの使用条件を 2500 kcal/h とすると、10.6g-CO<sub>2</sub>/min の CO<sub>2</sub> 排出量となる。沸騰には 9 分を要するため、合計の液化ブタンの使用時間は 12 分とった。以上より、キャベツの調理段階での CO<sub>2</sub> 排出量は 127.2g-CO<sub>2</sub>/kg となった。

#### 4. 8 廃棄段階

廃棄段階では、調理段階から廃棄された外葉や芯に相当する 125g を廃棄するとした。銚子市の一般廃棄物のうち、可燃ごみの排出量は約 30,000 t に達する。銚子市清掃センター、衛生センターの廃棄物燃焼、電気使用、燃料使用から発生する CO<sub>2</sub> 排出量は 16,026t-CO<sub>2</sub> である<sup>8)</sup>。つまり、銚子市の可燃ごみの処理に伴う CO<sub>2</sub> 排出量は 530g-CO<sub>2</sub>/kg となる。以上より、キャベツの廃棄段階での CO<sub>2</sub> 排出量は

66.3g-CO<sub>2</sub>/kg となった。

#### 4. 9 銚子産キャベツの CFP

キャベツ 1kg あたりのライフサイクルステージ毎の CO<sub>2</sub> 排出量を Fig. 2 白棒で示す。栽培段階では 12.0g-CO<sub>2</sub> (構成比: 3.6%)、収穫段階では 35.7g-CO<sub>2</sub> (10.8%)、保管段階では 12.0g-CO<sub>2</sub> (3.6%)、輸送段階では 42.5g-CO<sub>2</sub> (12.9%)、販売段階では 7.9g-CO<sub>2</sub> (2.4%)、冷蔵段階では 25.6g-CO<sub>2</sub> (7.8%)、調理段階では 127.2g-CO<sub>2</sub> (38.6%)、廃棄段階では 66.3g-CO<sub>2</sub> (20.1%) となった。以上より、キャベツの CFP は 329.2g-CO<sub>2</sub>/kg となった。

生産 (栽培段階) に伴う CO<sub>2</sub> 排出割合は、3.6% である。流通 (収穫段階、保管段階、輸送段階、販売段階) に伴う CO<sub>2</sub> 排出割合は、29.8% である。購入後の家庭 (冷蔵段階、調理段階) での CO<sub>2</sub> 排出割合は、46.4% に達する。廃棄段階での CO<sub>2</sub> 排出割合は、20.1% である。以上より、キャベツの CFP では、家庭での CO<sub>2</sub> 排出割合が最も多く、特に調理段階での CO<sub>2</sub> 排出割合が大きい。

### 5. 考察

#### 5. 1 キャベツのカーボンフットプリントの削減

CFP 値の削減には、排出割合の多い調理段階、廃棄段階、収穫段階、冷蔵段階、輸送段階、保管段階、栽培段階、販売段階の順番で取り組むと、大きな削減効果が期待できる。ここでは、排出割合の多い順番で、段階毎に具体的な CO<sub>2</sub> 排出の削減シナリオを設定し、CFP の再計算を行った (図 2 黒棒)。

##### 5. 1. 1 調理段階

調理段階にける削減シナリオは、キャベツの半分をフタ付のプラスチック製耐熱容器に入れ、水を使わずに電子レンジで直接加熱する調理方法とした。電子レンジは、(株)SHARP 製 RE-TD1 を使用した。出力 730w で 7 分間加熱すると、水を用いて調理した状態とほぼ同様になった。実測による使用電力量は、0.14kwh となった。以上より、調理段階の削減シナリオの適用により、CO<sub>2</sub> 排出量は 59.5g-CO<sub>2</sub>/kg (削減前の 50%) となった。

##### 5. 1. 2 廃棄段階

廃棄段階にける削減シナリオは、キャベツの重量を 1.25kg としてその 1% (12.5g) を廃棄するとした。他の条件を同様にするなら、CO<sub>2</sub> 排出量は 6.6g-CO<sub>2</sub>/kg (削減前の 10%) となった。

##### 5. 1. 3 収穫段階

収穫段階にける削減シナリオは、ダンボールの代替として、プラスチック製の折りたたみ式リユースコンテナ (PP 製、重量=1.5kg、内寸=33cm×45cm×23cm) を 20 回使用するとした。同コンテナからの CO<sub>2</sub> 排出量は 2.1kg-CO<sub>2</sub> となり<sup>9)</sup>、これにキャベツを 6 個 (7.5kg)

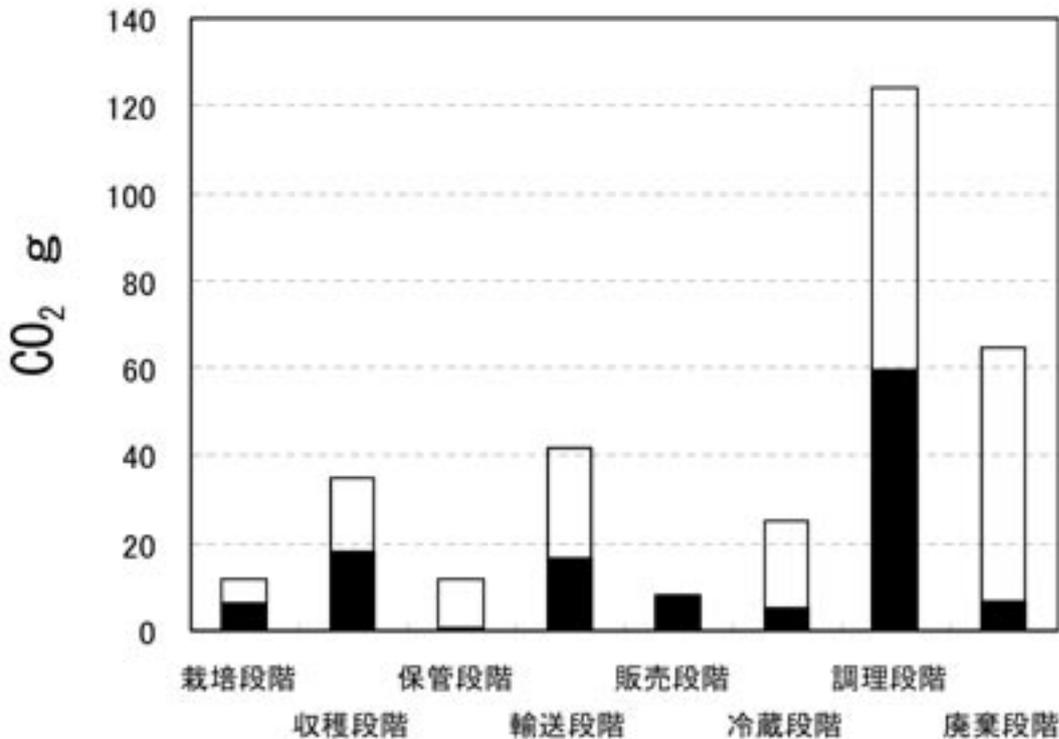


図2 ライフサイクルステージごとの削減量  
白棒：削減前のCO<sub>2</sub>排出量、黒棒：削減後のCO<sub>2</sub>排出量

入れるとした場合、キャベツ 1kg あたりの CO<sub>2</sub> 排出量は 14.0g-CO<sub>2</sub> となる。加えて、返送と消毒等の作業に、この 10% の CO<sub>2</sub> 排出を見込むと仮定すると、1.4g-CO<sub>2</sub> となる。輸送は、65 箱を 1 枚のパレット上に載せ (610kg)、1.5 t トラック (燃料軽油) にて集荷場まで約 10km 輸送する。この時の、キャベツ 1kg あたりの CO<sub>2</sub> 排出量は 2.4g-CO<sub>2</sub> となる。以上より、収穫段階の削減シナリオの適用により、CO<sub>2</sub> 排出量は 17.8g-CO<sub>2</sub>/kg (削減前の 50%) となった。

#### 5. 1. 4 冷蔵段階

冷蔵段階における削減シナリオは、購入後の冷蔵期間を 1 日とした。冷蔵庫の種類等の条件を同じにすれば、この間の冷蔵に必要な電力量は 0.01kwh となった。以上の冷蔵段階の削減シナリオの適用により、CO<sub>2</sub> 排出量は 5.1g-CO<sub>2</sub>/kg (削減前の 20%) となった。

#### 5. 1. 5 輸送段階

輸送段階の削減シナリオは、「地産地消」が望ましいが、銚子市のキャベツ生産量は膨大であるため、地元及び県内のみで消費することは困難である。このため、輸送段階では市場を経由せず直接消費地へ輸送すると仮定し、平均の輸送距離を 1/3 (100km) と仮定した。容器は、プラスチック製のリユースコンテナとし、1 箱に 6 個のキャベツをいれ、総重量を 9kg として計算した。これを 15t トラックにて、14

パレット分 910 箱 (8.5t) を輸送するとした場合、CO<sub>2</sub> 排出量は 14.2g-CO<sub>2</sub>/kg となった。小売店までは、往復 10km を 1.5t トラックで 1 パレット分 65 箱 (0.6t) 輸送するとした場合、CO<sub>2</sub> 排出量は 2.4g-CO<sub>2</sub>/kg となる。以上の輸送段階の削減シナリオの適用により、CO<sub>2</sub> 排出量は 16.6g-CO<sub>2</sub>/kg (削減前の 39%) となった。

#### 5. 1. 6 保管段階

保管段階における削減シナリオは、グリーンホームへの電力供給を再生可能な風力発電を利用するとした。銚子市に設置された定格出力 2MW の風力発電からの電力原単位は 10.8g-CO<sub>2</sub>/kwh である<sup>10)</sup>。グリーンホームの年間使用電力量から、CO<sub>2</sub> 排出量を見積もると、19.3t-CO<sub>2</sub> となる。以上の栽培段階の削減シナリオの適用により、CO<sub>2</sub> 排出量は 0.3g-CO<sub>2</sub>/kg (削減前の 3%) となった。

#### 5. 1. 7 栽培段階

栽培段階における削減シナリオは、トラクターでの鋤き込み作業を 2 回とした。これにより、燃料用軽油使用量が 10L となり、CO<sub>2</sub> 排出量は 27kg-CO<sub>2</sub> となった。以上の栽培段階の削減シナリオの適用により、CO<sub>2</sub> 排出量は 6.1g-CO<sub>2</sub>/kg (削減前の 50%) となった。

#### 5. 1. 8 販売段階

販売段階では、キャベツの販売のみを想定して、店舗全体の使用電力の削減等を行う削減シナリオの設定は

困難である。検討課題としては、店舗規模（売り場面積等）の違いが CFP に及ぼす影響や、小売形態（野菜のみの販売、冷蔵庫の使用など）の違いが CFP に及ぼす影響等を検討する必要がある。

### 5. 1. 9 CFP の削減とプロダクトカテゴリーールの必要性

上記の削減シナリオの適応により、キャベツ 1kg あたりの CO<sub>2</sub> 排出量は、栽培段階では 6.1g-CO<sub>2</sub>（構成比：5.1%）、収穫段階では 17.8g-CO<sub>2</sub>（14.8%）、保管段階では 0.3g-CO<sub>2</sub>（0.3%）、輸送段階では 16.6g-CO<sub>2</sub>（13.8%）、販売段階では 7.9g-CO<sub>2</sub>（6.6%）、冷蔵段階では 5.1g-CO<sub>2</sub>（4.3%）、調理段階では 59.5g-CO<sub>2</sub>（49.6%）、廃棄段階では 6.6g-CO<sub>2</sub>（5.5%）となった。以上より、CFP 値は約 1/3 の 119.9g-CO<sub>2</sub>/kg（削減前の 37.0%）となった。

この結果は、シナリオ設定により CFP 値が大きく変動することを意味する。そのため、混乱と不公平を招かないように、国内の主要なキャベツ生産地である愛知県、群馬県、神奈川県、茨城県、北海道等のキャベツ生産関係者と調整して、CFP の計算方法や表示に関する基本的な決まり（プロダクトカテゴリーール（PCR））を早急に作る必要がある。

### 5. 2 廃棄量の影響

廃棄段階における廃棄量の増加が CFP 全体に及ぼす影響について考える。キャベツの重量を 1.25kg とし、その他のライフサイクルステージでは、平均的なシナリオ設定とした。図 3 に、廃棄量 1% から全量を廃棄する場合までの CFP 値の変化を示した。

代表的な計算結果を以下に示す。20%廃棄の場合、CFP 値は 395.4g-CO<sub>2</sub> であり、全体に占める割合は 33.5% となった。40%廃棄の場合、CFP 値は 527.9g-CO<sub>2</sub> であり、全体に占める割合は 50.2% となった。60%廃棄の場合、CFP 値は 660.4g-CO<sub>2</sub> であり、全体に占める割合は 60.2% となった。80%廃棄の場合、CFP 値は 792.9g-CO<sub>2</sub> であり、全体に占める割合は 66.8% となった。全量廃棄の場合、CFP 値は 925.4g-CO<sub>2</sub> であり、全体に占める割合は 71.6% となった。

銚子市の一般廃棄物の可燃ごみとして処理する場合、廃棄量の増加は、CFP 値の増加に直接的に影響する。このため、食品の鮮度管理や献立の工夫などを行い、廃棄量を少なくすることが CO<sub>2</sub> 排出量の削減にとって重要である。

次に、生ゴミの処理を、各家庭で行う場合を考える。まず、㈱日立製作所製高温バイオ式生ゴミ処理機（BGD-V18）による堆肥化を考える。同機を使用すると、一定量以上（100g～全量）を廃棄した場合、

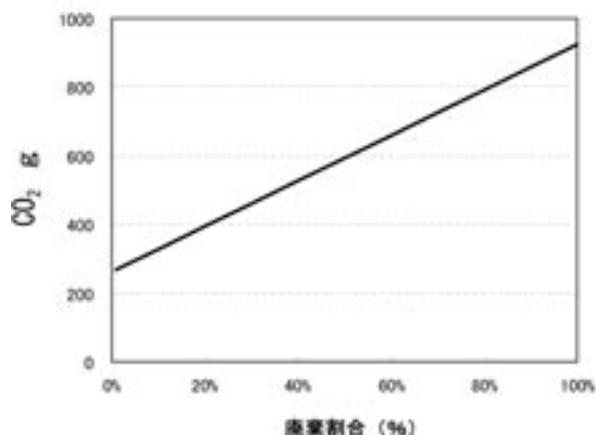


図 3 廃棄割合とキャベツの CF の変化

好気性土壌菌による高温分解が完了するには、24 時間程度の運転必要である。この運転の使用電力量は、1.83kwh に達し、CO<sub>2</sub> 排出量は 777.8g-CO<sub>2</sub> となった。仮に、平均的なシナリオ設定による廃棄段階での CO<sub>2</sub> 排出量（66.3g-CO<sub>2</sub>）と同等の排出量を目指すならば、現状の 8.5%（66.3/777.8）程度までの削減が必要である。家庭用生ゴミ処理機は、安全で清潔に生ゴミ処理を行うことができるが、機器のエネルギー効率の改善が絶対的に必要である。

堆肥化処理のより省エネで簡易的な方法としては、直接畑に埋める方法やダンボールコンポスト等の方法が考えられる。しかし、これらの方法では、十分な広さの土地が必要であり、虫や悪臭が発生し不衛生となる場合が考えられるため、都市部での処理には向かない。

各家庭での生ゴミ処理は、自分の排出量を自覚し、その削減の意識付けをする意味でも重要である。加えて、焼却処理によるカーボンニュートラル化と異なり、炭素固定の意味においてもコンポスト化は重要な処理方法である。このため、家庭内において、省エネで安全なコンポスト化処理を行える機器の開発と普及が望まれる。

### 5. 3 CFP の環境コミュニケーション指標としての意味づけと環境教育への利用

土壌（畑）には、植物（農産物）を経由して、大気中の CO<sub>2</sub> が蓄積される。炭素量の多い土壌は、植物の生産量も多いとする報告もある<sup>11)</sup>。このように、土壌と植物は、過去の地質時代を通じて、大気中の CO<sub>2</sub> を固定してきた。しかし、産業革命以降、人間が化石燃料を利用して大量の農産物を流通・消費・廃棄するようになると、CFP に相当する CO<sub>2</sub> を大気中に排出するようにな

った。つまり、人間は農産物を消費することで、極めて大きな環境負荷を地球に与えているといえる。

2008 年末から始まる食料品や日用品への CFP の表示は、その意味の理解を通じて、日常生活と地球環境とのつながりに気づく絶好の機会になると思われる。子供たちも目にする機会が多いと予想される CFP を、環境教育において有効活用すると、切れた状態にある日常生活と地球環境とのつながりを再生する (missing link の再生<sup>12)</sup>) 効果が期待できる。

## 6. まとめ

千葉県銚子市で栽培されたキャベツの CFP を計算した。システム境界は、栽培段階、収穫段階、保管段階、輸送段階、販売段階、冷蔵段階、調理段階、廃棄段階とした。機能単位は、キャベツの重量 1kg 当たりの CO<sub>2</sub> 排出量 (g-CO<sub>2</sub>/kg) とした。

平均的なシナリオ設定による各ライフサイクルステージにおける CO<sub>2</sub> 排出量は、栽培段階から 12.0g-CO<sub>2</sub> (構成比: 3.6%)、収穫段階から 35.7g-CO<sub>2</sub> (10.8%)、保管段階から 12.0g-CO<sub>2</sub> (3.6%)、輸送段階から 42.5g-CO<sub>2</sub> (12.9%)、販売段階から 7.9g-CO<sub>2</sub> (2.4%)、冷蔵段階から 25.6g-CO<sub>2</sub> (7.8%)、調理段階から 127.2g-CO<sub>2</sub> (38.6%)、廃棄段階から 66.3g-CO<sub>2</sub> (20.1%) となり、銚子産キャベツの CFP は、329.2g-CO<sub>2</sub>/kg となった。

特に、廃棄段階においては、キャベツを銚子市の一般廃棄物の可燃ごみとして全量を廃棄した場合、CFP 値は 925.4g-CO<sub>2</sub> となり、全体の CO<sub>2</sub> 排出量に占める割合は 71.6% に達する。このため、家庭内において、省エネで安全なコンポスト化処理を行える機器の開発と普及が望まれる。

各ライフサイクルステージにおいて CFP の削減シナリオを実行すると、CFP 値は約 1/3 の 119.9g-CO<sub>2</sub>/kg に削減できた。このことは、シナリオ設定により CFP 値が大きく変動することを意味するので、CFP の計算方法に関する「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。

産業革命以降、人間は、大量の化石燃料を利用して大量の農産物を流通・消費・廃棄するようになり、CFP に相当する CO<sub>2</sub> を大気中に排出している。これは、極めて大きな環境負荷である。

2008 年末から始まる食料品や日用品への CFP の表示は、日常生活による地球環境への負荷を認識する絶好の機会となりえる。特に、子供たちへの環境教育を通じて、CFP の意味を適切に理解させると、切れた状態にある日常生活と地球環境のつながり (missing link) を再生させることに貢献できる可能性が高い。

## 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、(株)かすみ南小川店では、聞き取り調査に関して、協力して頂いた。また、査読者には有益なご指摘を頂いた。関係機関、各氏に心から感謝申し上げます。

## 引用文献

- 1) 食品研究会講演会—カーボンフットプリント—講演集、日本 LCA 学会、(2008)
- 2) 農林水産統計データ、農林水産省、(2008)
- 3) 國田かおる、カーボン・オフセット、工業調査会、(2008)
- 4) 社団法人産業環境管理協会編、“JEMAI-LCA Pro 手引きと解説”
- 5) 環境行動レポート、東京電力 (2008)
- 6) 段ボールの製造エネルギー原単位及び CO<sub>2</sub> 排出量原単位について、全国段ボール工業組合連合会 (2008)
- 7) エネルギー原別標準発熱量表の改訂について、資源エネルギー庁総合政策課 (2002)
- 8) 銚子市地球温暖化対策実行計画 (平成 20 年度～平成 24 年度)、銚子市 (2008)
- 9) 「コンテナボックス」製品分類別基準 (PSC 番号: CM-01) 社団法人産業環境管理協会 (2007)
- 10) 安藤生大、長井浩、久保典男、武藤厚俊、小林謙、田原聖隆、稲葉敦、第 3 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集、P. 222-223 (2008)
- 11) W.H. Schlesinger, J.P. Winkler and J.P. Megonigal, The Carbon Cycle, Cambridge Univ. Press, P. 93-101 (2008)
- 12) 本藤祐樹、平山世志衣、中島光太、山田俊介、福原一朗、日本 LCA 学会誌、第 4 巻、第 3 号、P. 279-291 (2008)

# The Cabbage's Carbon Footprint in Choshi Area, Chiba Prefecture, Japan.

Takao ANDO

*Department of Environmental System Science, Faculty of risk and Crisis Management, Chiba Institute of Science*

The calculated Carbon Footprint (CFP) of cabbages farmed at Choshi city in Chiba prefecture will be argued in this study. Functional unit is applied to the CO<sub>2</sub> emission per 1kg cabbage. The life cycle stages are divided into 8 stages; cultivation process 12.0g-CO<sub>2</sub> (constitution ratio: 3.6%), yield process 35.7g-CO<sub>2</sub> (10.8%), storage process 12.0g-CO<sub>2</sub> (3.6%), transportation process 42.5g-CO<sub>2</sub> (12.9%), selling process 7.9g-CO<sub>2</sub> (2.4%), refrigeration process 25.6g-CO<sub>2</sub> (7.8%), cooking process 127.2g-CO<sub>2</sub> (38.6%) and disposal process 66.3g-CO<sub>2</sub> (20.1%). The Choshi cabbage's CFP results in 329.2g-CO<sub>2</sub>/kg calculated by standard scenario. In these processes, it is proved that the CO<sub>2</sub> is emitted most in cooking process, and over one third of the total CO<sub>2</sub> is emitted from households. However, this result turns to be reduced to 63% by applying reduction scenario. This result indicates that CFP can be varied by applying different scenarios. This result indicates that CFP can be varied by applying different scenarios. In order to avoid having the varied CFP in its calculation, it is inevitable to establish a "product category rule (PCR)" on CFP calculation method.

Vegetable fields (soil) are able to accumulate the atmospheric CO<sub>2</sub> through vegetable's growth. But CO<sub>2</sub> was discharged from human activity correspond to CFP. This is thought as very big environmental burden.

The government will introduce the indication of CFP mainly on foods and daily goods in end of 2008. The indication could evoke the public comprehension on its deep connection between their daily lives and the global environment. Therefore the using of CFP as environmental education tool will contribute to recover "missing link" between daily life and global environment.