産業連関表を用いた食料品部門のエネルギー・環境負荷分析

小田 秀充・内山 洋司

本研究では、日本の食料品生産において、産業連関表を用いて直接・間接のエネルギー投入量・CO₂排出量を明らかにすることを目的とする。分析した食料品は、農業部門・水産業部門・畜産業部門合わせて約70品目である。分析の結果、農産品では施設栽培の野菜の直接のエネルギー投入量・CO₂排出量が大きく、水産品では養殖品の間接のエネルギー投入量・CO₂排出量が大きいことが定量的に示された。そして生産に投入するエネルギー量が大きいほど、CO₂排出量が増大することが実証された。また（生産投入エネルギー）／（食品熱量）比を算出した結果、ほとんどの食品でその食品熱量の数倍～百数十倍のエネルギー投入が必要になることが明らかとなった。

1. はじめに

わが国は京都議定書の第1約束期間（平成20～25年）に基準年（平成2年）比で温室効果ガス排出量6%の削減を約束しているが、その目標を達成するためには産業、運輸、民生のすべての部門で可能な対策を講じていく必要がある。様々な部門の温室効果ガス、特にCO₂の排出削減を分析する手法としてライフサイクル評価（LCA）は有効な手法であり、これまで

にインベントリ分析を中心に多数の研究成果がある。LCAのインベントリ分析には産業連関分析法と積み上げ法の2つが主に利用される。産業連関表を用いたエネルギー・環境負荷分析研究においては朝倉・早見（2001）らなどによる成果があるが、中野・早見ら（2008）はそれを継承し、「2000年環境産業連関表」を作成している。また個別の具体的な産業における研究としては川島・内山（2000）らによる民生用耐久消費財のエネルギー消費量・CO₂排出量の推計や、塚本・内山（2005）らによる運輸部門の

小田秀充 筑波大学大学院システム情報工学研究科 〒305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1
E-mail:oda@risk.tsukuba.ac.jp
内山洋司 筑波大学大学院システム情報工学研究科 〒305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

環境負荷の分析などがある。食料品部門においても、環境負荷を LCA により定量化する研究は、南・安井 (2004) らによるマクロ消費、渡邊・田原 (2006) らによるイカ類などの水産物、林 (2000) による肉牛生産、梁・谷口 (2007) らによる豚肉生産など、積み上げ法を主としてこれまでに多くの研究が行われている。

食料品の投入エネルギー量を品目ごとに推計する試みとしては、代表的なものとして積み上げ法を主とした (社) 資源協会 (1994) による成果がある。本研究はこの成果を踏襲しつつ、産業連関表を活用し、CO₂排出量の推計も新たにつけ加え発展させる。すなわち、マクロの産業連関分析法とミクロの積み上げ法をハイブリッドさせて、エネルギー投入量や CO₂排出量を推計することを試みる。生産費調査等の詳細に費用を調査した統計資料と産業連関表を組み合わせることにより、産業連関表の部門にとどまらずに、可能な限り個別食品まで推計する。具体的には農業部門・水産業部門・畜産業部門の約 70 品目の食品のエネルギー投入量・CO₂排出量を求め、(生産投入エネルギー)/(食品熱量) 比を算出する。なお、本研究では環境負荷の対象を主要な温室効果ガスである CO₂排出量に絞っている。

2. 産業連関分析法と食料品部門のエネルギー・環境負荷

2-1 食料品部門の分析方法

本研究では、わが国のような輸入比率の高い市場経済において生産波及効果を求める際に適した競争輸入型モデルを用いる。詳細については別途文献¹⁾を参照されたい。

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j + F_i^d + E_i = X_i + M_i + Z_i, \quad i=1,2,\dots,n \quad (1)$$

a_{ij} : 投入係数

X_i : i 部門の国内生産額

F_i^d : 国内最終需要

E_i, M_i : 輸出, 輸入 (負号)

Z_i : 在庫純増 (正号, 純減は負号)

i 部門の需給バランス式 (1) から次の (2) 式が得られる。これにより生産波及効果も含めた均衡算出高の列ベクトル X が求まる。

$$X = [I - (I - (\hat{Z} + \hat{M})A)^{-1}[(I - (\hat{Z} + \hat{M}))F^d + E]] \quad (2)$$

$\hat{Z}, \hat{M}$: 対角行列

I : 単位行列

$(I - (\hat{Z} + \hat{M})A)$: 投入係数

$[I - (I - (\hat{Z} + \hat{M})A)]^{-1}$: レオンチェフ逆行列

各部門の直接間接のエネルギー消費量・CO₂排出量は (3) 式によって推計される。

$$X = \frac{\varepsilon_i}{X_i} [I - (I - (\hat{Z} + \hat{M})A)^{-1}[(I - (\hat{Z} + \hat{M}))F^d + E]] \quad (3)$$

ε_i : i 部門の直接エネルギー消費量

$\frac{\varepsilon_i}{X_i}$: i 部門の直接エネルギー消費原単位

$\frac{\varepsilon_i}{X_i} [I - (I - (\hat{Z} + \hat{M})A)]^{-1}$ の各成分の列和: 直接間接エネルギー原単位

$[I - (\hat{Z} + \hat{M})F^d + E]$: 国産品に対する最終需要

2-2 食料品部門のデータ整備と分析結果

本研究では、エネルギーバランス表を用いて環境負荷分析用データを整備する。CO₂排出量については、消費した燃料種ごとに燃焼時の排出係数を乗じて推計²⁾するが、排出係数は国立環境研究所の「燃料報告書」³⁾にて公表されている値を採用する。

また産業連関表基本分類をもとに独自に部門統合を行い、分析に適した行 226 部門×列 226 部門の食料品分析用産業連関表を作成する。産業連関表には生産者価格表と購入者価格表の二種類が存在するが、部門別、取引別の流通マージン率の差異により生産波及効果を過大評価あるいは過小評価することを防ぐため、本研究では生産者価格表を用いる。

以上により整備されたデータを基に、食料品

部門⁴⁾において直接間接にどれだけエネルギー消費・排出が行われているかを、最終需要あるいは家計消費の面から評価する。

食料品部門のうち国内生産額に占める最終需要額の割合がおおよそ 50 % を超える部門について、直接間接のエネルギー原単位および排出原単位を図 2-1(1)(2) に示す。

整備されたエネルギー原単位および CO₂ 排出原単位を用いて、各産業部門の直接間接のエネルギー消費量・CO₂ 排出量を推計すると、食料品 6 部門（「耕種農業」、「畜産」、「漁業」、「食品工業」、「林業（特用林産物）」、「農業サービス」、「飲食店」）の全産業におけるエネルギー消費量に占める割合は合計で 7.37 % である。これは「建設」の 9.69 % に次ぎ、「医療・保険・社会保障・介護」の 6.05 %、「輸送機械」の 5.15 % を超える。また、食料品 6 部門の CO₂ 排出量の全産業に占める割合は 7.38 % であり、「建設」の 10.7 % に次ぎ、「輸送機械」の 5.69 %、「電気機械」5.44 % を超える。次に、家計消費からの食料品部門の評価であるが、表 2-1(1)(2) は、国産品に対する最終需要の中の家計消費支出額に対してどれだけ直接間接にエネルギー消費・CO₂ 排出が誘発されているかを、国民一人あたりの値に換算してまとめたものである。

家計消費支出額から評価した国民一人あたり年間の直接間接エネルギー消費量は合計で 78,655 MJ/年であり、そのうち食料品に対するエネルギー消費量は 9,558 MJ/年と総消費量の 12.2 % を占める。同じく、国民一人あたり年間の直接間接 CO₂ 排出量は合計で 2,808 kg-CO₂/年であり、食料品からの CO₂ 排出量は 24.3 % を占め、家庭生活においても食料品のエネルギー消費量・CO₂ 排出量は決して小さくないといえるだろう。

次章では農業部門、水産業部門、畜産業部門について、個別の品目のエネルギー投入量・CO₂ 排出量を推計し、比較する。

3. 品目別のエネルギー・環境負荷分析

3-1 農業部門

3.1.1 分析方法

品目別のエネルギー・環境負荷は、基本的にその品目の生産コストに、エネルギー消費原単位、CO₂ 排出原単位を乗ずることによって求められる。生産費は農産物の場合は農林水産省大臣官房統計情報部（現：農林水産省統計部）が公表している『第 77 次農林水産統計表』（農林統計協会）の平成 12 年度の各作物の生産費をベースとした。

3.1.2 費目別生産プロセスエネルギー原単位の推計

生産費調査は単位面積あたりあるいは単位重量あたりの作物の生産に支出された金額を、その費目別⁵⁾に整理したものである。各費目へ 1 単位（金額）支出した際に直接間接的に消費するエネルギー量を生産プロセスエネルギー原単位と定義する。農産物 1 トンの生産にかかる直接間接のエネルギー投入量は、各費目へのトンあたり支出額に生産プロセスエネルギー原単位を乗じ、全ての費目について足し合わせたものである。

費目別の生産プロセスエネルギー原単位の推計は、2 章の分析で得られた部門別の直接間接エネルギー原単位を用いて行う。直接間接エネルギー原単位は当該部門の単位金額あたりのエネルギー消費を間接波及によるものまで完全に網羅するものであり、今回の分析でも光熱動力費を除きこれを用いる。なお、食料品分析用産業連関表は生産者価格表示であるのに対し、農林水産省の生産費調査は購入額表示である。従って生産者価格の金額あたりエネルギー原単位をそのまま生産費調査の支出額に乗ずると、生産者価格と購入者価格の差額分にかかる投入エネルギー量を過大評価することになる。しかし今回の分析では差額分を流通にかかるエネルギ

図 2-1(1)(2) 食料品部門の直接間接原単位 (エネルギー消費原単位・CO₂ 排出原単位)

表 2-1 食料品部門の直接間接エネルギー消費量・CO₂排出量の推計結果(1)国民一人あたりの年間エネルギー消費・CO₂排出量

			国民一人あたりエネルギー消費 (MJ/年)	国民一人あたりCO ₂ 排出量(kg-CO ₂ /年)				国民一人あたりエネルギー消費 (MJ/年)	国民一人あたりCO ₂ 排出量(kg-CO ₂ /年)
野菜	011301	耕種農業	705.2	45.39	茶・コーヒー	112901	食品工業	108.1	7.86
果実	011401	耕種農業	94.2	5.09	肉加工品	111201	食品工業	102.7	7.11
いも類	011201	耕種農業	23.6	1.09	農産保存食料品	111602	食品工業	98.5	6.73
豆類	011202	耕種農業	0.4	0.02	学校給食	111904	食品工業	80.7	6.01
鶏卵	012102	畜産	37.0	2.59	ぬり製品	111304	食品工業	77.9	5.66
その他の畜産	012109	畜産	0.7	0.04	飼料	113101	食品工業	43.9	3.24
海面養殖業	031104	漁業	107.1	7.47	レトルト食品	111902	食品工業	41.8	3.14
海面漁業	031101	漁業	78.3	5.53	水産びん・かん詰	111303	食品工業	33.6	2.63
内水面漁業・養殖業	031201	漁業	33.2	2.33	植物油脂	111704	食品工業	29.4	2.15
清涼飲料	112902	食品工業	630.3	45.39	冷凍調理食品	111901	食品工業	28.8	2.18
そう菜・すし・弁当	111903	食品工業	516.2	36.92	農産びん・かん詰	111601	食品工業	17.4	1.32
菓子類	111503	食品工業	497.1	35.63	砂糖	111701	食品工業	16.5	1.24
酒類	112101	食品工業	421.0	31.49	畜産びん・かん詰	111202	食品工業	14.4	1.12
精穀	111401	食品工業	394.6	23.78	有機質肥料(除別掲)	113102	食品工業	9.9	0.73
冷凍魚介類	111301	食品工業	309.6	22.29	製粉	111402	食品工業	5.0	0.36
酪農品	111203	食品工業	298.4	21.86	製氷	112903	食品工業	4.5	0.35
その他の水産食品	111309	食品工業	232.6	16.41	ぶどう糖・水あめ・異性化糖	111703	食品工業	2.4	0.18
パン類	111502	食品工業	225.8	16.24	でん粉	111702	食品工業	2.1	0.16
めん類	111501	食品工業	205.8	14.58	動物油脂	111705	食品工業	0.1	0.01
調味料	111706	食品工業	203.8	14.03	特用林産物	021301	林業	113.6	7.90
その他の食料品	111909	食品工業	200.6	14.92	農業サービス	013101	農業サービス	31.6	2.09
たばこ	114101	食品工業	194.4	12.88	飲食店	861201	飲食店	3,043.5	226.26
と畜	111101	食品工業	122.3	8.27	合計			9,558	681.40
塩・干・くん製品	111302	食品工業	119.5	8.77					

一投入とみなし、生産者価格の金額あたりエネルギー原単位をそのまま用いる。光熱動力費の生産プロセスエネルギー原単位に関しては、購入額と生産者価格の差額により生じた誤差が、直接投入エネルギー量を大きく左右してしまうため、購入額ベースの金額あたりエネルギー原

単位を別途推計する。

生産費調査の費目分類は①種苗・苗木費②肥料費③農薬薬剤費④諸材料費⑤光熱動力費⑥農機具費⑦農用建物費⑧賃借料及び料金⑨土地改良及び水利費の9費目である。⑤光熱動力に対する支出を直接的なエネルギー投入とみな

表 2-1(2) 食料品部門内の内訳と全産業内における割合

	エネルギー消費量 (MJ/年)			CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /年)		
	国民一人あたり エネルギー消費 (MJ/年)	食料品部門内 割合(%)	全産業内割合 (%)	国民一人あたり CO ₂ 排出量 (kg -CO ₂ /年)	食料品部門内 割合(%)	全産業内割合 (%)
耕種農業	823.2	8.6	1.05	51.6	7.6	1.84
畜産	37.7	0.4	0.05	2.6	0.4	0.09
漁業	218.6	2.3	0.28	15.3	2.2	0.55
食品工業	5,289.5	55.3	6.72	375.6	55.1	13.38
林業 (特用林産物)	113.6	1.2	0.14	7.9	1.2	0.28
農業サービス	31.6	0.3	0.04	2.1	0.3	0.07
飲食店	3,043.5	31.8	3.87	226.3	33.2	8.06
合計	9,558	100.0	12.2	681	100.0	24.3

し、①～④、⑥～⑨の各費目に対する支出を間接的なエネルギー投入とみなす。

生産プロセスエネルギー原単位の推計において、⑤光熱動力費については農業6部門の直接エネルギー消費量を、エネルギー部門への購入額ベースの総支出金額で除した値を光熱動力費の生産プロセスエネルギー原単位とした。エネルギー部門への総支出金額は、農業6部門の場合、産業連関表の「石油製品」「電力」「都市ガス」部門への支出額の和である。生産費調査の費目には上述の他に「雇用労賃」「支払小作料」「物件税及び公課諸負担」「負債利子」がある。これらの費目はいずれも投入エネルギー量としての評価が困難であり、加えてその投入量が極めて微細であると推測されることから分析対象から除外する。

3.1.3 分析結果

(1) エネルギー投入量・CO₂排出量

図 3-1 および図 3-2 は、先に述べた手法を用いて推計した、農産物の直接間接の生産投入エネルギー量および排出量を、品目別に示したものである。

グラフでは総投入（排出）量を「直接」と「間接」で区別して表示した。「直接」エネルギー投入量・CO₂排出量は、生産費調査の費目のうち光熱動力にかかった費用に生産プロセスエネルギー原単位・CO₂排出原単位を乗じることで推計した。一方「間接」は、種苗費や農機具費、肥料費など光熱動力以外の支出費目にかか

るエネルギー投入量・CO₂排出量の和である。光熱動力費以外の支出費目に対しては、当該産品の生産時には直接にエネルギーの投入は行われない。しかし種苗の育成や肥料の精製を行う川上工程がエネルギーを投入しているので、その分を「間接投入（排出）」として評価する。なお、CO₂排出量については、使用時にはCO₂を排出しない電力についても、発電時の排出を使用時の排出とみなすことで直接排出に含めた。

二つの図を比較してみると、エネルギー投入量の大きい品目ほどCO₂排出量も大きくなる傾向がはっきりと読み取れた。わが国のエネルギー供給はその大半を化石燃料に依存しているので、投入エネルギー量と排出量がきわめて強い正の相関をもつことは当然のことである。

全体の傾向としては、いも類の投入エネルギー量・CO₂排出量がもっとも小さく、施設栽培の野菜の投入エネルギー量・CO₂排出量がもっとも大きい結果となった。また、投入エネルギー量・CO₂排出量が高い品目は総投入（排出）量に占める直接投入（排出）の割合が大きい傾向にある。特に冬春ものおよび施設栽培の野菜について、投入エネルギー量がきわめて大きな値を示しているが、その内訳のほとんどが直接、すなわち光熱動力のためのエネルギー投入であった。

総投入に占める直接投入の割合が小さい農産品は、穀類、いも類、おうとうなどであった。

図 3-1 農産品の投入エネルギー量

図 3-2 農産品の CO₂ 排出量

おうとうは、全農産品のうち、もっとも間接エネルギー投入およびCO₂排出量の大きい品目である。生産費調査によると、おうとうの生産にかかる種苗・苗木費、肥料費、農薬薬剤費などの費用が他の品目と比べて群を抜いて大きく、これら川上工程におけるエネルギー投入量およびCO₂排出量が総投入（排出）量を押上げる結果となった。

(2) (生産投入エネルギー) / (食品熱量) の推計

図3-3は、農産品ごとの直接間接の生産投入エネルギー量を、食品に含まれる（栄養価としての）熱量で除した値を示したものであり、食品熱量の何倍のエネルギーが生産時に投入されているかを示すものである。この値が小さい品目ほど、少ない投入エネルギーで多くの熱量を摂取できることになる。なお、食品熱量は文部科学省科学技術・学術審議会資源調査会編集の『五訂増補日本食品標準成分表』の値を基本とする。後述する水産品・畜産品も同様である。

冬春もののピーマンは、食品熱量の約117倍ものエネルギーが、その生産時に投入されている。ピーマン、トマト、なすについては冬春ものと夏秋もので大きく値が異なった。きゅうり、すいかについては施設栽培と露地栽培で値に差がでた。同一品目については分母の食品熱量の値は変わらないため、この差は冬春ものおよび施設栽培のエネルギー投入量が、夏秋もの・露地栽培に比べて大きいことに起因したものである。

(生産投入エネルギー) / (食品熱量) 比の全体の傾向をみると、いも類、穀類、果実、野菜の順に値が大きくなった。穀類、いも類、豆類は野菜、果実と比較して食品熱量の値が大きく、生産投入エネルギー量も少なかった。果実については、おうとうをはじめ品目によっては生産投入エネルギー量の大きいものもあった。しかし、全体的には野菜より生産投入エネルギー量が少なく、食品熱量も大きかった。この結果、全体の傾向として（生産投入エネルギー） / （食品熱量）比の値が野菜より小さくな

った。

(生産投入エネルギー) / (食品熱量) 比が1以下、すなわち食品熱量が生産投入エネルギーを上回った品目は、くり、パイナップル、米、大豆、麦類、いも類であった。かんしょ(0.21) ばれいしょ(0.27) といも類のエネルギー収支のよさがきわだつ結果となった。

3-2 水産業部門

3.2.1 分析方法

水産品の場合、農産品のように品目別の生産費を直接得ることができないため、漁船の規模（階層）別、漁法別の経営費データを組み合わせて品目別のエネルギー・環境負荷を導くという方法を取る。基本となるデータは農林水産省大臣官房統計情報部（現：農林水産省統計部）が公表している『平成12年度漁業経済調査報告（漁家の部・企業体の部）』である。なお、漁業方別、漁法別、魚種別のそれぞれの分類であるが、漁業法別の分類は漁船の規模等で10種類に分類される。漁法の分類は46種類であり、魚種の分類は26種類である。

3.2.2 費目別生産プロセスエネルギー原単位の推計

生産費プロセスエネルギー原単位の推計は農業部門と同様である。生産費調査の費目分類と産業連関表の分類の対応は、基本的に資源協会(1994)を踏襲する。産業連関表の一部門概念とそのまま一致するもの以外、例えば「諸施設費」などは、その内訳として挙げられた「非住宅建築」、「建設補修」、「その他の一般産業機械」の原単位を支出金額の比で加重平均した値を「諸施設費」の生産プロセスエネルギー原単位とする。生産プロセスエネルギー原単位は19費目⁷⁾について推計した。光熱動力費や「雇用労賃」「支払小作料」「物件税及び公課諸負担」「負債利子」についての扱いは農業部門と同様である。

3.2.3 分析結果

(1) 主要魚種のエネルギー投入量・CO₂排出量

図 3-3 農産品の（生産投入エネルギー）／（食品熱量）の推計

図 3-4 水産品の投入エネルギー量

図 3-5 水産品の CO₂排出量

図 3-4 および図 3-5 は、農産物と同様に推計した結果で、水産品の直接間接の生産投入エネルギー量および CO₂排出量を品目別に示したものである。

二つの図を比較してみると、農産物の場合と全く同様に、エネルギー投入量の大きい品目ほど CO₂排出量も大きくなる傾向が読み取れた。

全体を見ると、さけ・ますの投入エネルギー量・CO₂排出量がもっとも小さく、あさり類の投入エネルギー量・CO₂排出量がもっとも大きい結果となった。魚類はかに、えびなどの甲殻類やたこ、いかなどの軟体動物、あさり、ほたてなどの貝類に比べてエネルギー・環境負荷が

小さい傾向にある。養殖物ではぶりやたいなど魚のエネルギー投入量・CO₂排出量が比較的大きく、のり、わかめ・こんぶ、かきといった海藻や貝は小さかった。ぶりやたいはエネルギーの間接投入、CO₂の間接排出が大きいのが、これは生産費における「えさ代」の影響によるものであった。その一方で漁獲にかかる燃料費が小さいため、エネルギーの直接投入、CO₂の直接排出は小さくなった。同一の品目で比較すると、例えば養殖もののぶりは天然ものに比べて約 3 倍のエネルギー投入、約 3.5 倍の CO₂排出が行われていると推計された。

(2) (生産投入エネルギー) / (食品熱量)

図 3-6 水産品の（生産投入エネルギー）／（食品熱量）の推計

の推計

図 3-6 に、水産品ごとの生産投入エネルギーと食品熱量の比率を示す。食品熱量の何倍のエネルギーが漁獲時に投入されているかを示すものである。この値が小さい品目ほど、少ない投入エネルギーで多くの熱量を摂取できる効率の良い食品と言える。

（生産投入エネルギー）／（食品熱量）比は、あさり類が 737 と際立って高く、かに類、たこ類、うに類、えび類、ほたて貝と続き、これらは食品熱量の 100 倍以上のエネルギーが、その生産時に投入されている。比の値が低いものはさんま（11.3）、さけ・ます（13.9）、さば類（14.6）、ひらめ・かれい（21.7）、ぶり類（23.7）、まぐろ類（24.1）などであった。

農産品のように（投入エネルギー）／（食品熱量）比が 1 以下、すなわち食品熱量が生産投入エネルギーを上回る品目は無かった。

3-3 畜産業部門

3.3.1 分析方法

分析方法は基本的に農産品・水産品の場合と同じ手法を用いる。主要な畜産物は乳、肉、卵の 3 食品であるが、本研究では肉類に絞って分析を行う。肉は牛、豚、食鳥が中心であり、牛肉

は海外からの輸入が盛んに行われているが、国内で産出される畜産物に投入される投入エネルギー量および CO₂排出量を分析するという立場から、輸入物は除外した。

生産費は農林水産省大臣官房統計情報部（現：農林水産省統計部）が公表している『畜産物生産費（平成 12 年度版）』をベースとする。なお、この『畜産物生産費』において、食鳥の調査は平成 6 年度を最後に行われておらず、他の統計資料でもデータは入手できなかった。そのため、平成 6 年度のデータを用いる。

3.3.2 生産費調査の費目別生産プロセスエネルギー原単位の推計

費目別の生産プロセスエネルギー原単位の推計は、基本的に農産品、水産品と同様に行う。本研究では、生産費調査の費目分類を、「種付料・もと畜費（ひな費）」「飼料費」「敷料費」「光熱動力費」「獣医師料・医薬品費」「賃借料及び料金」「繁殖めす畜償却費」「建物・構築物費」「大農具・小農具費」「と畜」の 10 費目に整理する。その上で産業連関表の畜産部門「肉鶏」，「豚」，「肉用牛」への投入金額を参照しながら、生産費調査の費目分類と産業連関表の一部門概念を当てはめ対応させる。畜産物の場合、畜産物それ自体の費用と、飼育する過程の

図 3-7(1)(2)(3) 畜産品の分析結果

費用を考える必要がある。飼育する過程の費用は一律に「農業サービス」としてすべての費目に織り込む。このようなプロセスで費目を整理していくと、例えば、「飼料費」は「飼料作物」「酪農」「飼料」「農薬」「農業サービス」といった内訳になる。この5部門の原単位を支出金額で加重平均して「飼料費」の原単位が算出される。「飼料費」の原単位は畜産各部門の支出比を反映するため「肉鶏」,「豚」,「肉用牛」で異なった値となる。また,「種付料・もと畜費(ひな費)」「敷料費」「繁殖めす畜償却費」の各費目は産業連関表の一部門概念と直接対応するものがなく、広範な農業サービスに含まれるものとして一律に「農業サービス」を適用する。

3.3.3 分析結果

(1) エネルギー投入量・CO₂排出量

図 3-7(1)(2)は、前節で述べた手法を用いて

推計した肉類の直接間接の生産投入エネルギー量および排出量を、品目別に示したものである。

二つの図を比較してみると、エネルギー投入量の大きい品目ほど排出量も大きくなる傾向がやはり読み取れ、農産品・水産品と同じ傾向が認められる。牛の投入エネルギー量・排出量がもっとも大きく、食鳥の投入エネルギー量・排出量がもっとも小さい。

(2) (生産投入エネルギー) / (食品熱量) の推計

図 3-7(3)は、肉類の (生産投入エネルギー) / (食品熱量) 比を示したものである。肉類は農産品や水産品と比較して、(生産投入エネルギー) / (食品熱量) 比が小さい値の範囲に収まっているが、食品としてもっている本来の熱量が大きいことに起因すると考えられる。

全体の傾向をみると、牛 (20.5), 豚 (17.4),

食鳥 (15.6) の順になっており、それぞれにおいて大きな差はない。水産物と同じく、肉類でもやはり (生産投入エネルギー) / (食品熱量) 比が 1 以下、すなわち食品熱量が生産投入エネルギーを上回る品目はなかった。

4. おわりに

本研究では、農業部門と水産業部門、畜産業部門について品目別エネルギー投入量・CO₂排出量を定量化した。その結果、これらの食品を得るためにほとんどの食品でその食品熱量の数倍～数百倍のエネルギー投入が必要になるなど、日本の食品産業がエネルギー集約的な形態で行われていることが明らかになった。また生産活動に投入するエネルギー量が大きいほど、排出量が大きくなることが示された。

エネルギー投入量が大きい品目には、光熱費の負担の大きい施設栽培の野菜、多額のえさ代を要する養殖品などが代表的な食品として挙げられる。日本の食料品産業は、施設栽培、養殖などを通して商品の高付加価値化を進めてきた。しかしそれが CO₂ 排出量の増大に繋がっていると推測される。エネルギー・CO₂ 負荷削減の観点からは、今後は施設栽培品や養殖品よりも旬の食品、自然に採取される食品を選択するのが好ましいと考えられる。地産地消型の生産システムは低炭素社会を構築していく上で重要であり、そのシステムの構築が今後の農業・漁業政策に求められることになる。

〔注〕

- 1) 塚本忠嗣・小出文隆・内山洋司・湯浅雄一郎・川島啓 (2007) 「時系列産業連関表による各種電源のライフサイクル分析」『第 23 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集』53 ページ。
- 2) 石油製品のうち、ナフサはエネルギーバランス表では最終エネルギー消費部門の消費量は全量が「非エネルギー利用」として計上されている。この値は転換部門にてエチレン・ブタジェン等の石油化学製品に転換された後に消費された量を表現し

ており、最終エネルギー消費部門におけるナフサの消費時には燃焼を伴わないためエネルギー転換部門以外はナフサ消費にかかる排出係数を 0 としている

- 3) 国立環境研究所「燃料報告書」www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/kento/h1209/09.pdf
- 4) 本節における食料品部門とは、食用農水産業、食品工業および飲食店を含むフードシステム全体を指す。
- 5) 生産費調査の費目分類と産業連関表の分類の対応関係は下記の表を参照されたい。

生産費費目と産業連関表部門分類との対応

農業部門

生産費費目	産業連関表部門分類	
種苗・苗木	011602	種苗
肥料	113102	有機質肥料 (除別掲)
	201101	化学肥料
農業薬剤	207401	農薬
諸材料	152101	衣服
	182101	紙製容器
	259901	その他の窯業・土石製品
	289901	その他の金属製品
	900000	分類不明
農機具	851510	自動車修理
	851610	機械修理
農用建物	221101	プラスチック製品
	412101	建設補修
賃借料および料金	013101	農業サービス
	611101	卸売
	611201	小売
	621101	金融
	621201	保険
	851301	物品賃貸業 (除貸自動車業)
	851401	貸自動車業
土地改良及び水利費	412101	建設補修

光熱動力	211101	石油製品
	511101	電力
	512101	都市ガス

- 6) 農機具費は産業連関表「自動車修理」「機械修理」部門への支出とみなし処理している。
- 7) ①漁船費、②諸施設費、③漁具費、④えさ代、⑤水代、⑥魚箱代、⑦種苗費、⑧塗染料費、⑨加工用資材費、⑩諸材料費、⑪自動車費、⑫賃貸料・料金販売手数料、⑬建物 (減価償却費)、⑭自

動車（減価償却費），⑮漁船舶体（減価償却費），⑯漁船機関（減価償却費），⑰電気機器，冷凍装置（減価償却費），⑱その他の漁業用固定資産（いけす等），⑲光熱動力費の19費目である。

●参考文献

朝倉啓一郎・早見均・溝下雅子・中村政男・中野諭・篠崎美貴・鷺津明由・吉岡完治（2001）『環境分析用産業連関表』慶應義塾大学出版会。

川島啓・内山洋司・伊藤慶四朗（2000）「産業連関表を用いた我が国における民生用耐久消費財の生産に伴うエネルギー消費量とCO₂排出量の時系列推計」『産業連関－イノベーション&IOテクニク』第9巻第3号16-29ページ。

資源協会編（1994）『家庭生活のライフサイクルエネルギー』あんぼるめ。

塚本忠嗣・内山洋司・川島啓（2005）「時系列産業連関表を用いた運輸部門の環境負荷分析」『第22回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集』523-526ページ。

中野諭・早見均・中村政男・鈴木将之（2008）『環境分析用産業連関表とその応用』慶應義塾大学出版会。

農林水産省大臣官房統計情報部（2003）『第77次農林水産統計表』農林統計協会。

農林水産省大臣官房統計情報部（2003）『平成12年度漁業経済調査報告（漁家の部・企業体の部）』農林統計協会。

農林水産省大臣官房情報部（2001）『畜産物生産費（平成12年度版）』農林統計協会。

林孝「肉牛生産のLCAと環境影響評価」（2000）『農業環境研究叢書』第12号100-115ページ。

南亘・安井邦洋・中野勝行・金熙潐（2004）「まぐろ消費に伴う大気汚染物質LCI」『日本水産学会誌』Vol. 70 No.4 548-554ページ。

文部科学省科学技術・学術審議会資源調査会編（2005）『五訂増補日本食品標準成分表』国立印刷局。

梁端録・谷口郁・川島洋人・菊池英治・相馬隆雄（2007）「肉豚生産に伴う地球温暖化ガス排出量の推定」『日本LCA学会誌』第3巻第3号178-183ページ。

渡邊一仁・田原聖隆・藤森康澄・清水普・三浦汀介（2006）「イカ漁業のLCIと環境負荷」『環境科学会誌』第19巻1号15-24ページ。