

## 野菜の生産・流通における環境負荷のLCA的考察

西 菌 大 実<sup>1)</sup>・茂 木 裕 美<sup>2)</sup>

1) 群馬大学教育学部家政教育講座

2) 前橋市立芳賀中学校

(2006年9月13日受理)

### Study of Environment Evaluation by LCA Method on Production and Distribution of Vegetables

Hiromi NISHIZONO<sup>1)</sup> and Hiromi MOTOKI<sup>2)</sup>

1) Department of Home Economics, Faculty of Education, Gunma University

Maebashi, Gunma 371-8510, Japan

2) Haga Junior High School

(Accepted September 13, 2006)

#### はじめに

消費者の食品の産地表示への関心は高い。最近では「地産地消」や「フードマイレージ」という用語が広まって、中学校家庭科の教科書<sup>1)</sup>にも記載された。また、スーパーマーケットに地元産野菜コーナーがみられるようになった。しかし、一方で、このような現象が「何となく安心」とか「身体によさそう」、「環境によさそう」といったイメージ優先で広まっており、確固たる理論的足場を築き得ていないことも事実であろう。

また、このような国内産指向の広がりがあるとしても、現在の日本では大量の食物を輸入、消費している状況は容易には変わらない。気候変動をはじめとする環境問題が顕在化しつつある中で、食物の安全性の面からだけでなく、食物の生産・流通が環境に及ぼす影響についても考えることが必要である。このような視点から、本研究では群馬県産の農産物、とくに野菜を対象に、その生産エネルギーを明らかにし、あわせて群馬県産と輸入の場合の流通エネルギーとの比較検討を行う。

農産物の生産エネルギーに関する調査研究としては、畜産物生産についてのL.ブラウン試算<sup>2)</sup>や農林水産省試算<sup>3)</sup>、食品の生産エネルギー投入量についての資源協会<sup>4)</sup>、省エネルギーセンター<sup>5)</sup>による試算などがあるが、いずれも流通面でのエネルギーの検討は十分ではない。

本研究では、野菜の生産だけでなく、流通に要するエネルギーも含めて、ライフサイクルアセス

メント（LCA）的方法によって算出することを試みる。ライフサイクルアセスメント（LCA）は、環境負荷の大小を論じるときに、ある限定的な一場面だけに着目するのではなく、生産物の生涯を通じて、定量的かつ総合的に評価する方法であり、生産物の比較選択に有効な手段となり得る。この方法を通じて、私たちが食べている野菜1kgあたり、どのくらいのエネルギーが投入されているのかを明らかにすることにより、消費者の選択に環境負荷面からの客観的な根拠を与え、またあわせて、国内農業の環境的利点や課題を明らかにすることを目的とする。

## 対象と方法

### (1) 対象とする野菜

わが国で生産消費される主要野菜は「根菜類、葉茎菜類、果菜類、香辛野菜、果実的野菜」に分類され、その主な品目としては次のものがあげられる<sup>6)</sup>。

#### ○指定野菜

野菜生産出荷安定法に定められた野菜集団産地育成のための対象野菜であり、国民消費生活に占める重要性を考慮し、原則として、消費量が相対的に多いか多くなることを見込まれるもの

だいこん（春、夏、秋冬）	にんじん（春夏、秋、冬）
はくさい（春、夏、秋冬）	キャベツ（春、夏秋、冬）
ほうれんそう	ねぎ（春、夏、秋冬）
なす（冬春、夏秋）	トマト（冬春、夏秋）
きゅうり（冬春、夏秋）	ピーマン（冬春、夏秋）
さといも（秋冬）	たまねぎ
レタス（春、夏秋、冬）	ばれいしょ

#### ○特定野菜

指定野菜に準ずるものとして農林水産省令に定めるもの。

アスパラガス	いちご	えだまめ	かぶ	かぼちゃ
カリフラワー	かんしょ	グリーンピース	ごぼう	こまつな
さやいんげん	さやえんどう	しゅんぎく	しょうが	すいか
スイートコーン	セルリー	そらまめ	ちんげんさい	生しいたけ
にら	にんにく	ふき	ブロッコリー	みつば
メロン(温室を除く)	やまいも	れんこん	特認品目	

以上のうちから、食卓では主にデザートとして扱われている果実的野菜（果菜類のうち、市場などで果実として扱われているいちご、すいか、メロンなどを一括していう；農林水産統計用語集<sup>6)</sup>）を除いたものを本研究の対象とした。

## (2) 農家・JA への聞き取り調査

農家を聞き取り対象とした目的は、農作物を生産する過程における具体的な数値の把握である。また JA を聞き取り対象とした目的は、JA を通す一般的な農産物の生産と流通過程における数値の把握である。JA に出荷する際には JA の基準を守らねばならないということから、生産・流通の際のエネルギーとして標準的であると考えられる。

調査項目は、栽培作物の「品目」、「作付面積」、「収穫量」、「肥料の種類と使用量」、「農薬の種類と使用量」、「加温の有無と燃料使用量」、「使用水量」、「その他エネルギーを使う操作」「輸送方法と輸送距離」とし、調査表を用いて、実際に農家・JA に出向いて対面で聞き取り調査を行った。また試算していく過程において、疑義が生じた場合には再度確認を行い、必要に応じて施設設備等の見学・実地調査を行った。

調査時期は 2005 年 5 月から 10 月である。集計ならびに統計処理は、Excel 2003 を用いた。

## (3) LCA 的エネルギー投入量の算出方法

基本的な LCA の方法としては積み上げ法と産業連関法の 2 法がある。前者は製品の生涯をいくつかのプロセスに区分し、各プロセスに投入した資源・エネルギー（インプット）、環境負荷を与える排出物（アウトプット）を綿密にとらえ集計するもので、本研究ではこれを採用した。

この手法の標準化は、ISO（国際標準化機構）によって進められており、ISO14040「原則及び枠組み」、ISO14041「目的及び調査範囲の設定並びにライフサイクルインベントリ分析」に示されている。今回 LCA 的エネルギー投入量を試算するにあたり、これらと（社）資源協会編「家庭生活のライフサイクルエネルギー」<sup>4)</sup>の、食品の LCA 的な評価の算出方法を参考とした。

## 結 果

### (1) 農家・JA への聞き取り調査と調査品目数

群馬県内の農家 10 軒と JA 5 箇所へ聞き取り調査の依頼を行った。その結果、農家 4 軒と JA 1 箇所において調査の協力が得られた。なお、JA の数値はその JA 管轄内の複数農家の累計値である。

集計されたデータのうち、本研究の試算に有効なものは 15 品目 23 データであった（表 1）。その内訳は次に示すとおりである（カッコ内はその品目のデータ数）。

キャベツ (1)、きゅうり (1)、トマト (2)、はくさい (2)、ねぎ (1)、ほうれんそう (2)、なす (2)、ばれいしょ (1)、スイートコーン (1)、たまねぎ (3)、ブロッコリー (2)、さといも (1)、かぼちゃ (2)、にんじん (1)、アスパラガス (1)

これらは、指定野菜 11 品目に加えて特定野菜 4 品目であり、表 2 に示した群馬県で生産される主要な野菜の大部分をカバーしている。

表1 調査対象品目の一覧

	品 目	調 査 先	出荷量 (t)	作付面積 (a)	10a あたり収量 (kg)
1	キャベツ	JA	350	1,500	2,333
2	きゅうり	JA	90	200	4,500
3	トマト1	生産農家	15	20	7,500
4	トマト2	生産農家	15	20	7,500
5	はくさい1	生産農家	30	50	6,000
6	はくさい2	生産農家	9	10	9,000
7	ねぎ	JA	650	2,600	2,500
8	ほうれんそう1	JA	500	5,000	1,000
9	ほうれんそう2	JA	270	1,500	1,800
10	なす1	生産農家	6	15	4,000
11	なす2	生産農家	5	10	5,000
12	ばれいしょ	生産農家	2	10	1,500
13	スイートコーン	生産農家	1	8	1,500
14	たまねぎ1	生産農家	10	20	5,000
15	たまねぎ2	生産農家	4	10	4,000
16	たまねぎ3	JA	250	500	5,000
17	ブロッコリー1	生産農家	2	10	2,400
18	ブロッコリー2	JA	460	4,200	1,095
19	さといも	JA	3	20	1,500
20	かぼちゃ1	生産農家	1	5	2,000
21	かぼちゃ2	JA	50	300	1,667
22	にんじん	生産農家	1	7	1,571
23	アスパラガス	JA	2	100	200

表2 群馬県における主要野菜の生産量 (2003)

	品 目	収穫量 (t)	作付面積 (ha)	10a あたり収量 (kg)
1	キャベツ	200,000	3,461	5,780
2	きゅうり	70,530	1,144	6,170
3	だいこん	53,070	1,402	3,780
4	トマト	34,910	423	8,250
5	はくさい	33,770	804	4,200
6	レタス	29,650	976	3,040
7	ねぎ	26,470	1,169	2,260
8	ほうれんそう	24,060	2,130	1,130
9	なす	23,370	631	3,700
10	ばれいしょ	13,760	657	2,090
11	スイートコーン	11,620	1,455	800
12	ごぼう	11,550	703	1,640
13	たまねぎ	11,160	261	4,280
14	やまいも	8,480	626	1,350
15	えだまめ	5,670	1,269	450
16	ブロッコリー	5,660	563	1,010
17	にら	5,230	228	2,290
18	さといも	5,160	521	990
19	うど	2,490	335	743

収穫量 1,000t 以上のもの、果実的野菜を除く

(群馬県蚕糸園芸課調べ)

## (2) LCA 的エネルギー投入量の算出式の作成と算定

野菜が消費者の手に渡るまでのプロセスとして、大別して「生産に要するエネルギー（生産エネルギー）」、「流通に要するエネルギー（流通エネルギー）」について試算を行うこととし、聞き取り調査の結果をもとに、その中をさらに細分化して投入エネルギーの算出式を作成した。

最終的なエネルギー量の表記は、対象作物出荷量 1 kg あたりの生産と流通に必要なエネルギー量（キロジュール）、すなわち、単位としては「kJ/kg」とした。

また、野菜を生産し流通する過程における施設・設備、農業機器、輸送機器などの製造・設置に要するエネルギーについては、一定の償却期間を伴うものであるが、生産物重量あたりの算出を行うことは困難であるため、今回は含めないこととした。また、流通については生産地から市場までの過程を対象とし、小売店への配送や店舗でのエネルギーは含めないこととする。

以下に、生産農家・JA、また必要に応じて流通関係者等への聞き取り調査を行い、その内容ならびに文献値をもとに作成した算出式の詳細と計算結果を示す。

### ○生産に要するエネルギー

#### 1) 生産エネルギー算出式の検討と作成

生産行程に投入されるエネルギーを、次に示す 5 つのプロセスに区分した。

記号	プロセス
C	耕作エネルギー
M	肥料エネルギー
P	農薬エネルギー
H	加温エネルギー
D	保冷・乾燥エネルギー

$$\text{生産エネルギー} = C + M + P + H + D$$

聞き取り調査および園芸栽培指針<sup>7)</sup>、施肥の手引き<sup>8)</sup>などの文献をもとに、出荷量 1 kg あたりのこれらの各エネルギーを算出した。

また、共通に使用する値として、燃料に対する熱量は以下で示す表の数値を使用する<sup>9)</sup>。

エネルギー種別	熱量	単位
軽油	38,200	kJ/l
A 重油	39,100	kJ/l
電力	3,600	kJ/kwh

この中で電力については 1 次エネルギー投入量に換算する必要がある。発電効率を 40% とし、電力

から1次エネルギーへの換算係数は2.5倍とする。

以下に各プロセスの検討結果を示す。

### 耕作エネルギーC

トラクターで耕作する場合、作付け規模によって、耕作機械のエネルギー効率が異なる<sup>10),11)</sup>が、本研究では聞き取り調査にもとづいて、耕作面積1haあたり燃料(軽油)25リットルを使用するとした。耕作面積=作付面積をV(a)、出荷量をW(kg)として次の計算式をたてた。

$$C(\text{kJ/kg}) = 25 \times V(a) / 100 \times 38200 / W(\text{kg})$$

### 肥料エネルギーM

化学肥料にはさまざまな成分が含まれているが、その中でも含有量の多いN(窒素)・P(リン)・K(カリウム)に絞って、製造過程におけるエネルギー係数<sup>12)</sup>の算出を行った。N(窒素)は尿素(有機窒素)とアンモニア(無機窒素)とで製造エネルギーに違いがあるため、有機窒素;ONと無機窒素;INに区分して算出した。肥料使用量N1(ON1またはIN1)、P1、K1(kg)、含有有効成分の割合N2(ON2またはIN2)、P2、K2(%),エネルギー係数N3(ON3またはIN3)、P3、K3、収穫量をW(kg)として次の計算式をたてた。

種 類	係数 (kJ/kg)
有機窒素 (ON3)	90,000
無機窒素 (IN3)	35,000
リ ン (P3)	58,000
カリウム (K3)	25,000

$$M(\text{kJ/kg}) = (N1 \times N2 \times N3 + P1 \times P2 \times P3 + K1 \times K2 \times K3) / W(\text{kg})$$

また、有機肥料である「堆肥・完熟堆肥」を使用しているものは、その製造工程を考慮し1kgあたり5000kJのエネルギー係数<sup>13)</sup>を用いた。有機肥料の施肥量X(kg)として以下の式とした。

$$M(\text{kJ/kg}) = X \times 5000 / W(\text{kg})$$

### 農薬エネルギーP

農薬の種類や製造過程は多岐にわたり、投入エネルギー量を一般化することは難しい。しかし、通常よく使われている農薬の有効成分を合成するには1kgあたり10万~20万kJ、さらに製造から販売にいたるまでのエネルギー投入分を含めると合計20万~30万kJ程度という比較的大きなエ

エネルギーが投入されている<sup>12)</sup>。そこで、本研究では、農産物の製造から販売にいたるまでに必要なエネルギー係数を 1 kg あたり 250000kJ とし、使用量 X(kg)、出荷量を W(kg) として次の計算式をたてた。

$$P(\text{kJ/kg}) = X(\text{kg}) \times 250000 / W(\text{kg})$$

### 加温エネルギー H

トマトの温室促成栽培では、苗の定植時期が 12~1 月の厳冬期にあたるため、初期 3ヶ月間程度、暖房加温を行う必要があるという。おもに重油ボイラーが用いられており、使用燃料は A 重油である。この重油エネルギーに関しては、燃料の使用量 X リットルと燃料に対する発熱量(A 重油使用)、出荷量 W を用いて以下の計算式をたてた。

$$H(\text{kJ/kg}) = X(\text{l}) \times 39100 / W(\text{kg})$$

### 保冷・乾燥エネルギー D

保冷・乾燥エネルギーとは、JA から市場に野菜を出荷する前に、鮮度維持や保存性を高めるために保冷または乾燥させるために使用するエネルギーである。保冷はまず真空低温室で空気置換を行い、引き続いて出荷まで低温室に保管する。乾燥は、倉庫内に大型の扇風機を設置して風乾するもので、おもにたまねぎに対して行われる。これらについては JA に出向いて実地調査を行い、機器の消費電力や使用時間を調査した。消費電力を Q(kwh)、機器使用台数を R(台)、機器使用時間を S(h) として以下の式をたてた。処理量 W(kg) は、保冷・乾燥の処理が行なわれる量を聞き取りにより確認した。

$$D(\text{kJ/kg}) = Q(\text{kwh}) \times R(\text{台}) \times S(\text{h}) \times 3600(\text{kJ/kwh}) \times 2.5 / \text{処理量}(\text{kg})$$

この他に生産行程で使われるエネルギーとして、本来ならば、水使用によるエネルギー消費に関しても対象とすべきだが、聞き取り調査において、水に関しては、「使用量をきちんと計測していない」や「天気や作物の状況によって異なるから、わからない」などの結果がほとんどであったため、本研究では含めないこととした。

## 2) 生産エネルギーの算出

前項で設定した計算式を用い、県内の生産農家 4 軒と、JA 1 箇所において調査したデータをもとに、延べ 23 品目について実際の生産行程における各プロセスの投入エネルギー量を算定した結果を、表 3 に示す。

表 3 群馬県産野菜の生産エネルギー

	品 目	生産エネルギー (kJ/kg)					合計	備 考
		耕作	肥料	農薬	加温	保冷・乾燥		
1	キャベツ	41	12,718	0	—	125	12,884	
2	きゅうり	21	6,629	3	—	125	6,778	
3	トマト 1	13	2,973	10,538	20,853	—	34,377	温室、冬定植
4	トマト 2	13	2,973	10,538	—	—	13,524	温室、秋定植
5	はくさい 1	16	640	50	—	—	706	
6	はくさい 2	11	2,322	4	—	—	2,337	
7	ねぎ	38	8,831	500	—	160	9,529	
8	ほうれんそう 1	96	25,478	0	—	160	25,734	露地
9	ほうれんそう 2	55	3,099	0	—	125	3,279	温室
10	なす 1	24	4,490	26	—	—	4,540	
11	なす 2	19	4,338	17	—	—	4,374	
12	ばれいしょ	64	9,967	17	—	—	10,048	
13	スイートコーン	64	12,958	0	—	—	13,022	
14	たまねぎ 1	19	2,102	0	—	—	2,121	
15	たまねぎ 2	24	5,280	188	—	—	5,492	
16	たまねぎ 3	19	5,901	0	—	134	6,054	
17	ブロッコリー-1	40	496	833	—	—	1,369	
18	ブロッコリー-2	87	23,218	5,707	—	160	29,172	
19	さといも	64	18,545	0	—	125	18,734	
20	かぼちゃ 1	48	12,107	0	—	—	12,155	
21	かぼちゃ 2	57	11,207	0	—	125	11,389	
22	にんじん	61	3,247	23	—	—	3,331	
23	アスパラガス	478	21,210	63	—	125	21,876	

生産に要するエネルギー量は、23品目の単純平均で約 11,000kJ/kg であった。しかし、その内容は「はくさい 1」の約 700kJ/kg から「トマト 1」の約 34,000kJ/kg まで変動が大きい。その最大の要因は、施肥の方法によるようである。23品目について、肥料エネルギーM が全体の生産エネルギーに占める割合は 87%にも達している。耕作エネルギーC は肥料エネルギーの 1/100 以下に過ぎず、このことから、野菜の生産において、エネルギー投入量を左右するのは肥料エネルギーM であるといえる。野菜の生長段階における主たる構成成分は光合成によって生産されるのであり、人的に供給するものではない。そもそも、温度、日照、水などの条件が整えば、植物の生長自体には人的なエネルギー投入を必要としていない。

しかし、野菜を効率よく生長させるためには耕作地への窒素・リン・カリの施肥が必要であり、特に同じ土地から連続的な収穫を求める現在の農業においては、大量の肥料を施すことになる。この場合、化成肥料を用いることが一般的だが、化成肥料自体が工業製品であり、その製造流通に相当のエネルギーが投入されており、その使用量が野菜の生産エネルギーにきわめて大きく影響していることは納得できよう。

今回の調査でもっとも生産エネルギーの小さかった「はくさい 1」においては、出荷量 30t に対して化成肥料はわずか 100kg の投入であり、大半を完熟堆肥でまかなっている。

一方で、農薬も化成肥料以上に高度な化学工業製品であり、その使用量によっては農薬エネルギー

Pとして大きな値を示す。しかし、一般に肥料に比べれば使用量が格段に少なく、トマト、ねぎ、ブロッコリーなど一部を除いて、その値は小さい。それらの中で、農業エネルギーPがきわめて大きかったのがトマトである。群馬で生産される生食用のトマトは「桃太郎」系高級品種であり、市場価値は味ばかりでなく外観に大きく左右されるので、温室栽培に加えて入念な消毒が施されている。アブラムシ、コナガなどの害虫ならびにナンブ病などの対策として2ヶ月間に5回、2種混合の消毒を行う。その総量は、出荷量15tに対して360リットル（希釈量）にもなる。今回の調査結果には含まれていないが、同時に聞き取り調査を行った加工用のトマトでは、1/100以下の使用量であった。

次に、生産エネルギーにおいて大きな比率を占めるのが、温室を加温する場合である。今回の調査では「トマト1」1品目のみが該当であるが、冬期に加温する施設栽培は多く行われている。その加温エネルギーとしては重油炊きボイラーを使用するのが一般的であるが、そのためのエネルギー量Hは出荷量1kgあたり約21,000kJにもなり、農産物の生産エネルギーを押し上げるきわめて大きな要因であるといえる。

これに対して、保冷・乾燥エネルギーDに関しては、生産エネルギーに占める比率が1%程度と小さく、影響は小さいと考えられた。

## ○流通に要するエネルギー

### 1) 流通エネルギー算出式の検討と作成

流通行程に投入されるエネルギーを、次に示す2つのプロセスに区分した。

記号	プロセス
T	輸送エネルギー
R	保冷エネルギー

$$\text{流通エネルギー} = T + R$$

聞き取り調査および文献をもとに、出荷量1kgあたりの各エネルギーを算出した。

以下に各プロセスの検討結果を示す。

### 輸送エネルギー T

輸送機関によってエネルギー消費原単位は異なる。

聞き取り調査によって、自動車輸送では、生産農家が軽トラックまたは積載量1～2t程度の自家用トラックを使用してJAや近隣の市場に搬入する場合と、おもにJAから東京などの市場まで積載量4～10t程度の営業用トラックで輸送する場合があった。

また、海外から同種の野菜を輸入する場合、原産国での内陸輸送の方法や、船舶の種類（コンテ

ナカバラ積みか) や大きさによってもエネルギー消費原単位は異なる。

以上のような状況について、すべてのケースをカバーすることは難しい。しかし、本研究では流通エネルギー概算値を得ることによって、生産エネルギーとの割合を比較することが目的なので、輸送エネルギー消費原単位 Y としては以下の 3 種類の値<sup>14)</sup> を、適宜組み合わせて使用することとした。

記号	輸送機関	原単位 (kcal/t・km)
Y	自家用貨物自動車	2272.6
	営業用貨物自動車	706.4
	船 船	123.0

輸送距離 Z(km) とすれば、出荷量 1kg あたりの輸送エネルギーの計算式は次のとおりである。

$$\text{輸送エネルギー } T(\text{kJ/kg}) = Y(\text{kcal/t} \cdot \text{km}) \times 4.2 \times Z(\text{km}) / 1000$$

### 保冷エネルギー R

生鮮野菜の営業用貨物自動車ならびに船舶による輸送では、輸送時間が長いので、保冷車または保冷コンテナが使用されるのが一般的である。この場合の保冷エネルギー R は、輸送の状況により一定ではないが、ここでは聞き取り調査の一例から、単純化してすべての場合が 1 t あたり 150W 程度の消費エネルギーであるとした。したがって、1 kg・1 日あたりの保冷エネルギー量は約 13kJ とする。輸送日数 U(日) として、計算式は次のとおりである。

$$\text{保冷エネルギー } R(\text{kJ/kg}) = 13 \times U(\text{日})$$

### 2) 流通エネルギーの算出

前項で設定した計算式を用い、生鮮野菜 1 kg を輸送する場合の流通エネルギーを試算した。

#### 群馬県産野菜の流通エネルギー

聞き取り調査より、ある生産農家の輸送距離は JA までの 2 km であるのに対し、別の農家は市場に直接出荷しており輸送距離は約 50km であった。ここでは、標準的な例として、農家から JA まで自家用物自動車 10km、さらにそこから東京の市場まで保冷の営業用貨物自動車 100km を輸送した場合を試算した。

流通エネルギーは、以下に示す両者の合計値で 405kJ/kg となる。

$$\text{自家用貨物自動車 } T(\text{kJ/kg}) = 2272.6 \times 4.2 \times 10 / 1000 = 95.4$$

$$\text{営業用貨物自動車 } T(\text{kJ/kg}) + R(\text{kJ/kg}) = 706.4 \times 4.2 \times 100 / 1000 + 13 \times 1 = 309.7$$

### 輸入野菜の流通エネルギー

野菜の輸入相手国について、表 4 に示す。

これらの輸入相手国について、想定される船積み港、東京港までの距離、所要日数を調査し、それをもとに流通エネルギーを算出した結果を表 5 に示す。この値は、相手国内での輸送として中華人民共和国、カナダ、アメリカ、オーストラリアでは 500km、他の国では 100km の自動車輸送を行ったと仮定して求めた。

最も近い大韓民国で約 1,000kJ/kg、輸入量の多い中華人民共和国で約 2,600kJ/kg、最も遠いアメリカ（ニューオーリンズ）では約 10,000kJ/kg の流通エネルギーと算出された。

表 4 日本の野菜輸入相手国

品 目	1 位	2 位	3 位
きゅうり	大韓民国		
キャベツ	中華人民共和国	大韓民国	台湾
トマト	大韓民国	アメリカ	カナダ
ほうれんそう	中華人民共和国		
なす	大韓民国		
ねぎ	中華人民共和国	大韓民国	アメリカ
スイートコーン	オーストラリア	台湾	
ばれいしょ	中華人民共和国		
結球レタス	アメリカ	台湾	大韓民国
ブロッコリー	アメリカ	中華人民共和国	オーストラリア
たまねぎ	中華人民共和国	アメリカ	ニュージーランド
かぼちゃ	ニュージーランド	メキシコ	トンガ
にんじん・かぶ	中華人民共和国	ニュージーランド	オーストラリア
アスパラガス	オーストラリア	タイ	メキシコ

(農林水産輸出入概況 (2004)；農林水産省より作成)

表 5 輸入野菜の流通エネルギー

輸入相手国	船積み港	距離(km)	所要日数 (日)	流通エネルギー (kJ/kg)		
				輸 送	保 冷	合 計
大韓民国	釜山	1,300	2	972	26	998
中華人民共和国	上海	2,100	3	2,585	39	2,624
台湾	基隆	2,100	3	1,385	39	1,424
タイ	バンコク	4,500	5	2,625	65	2,690
カナダ	バンクーバー	7,900	8	5,581	104	5,685
アメリカ	ポートランド	7,900	8	5,581	104	5,685
アメリカ	ニューオーリンズ	17,000	15	10,282	195	10,477
メキシコ	アカプルコ	11,300	10	6,138	130	6,268
トンガ	ヌクアロファ	8,000	8	4,433	104	4,537
オーストラリア	フリマントル	8,300	8	5,788	104	5,892
ニュージーランド	オークランド	8,800	8	4,846	104	4,950

## まとめ（考察）

### 地産地消の効果、および国内生産の課題

群馬県における野菜の生産エネルギーは、今回の調査の平均値として約 11,000kJ/kg であった。

一方で、群馬から東京への出荷を考えた場合の流通エネルギーは約 400kJ/kg と、生産エネルギーに比べてはるかに小さい値であった。群馬県内での消費、いわゆる地産地消では、これよりさらに小さい流通エネルギー（概算 100kJ/kg）ということになる。

これに対して、最近増加している輸入野菜の場合の流通エネルギーは、隣国の大韓民国からは約 1,000kJ/kg と生産エネルギーの 1 割以下であるが、中華人民共和国では 2,600kJ/kg、カナダやオーストラリアでは約 6,000kJ/kg と大きな負荷になっている。このような試算結果から、全体的には、野菜の地産地消によってエネルギー面からみた環境負荷を 2～4 割程度削減できるといえるであろう。

しかし一方では、国内生産であったとしても大きいエネルギー消費を生じる場合があることも、明らかとなった。それは、以下のような課題が浮き彫りになったとも考えられる。

第一の課題は、いかに化成肥料や農薬といった化学工業製品の投入を低減することができるか、である。群馬県では毎年 300 万トンもの家畜ふん尿が発生しており、有機肥料化すれば、その量は群馬県における必要量の 3 倍以上にも達する。すなわち不足することはない。また、家畜ふん尿は地下水の窒素過多を引き起こしていることから、対策が必要である。環境負荷を低減する点からみれば、完熟の高性能な有機肥料の生産・普及が必然であるといえよう。また、農薬に関しては、本年 5 月より残留農薬のポジティブリスト化が実施されていることもあり、いっそうの低農薬化の研究が重要である。

第二の課題は、温室における加温エネルギーの改善である。群馬県のような都市近郊型の農業において、加温による高付加価値の作物は必要だろう。したがって、これを縮小する方向ではなく、環境負荷の小さいエネルギーへの転換が考えられる。具体的には、現在の重油炊きボイラーを廃して、木材チップやペレット、あるいは木質や家畜ふん尿のバイオガスなどの、いわゆるバイオマスエネルギー化が、環境負荷削減の面からは効果が高い。熱利用であることを考えれば、初期投資のかさむガス化を行わなくても、チップやペレットの直接燃焼である程度の目的は達成できるだろう。将来的にはガス化発電などと組み合わせたコジェネレーション（熱電併給）などへと発展できれば、理想的な展開といえる。

### 参考文献

- 1) 文部科学省検定済教科書中学校教科書技術家庭科用「家庭分野」、開隆堂（2006）
- 2) レスター・R・ブラウン／小島慶三（訳）：「飢餓の世紀」、ダイヤモンド社（1995）
- 3) 農林水産省：「食料・農業・農村基本問題答申参考資料」（1998）
- 4) (社)資源協会：「家庭生活のライフサイクルエネルギー」

- 5) 財団法人 省エネルギーセンター：「食生活に伴う直接的・間接的エネルギー消費実態調査報告書」（2005）
- 6) 農林水産省：農林水産統計用語集（2004）
- 7) 赤城橘農業協同組合営農経済部：園芸栽培指針 21世紀にチャレンジ
- 8) 関東くみあい化成工業(株)：即答できる 施肥の手引き
- 9) 戒能一成：「エネルギー源別炭素排出係数の妥当性の評価と分析」（2005）
- 10) 財団法人 瑞穂協会：「ポケット米麦データブックー平成10年度ー」（1998）
- 11) 水田利用部、作業システム研究室：「稲作の作付規模エネルギー収支」研究成果情報、平成5年度、東北農業試験研究推進会議、東北農業試験場（1993）
- 12) 世界を養う：環境と両立した農業と健康な食事を求めて／バーツラフ・スミル著；逸見謙三，柳澤和夫訳
- 13) 農文協 編：「有機質肥料のつくり方 使い方」（1999）
- 14) 環境庁編：環境白書 平成9年度（1997）