

論文

フードシステムの環境負荷分析

—2000-2011年接続産業連関表によるアプローチ—

良 永 康 平

要 約

今から13年前の2008年に、日本の1990年代の食農による環境負荷を産業連関表によって分析し、本誌に投稿した。その際に、尾崎巖の開発したユニット・ストラクチャ分析を応用して日本のフードシステムを析出し、90年代におけるその推移を検討した。本校はその続編であり、引き続き2000年以降のフードシステムを分析している。そのなかで、特に環境負荷が増大している野菜のフードシステムについては、第4節で生産段階に遡ってエネルギー使用を検討している。また前回同様、内生385部門の2000-2011年接続産業連関表（実質価格）や内生388部門の2015年基本価格表を用いて、環境負荷の実態と変化を、各部門のエネルギー消費だけではなく、エネルギー原単位やCO₂排出原単位などの指標で捉えている。さらに最近、海洋汚染で問題となっているプラスチック製品と食農部門との関連を分析している点が特徴である。

キーワード：産業連関表、産業連関分析、農業事情、食糧問題、環境科学、環境経済学
 経済学文献季報分類番号：02-41、05-41、07-10、07-30、08-23、16-32。

はじめに

13年前、本誌に寄稿した頃の食農をめぐる話題といえば、原産地偽装、食料自給率、フードマイレージ、バーチャルウォーター（仮想水）、地産地消、スローフード等であった¹⁾。その後、里山資本主義や六次産業化による振興策等が取り上げられ、また最近では食品等の販売や移動に必要な容器包装物、例えばレジ袋やペットボトル等と海洋汚染との関係が問題となっている。このように時代とともに様々な食や農に関するテーマが取り上げられているが、重要なのは、その背後にある食農が環境と深く関わっているという認識である。すなわち、食や農はたとえば温暖化や旱魃・豪雨といった気候変動に大きな影響を受けるが、逆に

1) フードマイレージについては、たとえば山下惣一・鈴木宣弘・中田哲也編(2007)、中田哲也(2018)を参照。

食農のあり方、生産・消費の様態もますます環境に大きな影響を与えるようになってきている²⁾。たとえばよく言われるように、食肉に関連する産業が排出する温室効果ガスが増大し、地球温暖化に与える効果も無視できなくなっている。したがって、食農のあり方を環境との関連で捉え直すことが一層必要となっている。そしてそのためには、農林漁業における生産・収穫や食品製造業における食加工のように、生産段階を単独で捉えるのではなく、生産から加工、流通、消費へというフードシステム全体で捉え、その環境負荷を検討することが重要である。フードシステム全体を捉えるには産業連関表が最も適切な統計であると思われるが³⁾、一般の農産物・食材別の統計に比べると産業連関統合表の部門分類は粗いため、ここではその溝を少しでも埋めるべく、基本表という最も詳細なレベルの産業連関表を用いることにする。

本稿で用いるデータについても簡単に説明しておく。一般に産業連関表は、その推計方法や産業部門の定義等が変更・改訂されることがあるために、異なる年度の比較にはその比較可能性を絶えず検討する必要がある。そのため時系列比較をする上では、作成者である総務省統計局の方ですでに比較可能性を検討済みである「接続表」を用いるのが常套手段である。価格デフレーター（インフレーター）による実質価格表まで公表されているため、価格変化を除く実質的な変化を捉えることもできる。これらの理由により、本稿でも「2000-2005-2011年接続産業連関表」を主なデータとして用いている。さらに最新データを見たいときには「2015年産業連関表」も用いているが、実はこの産業連関表と接続産業連関表との比較可能性は限定的である⁴⁾。そこで比較に問題があまりない場合に限り用いることにし、本格的な2015年とそれ以前との比較は、2005-2011-2015年の接続表の公表を待って行うことにする。また本稿では統合分類表は用いておらず、できる限り詳細なアクティビティーベースで見るために、基本分類表（400行×420列、内生385部門）を用いることにする。

以下、次のような順で考察してゆくことにする。まず第1節では、尾崎巖（元慶応大学教授）の開発したユニット・ストラクチャの考え方を簡単に説明し、これを食・農分野に適用して環境負荷の変化を捉える。第2節では、農林水産業や食品製造業の現場における農薬や肥料、水道、廃棄物等の直接の環境負荷を検討し、続く第3節では、食農の製品化に当たって必要とされるプラスチック製品の増減を産業連関表から調べる。さらに第4節では、

2) 地球温暖化が農産物の収穫等に与える影響についてはたとえば国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（2020）、また食・農一般と環境については原剛（2001）、應和邦昭（2005）、若森章孝（2008）、檜原正澄（2016）等を参照。

3) 農林水産省総合食料局（2005）、時子山ひろみ・荏開津典生（2007）等を参照。

4) 2015年表から日本標準産業分類の改定や2008 S N Aを踏まえた対応がなされており、2011年表以前とは比較可能性に限界がある。

食農部門の環境負荷をエネルギーに限定して考察する。特に第1節で検討したユニット・ストラクチュアを補う意味で、エネルギー原単位の考え方によって、直接・間接のエネルギー負荷や二酸化炭素の排出を検討する。

1. 食農関連産業のユニット・ストラクチュア分析

ユニット・ストラクチュア（以下U・Sと略す）とは、1単位の財貨やサービスを生産するために各産業間で直接・間接に必要な原材料や財貨、サービスの販売・購入を表した表であり、当該の財貨・サービスを直接に生産・提供する産業だけではなく、その背後で必要となる原材料等の生産・提供をも含めた全体としての産業間の構造を捉えるための表のことである⁵⁾。つまり特定の産業の生産に直接必要な様々な原材料やサービスだけではなく、その原材料を製造するためにも必要な生産をすべて含めた直接・間接に必要な究極の取引を示したものである。開発者である尾崎巖氏の構想は、生産というのは単にその産業の投入・産出（技術）のみによって成り立つのではなく、背後に中間財をめぐるさまざまな産業と取引、いわばシステムがあって成り立っているのであって、経済発展を考える上ではこの総体を捉えることが重要だというものである。すなわち通常の産業連関表では、当該産業の生産技術を、直接の投入係数や投入係数（列）ベクトルによって捉えるが、U・Sではさらに当該産業が必要とする原材料の取引も含めて、行列によって捉えようとする。この考え方によって、経済発展のための後方支援産業を捉えることができるが、さらに様々な応用も可能である。国際産業連関表によって国際貿易の背景となる産業構造を析出したり、地域間産業連関表によって地域間の原材料を含めた依存構造を明らかにしたりすることもできる⁶⁾。そして、農林水産省のように食農を中心として産業連関表を再編する試みを、U・Sによって食農関連財貨・サービスごとに間接的な原材料取引を含めた形で明示することが可能となる。特に、最終需要規模とは独立に、最終需要1単位当たりの生産に必要な内生部門の究極の取引を明らかにすることができる点が、農林水産省等の食農連関表との相違である⁷⁾。

図1の例を用いて、簡単に説明しよう。農業の最終需要70単位、工業の最終需要30単位を満たすために、それぞれ100単位、200単位の生産が行われ、産業内及び産業間の取引が行われている。いま、農業の最終需要1単位のみを産み出すシステムを考えてみる。このために

5) 尾崎巖(1980)(1990)、あるいは黒田昌裕(1984)の紹介を参照。「単位構造系」という言葉も使われている。

6) 良永(2001)ではU・Sによる日独比較(第3章)や旧東西ドイツ比較(第5章)を行っている。ただしテーマは食・農に限ったものではない。

7) 実際の取引や負荷は、U・Sを最終需要倍してやれば容易に求めることができる。

図1 ユニット・ストラクチャの考え方

	農業	工業	最終需要	生産額
農業	10	20	70	100
工業	50	120	30	200
付加価値	40	60		
生産額	100	200		

$$\text{中間投入係数 } A = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.1 \\ 0.5 & 0.6 \end{bmatrix}$$

$$\text{付加価値率} = [0.4 \quad 0.3]$$

$$\text{レオンチェフ逆行列 } B = (I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} 1.29 & 0.32 \\ 1.61 & 2.90 \end{bmatrix}$$

$$\Delta X = B \cdot \Delta F = \begin{bmatrix} 1.29 & 0.32 \\ 1.61 & 2.90 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.29 \\ 1.61 \end{bmatrix}$$

$$\Delta A = A \cdot \Delta \hat{X} = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.1 \\ 0.5 & 0.6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1.29 & 0 \\ 0 & 1.61 \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} 0.13 & 0.16 \\ 0.65 & 0.97 \end{bmatrix}$$

	農業	工業	最終需要	生産額
農業	0.13	0.16	1	1.29
工業	0.65	0.97	0	1.61
付加価値	0.52	0.48		
生産額	1.29	1.61		

は、レオンチェフ逆行列 $B = (I - A)^{-1}$ に農業のみ 1 単位の最終需要ベクトルを右乗すればわかるように、直接・間接に農業に 1.29 単位、工業に 1.61 単位の生産が必要となる。これだけの生産を行うためには、産業間でどのような取引が必要であるかは、それぞれの生産額を対角化した行列 $\Delta \hat{X}$ に中間投入係数行列 A を左乗してやれば、中間財取引行列が求まる。このときに中間投入係数だけではなく、付加価値率も一緒に計算して生産額に掛ければ、図 1 のように付加価値も求まり、行和・列和バランスによって農業の最終需要 1 は、農業と工業の付加価値の合計に等しくなっていることもわかる。これが $U \cdot S$ の概要であり⁸⁾、農業や工業間に図 1 のような取引が行われ、それをもとに生産が行われたときにのみ、農業の最終需要 1 が供給されることになる。

では実際のデータから、いくつかの産業の $U \cdot S$ を計算し、2000 年から 2011 年にかけてどのように変化したかを検討することにする。まずは、前稿でも紹介した野菜の $U \cdot S$ である（表 1-1）⁹⁾。

通常の産業連関表のように、表の横（行）方向には各財貨・サービスの販売・提供（産出）を表し、縦（列）方向には各産業における中間財の購入（投入）を表している。本来は

8) 本稿では紙数の関係から 2 次元の表形式で表しているが、尾崎 (1980) や良永 (2001) が表示しているように 3 D グラフにした方がわかりやすいかもしれない。

9) 良永 (2008a) は 1990 年～2000 年における野菜の $U \cdot S$ を、さらに良永 (2016) は 1990～2005 年の野菜の $U \cdot S$ を紹介しているが、野菜はこの時期も全体としての $U \cdot S$ が増加している。

表1-1 野菜のユニット・ストラクチャ（2000・2011年）

2000年		5	11	21	29	94	96	101	128	131	134	268	276	285	286	298	386											
ユニットストラクチャ (野菜)	野	菜	種	農 サ ー ビ ス	石 原 天 ガ	炭 油 然 ス	段 ー ボ ル	段 ー ボ ル	化 肥	学 科	農	薬	石 製	油 品	ブ ラ ッ ク 品	建 補	設 修	事 業 電	業 用 力	卸	売	小	売	道 貨 輸	路 物 送	内 部 門	計	
11	種苗	2,250	631	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,883			
21	農業サービス	3,217	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,346		
29	石炭・原油・天然ガス	0	0	0	4	0	0	0	140	0	4,061	0	0	307	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,845		
93	板紙	0	0	0	0	1,206	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,242		
94	段ボール	0	0	0	0	0	2,594	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,605		
96	段ボール箱	5,712	27	202	0	0	0	0	8	19	0	6	0	0	21	5	1	6,045										
101	化学肥料	4,390	114	0	0	0	0	0	1,047	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,646	
128	農業	4,325	86	70	0	0	0	0	392	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,943	
131	石油製品	3,335	19	82	53	10	25	302	41	355	9	16	65	90	29	173	5,655											
134	プラスチック製品	1,036	27	23	4	0	5	43	60	2	398	29	0	5	11	1	1,841											
268	建設補修	802	9	6	20	25	36	25	19	3	10	3	77	31	12	4	1,319											
276	事業用電力	366	10	133	171	11	63	146	59	12	42	5	61	25	29	10	1,594											
285	卸売	3,340	218	75	37	177	195	181	187	26	102	85	16	121	12	17	5,782											
286	小売	1,284	26	37	13	1	8	4	3	0	1	4	1	23	7	19	1,531											
287	金融	182	4	14	122	19	34	25	136	10	5	6	26	125	28	10	1,174											
298	道路貨物輸送	736	24	24	8	62	87	43	35	6	12	19	7	8	3	3	1,290											
340	企業内研究開発	0	90	0	53	3	12	135	306	12	26	0	20	6	3	2	890											
359	自動車整備	612	5	13	20	2	3	3	3	0	1	6	2	23	8	65	865											
360	機械修理	394	9	42	109	9	6	39	18	12	14	14	67	3	1	1	990											
386	内生部門計	36,295	1,614	1,171	1,440	1,635	3,481	3,295	2,656	4,651	1,174	720	911	1,488	406	507	77,073											
399	租付加価値部門計	63,748	1,269	2,174	3,405	970	2,564	2,352	2,287	1,004	667	599	683	4,295	1,125	783	100,000											
400	国内生産額	100,043	2,883	3,346	4,845	2,605	6,045	5,646	4,943	5,655	1,841	1,319	1,594	5,782	1,531	1,290	177,073											

注）表頭、表側の数字は産業連関表（基本表）の部門番号である。

2011年	5	11	21	29	94	96	101	128	131	134	268	276	285	286	298	386						
ユニットストラクチャ (野菜)	野 菜	種 苗	農 業 サ ー ビ ス	石 原 天 ガ	炭 油 然 ス	段 ー ボ ル	段 ー ボ ル	化 肥	学 科	農 業	石 製	油 品	ブ ラ チ ャ ク 品	建 補	設 修	事 業 電 力	卸 売	小 売	道 貨 輸 送	路 物 送 達	内 部 門 計	生 計
11 種苗	2,341	804	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,152	
21 農業サービス	3,226	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,459	
29 石炭・原油・天然ガス	0	0	0	7	0	0	0	387	0	4,150	0	0	608	0	0	0	0	0	0	0	5,604	
93 板紙	0	0	0	0	1,723	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,763	
94 段ボール	0	0	0	0	0	3,089	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3,105	
96 段ボール箱	6,529	10	215	0	0	0	7	16	0	3	0	0	39	7	1	6,861						
101 化学肥料	4,333	151	1	0	0	0	921	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,578	
128 農業	3,294	77	36	0	0	0	0	450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,986	
131 石油製品	3,659	7	54	89	16	27	328	21	355	4	21	86	146	48	178	6,201						
134 プラスチック製品	1,037	6	26	10	0	9	54	46	1	476	32	0	12	31	1	2,006						
268 建設補修	1,297	10	26	49	32	53	33	12	2	15	6	75	61	30	5	2,059						
276 事業用電力	452	11	163	281	8	42	137	56	10	32	4	139	37	107	11	1,975						
285 卸売	4,553	320	124	87	677	668	296	245	37	193	180	24	228	34	17	9,380						
286 小売	2,837	49	39	22	2	8	15	5	0	1	10	1	49	17	14	3,281						
287 金融	263	5	18	111	24	42	23	129	12	5	15	42	159	47	8	1,407						
298 道路貨物輸送	980	39	29	18	125	232	79	41	16	19	39	23	70	9	6	2,219						
340 企業内研究開発	0	69	0	130	5	24	95	298	12	44	0	4	28	9	3	1,152						
359 自動車整備	1,023	3	10	48	3	5	4	2	0	1	11	2	53	20	75	1,437						
360 機械修理	1,124	8	123	117	17	9	58	15	10	17	21	132	5	3	1	2,125						
386 内生部門計	43,301	1,892	1,372	2,410	2,731	4,557	3,762	2,720	4,745	1,413	1,168	1,543	2,809	1,131	588	100,053						
399 租付加価値部門計	56,747	1,260	2,086	3,194	374	2,304	1,816	1,266	1,456	593	892	432	6,571	2,151	1,630	100,000						
400 国内生産額	100,048	3,152	3,459	5,604	3,105	6,861	5,578	3,986	6,201	2,006	2,059	1,975	9,380	3,281	2,219	200,053						

1 単位の最終需要を産み出すための直接・間接の産業間取引がU・Sであるが¹⁰⁾、このように設定すると中間財取引は1以下の小数となって分かりづらいので、ここでは野菜の最終需要を100,000単位とし、また中間財取引、特に内生部門計の数値が2011年に1000を下回るような少額の取引は、原則として表示していない¹¹⁾。

10) 表1-1～表1-4の数字は仮想的な単位数であるが、日本の産業連関表の実際の単位は100万円である。

11) 内生385行×385列の基本表の場合、実際にはかなり多くのセルがゼロである。表1-1～表1-4の行和・列和を表す内生部門計（行）（列）は省略した内生部門の個々の数値を含む合計となっている。

表1-2 食肉のユニット・ストラクチュア（2000・2011年）

2000年	9	10	14	15	16	18	21	29	33	52	67	276	285	298	386					
ユニットストラクチャ （食肉）	そ の 食 耕 作	他 用 種 作	飼 料 物	酪 農	肉 用 牛	豚	肉 鶏	農 サ ビ	業 一 ス	石 原 天 ガ	炭 油 然 ス	食 肉	動 植 物 脂	飼 料	事 業 用 力	卸 売	道 貨 輸	路 物 送	内 部 門 計	生 計
1 米	0	0	25	2,073	299	9	47	0	0	0	0	98	0	0	0	0	0	0	2,826	
2 麦類	0	0	0	109	1	0	0	0	0	0	0	1,470	0	0	0	0	0	0	2,094	
4 豆類	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	1,398	239	0	0	0	0	0	0	1,758	
9 その他の食用耕種作物	1,379	22	49	651	310	0	0	0	0	0	1,083	10,975	0	0	0	0	0	0	14,895	
10 飼料作物	0	0	897	3,986	80	0	0	0	0	0	0	359	0	0	0	0	0	0	5,339	
14 酪農	8	365	31	2,168	0	0	0	0	0	1,644	0	0	0	0	0	0	0	0	4,549	
15 肉用牛	66	56	0	9,105	0	0	0	0	0	31,750	0	0	0	0	0	0	0	0	41,062	
16 豚	8	0	0	0	264	0	0	0	0	29,678	0	0	0	0	0	0	0	0	29,967	
18 肉鶏	158	1	0	0	0	0	11	0	14,927	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,105	
21 農業サービス	1,039	313	90	536	284	3,549	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,725	
29 石炭・原油・天然ガス	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	627	0	0	0	0	0	0	4,995	
52 動植物油脂	0	0	20	202	128	21	0	0	0	0	567	4,451	0	0	0	0	0	0	5,524	
67 飼料	0	0	574	11,014	14,294	9,869	244	0	0	0	0	261	0	0	0	0	0	0	36,597	
101 化学肥料	938	605	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3,412	
131 石油製品	261	69	43	197	169	115	190	55	449	77	432	132	284	667	5,371					
276 事業用電力	71	29	52	209	281	59	306	177	459	39	273	124	78	39	3,249					
285 卸売	712	145	140	1,588	2,140	1,239	174	39	6,191	285	2,371	32	382	68	18,310					
298 道路貨物輸送	113	32	66	662	1,151	730	56	8	988	70	483	14	27	11	4,980					
356 物品賃貸業	9	0	11	104	142	333	68	60	63	5	31	27	38	14	1,376					
360 機械修理	530	270	74	62	160	52	96	112	319	32	130	136	9	3	2,756					
365 その他の対事業所サービス	0	0	0	0	0	0	24	49	276	29	52	26	202	2	1,376					
386 内生部門計	7,767	3,017	2,594	35,743	23,054	17,365	2,704	1,485	90,901	4,915	27,238	1,857	4,711	1,956	271,859					
399 粗付加価値部門計	7,128	2,322	1,955	5,319	6,913	-2,261	5,021	3,510	9,185	609	9,359	1,392	13,599	3,024	100,000					
400 国内生産額	14,895	5,339	4,549	41,062	29,967	15,105	7,725	4,995	100,086	5,524	36,597	3,249	18,310	4,980	371,859					

注）表頭・表側の数字は基本表の部門番号である。

2011年	9	10	14	15	16	18	21	29	33	52	67	276	285	298	386					
ユニットストラクチャ （食肉）	そ の 食 耕 作	他 用 種 作	飼 料 物	酪 農	肉 用 牛	豚	肉 鶏	農 サ ビ	業 一 ス	石 原 天 ガ	炭 油 然 ス	食 肉	動 植 物 脂	飼 料	事 業 用 力	卸 売	道 貨 輸	路 物 送	内 部 門 計	生 計
1 米	0	0	20	1,530	225	35	86	0	0	0	0	146	0	0	0	0	0	2,535		
2 麦類	0	0	0	88	9	0	0	0	0	0	0	1,062	0	0	0	0	0	1,825		
4 豆類	0	0	3	16	1	0	0	0	0	0	0	1,166	210	0	0	0	0	1,544		
9 その他の食用耕種作物	682	23	21	314	171	0	0	0	0	0	0	1,341	10,157	0	0	0	0	13,139		
10 飼料作物	0	0	811	3,622	95	0	0	0	0	0	0	452	0	0	0	0	0	4,997		
14 酪農	42	258	12	2,111	0	0	0	0	0	0	977	0	0	0	0	0	0	3,780		
15 肉用牛	56	45	0	10,219	0	0	0	0	0	0	28,702	0	0	0	0	0	0	39,069		
16 豚	6	0	0	0	259	0	0	0	0	0	29,102	0	0	0	0	0	0	29,370		
18 肉鶏	149	1	0	0	0	0	13	0	0	0	16,163	0	0	0	0	0	0	16,330		
21 農業サービス	1,097	308	70	680	251	3,274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,259		
29 石炭・原油・天然ガス	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1,218	0	0	0	0	0	5,465		
52 動植物油脂	0	0	13	99	104	24	0	0	0	0	975	4,948	0	0	0	0	0	6,281		
67 飼料	0	0	544	8,462	12,136	8,354	141	0	0	0	270	0	0	0	0	0	0	30,193		
101 化学肥料	977	466	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,920		
131 石油製品	775	174	21	158	206	138	114	87	344	31	258	173	249	590	5,302					
276 事業用電力	63	24	48	260	735	86	342	274	533	30	201	279	63	38	3,956					
285 卸売	437	185	75	1,436	999	343	260	85	4,905	412	2,923	48	389	58	15,988					
298 道路貨物輸送	100	74	81	1,239	1,493	975	60	17	1,340	98	773	47	119	19	7,377					
356 物品賃貸業	10	0	40	131	204	428	79	297	120	4	22	27	145	34	2,203					
360 機械修理	527	351	70	136	205	28	258	114	390	49	104	264	9	5	3,702					
365 その他の対事業所サービス	0	0	0	0	0	0	29	99	401	30	110	119	348	15	2,926					
386 内生部門計	6,738	2,792	2,236	33,681	21,716	15,247	2,881	2,350	89,572	5,343	26,501	3,091	4,787	1,957	269,570					
399 粗付加価値部門計	6,401	2,205	1,543	5,388	7,654	1,083	4,379	3,115	10,494	939	3,692	865	11,201	5,420	100,000					
400 国内生産額	13,139	4,997	3,780	39,069	29,370	16,330	7,259	5,465	100,066	6,281	30,193	3,956	15,988	7,377	369,570					

内生部門計の行と内生部門計の列の交点の数字から、中間財取引が総額として2000年の77,073から、2011年には100,053に増えていることがわかる。これだけ大きく増えている農産食品はあまり多くはない。2011年実質価格による計算であるため、物価上昇等の影響はなく、同じ量の野菜を家計に届けるための実質的な財貨・サービスの取引が増えていることがわかる。また、野菜の列を縦に見てゆくと、野菜の生産に当たって直接投入される農薬が大

表1-3 パン類のユニット・ストラクチャ（2000・2011年）

2000年		2	21	29	36	43	45	52	59	100	131	276	285	298	365	386					
	ユニットストラクチャ (パン類)	麦類	農サ ー ス	石 原 天 ガ	炭 油 然 ス	酪農品	製粉	パ ン 類	動植物 油脂	その の 食 品	印刷 製 本	石 製 品	油 品	業 用 電 力	卸 売	道 貨 輸 送	路 物 送	そ の 事 業 所 サ ー ビ ス	他 の 事 業 所 サ ー ビ ス	内 部 門 計	生 計
2	麦類	213	0	0	0	4,543	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,805	
9	その他の食用耕種作物	0	0	0	0	864	71	665	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,328	
21	農業サービス（除獣医薬）	3,016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,528	
29	石炭・原油・天然ガス	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	3,097	541	0	0	0	0	0	0	4,320	
36	酪農品	0	0	0	423	0	2,649	46	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,162	
43	製粉	0	0	0	0	0	12,520	0	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,694	
49	砂糖	0	0	0	43	0	2,122	2	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,799	
52	動植物油脂	0	0	0	6	0	2,796	348	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,391	
59	その他の食料品	0	0	0	4	0	3,259	0	890	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,206	
100	印刷・製版・製本	0	0	4	35	8	2,312	14	62	289	0	8	61	7	8	3,435					
101	化学肥料	1,905	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2,985					
106	その他の無機化学工業製品	7	0	1	3	0	1,324	9	17	0	0	0	0	0	0	2,102					
131	石油製品	388	87	47	56	269	517	47	66	19	271	114	191	394	11	4,313					
134	プラスチック製品	0	24	4	22	6	497	81	90	204	1	0	11	2	3	1,883					
276	事業用電力	34	140	153	32	140	960	24	52	50	9	107	53	23	16	2,804					
285	卸売	499	80	33	227	1,282	6,395	175	291	155	20	28	257	40	10	12,325					
298	道路貨物輸送	93	26	7	34	264	1,738	43	46	35	5	12	18	7	2	2,940					
358	広告	0	3	11	36	129	1,550	36	15	6	1	17	65	19	22	2,481					
360	機械修理	247	44	97	14	54	662	20	27	11	9	117	6	2	9	1,999					
365	その他の対事業所サービス	0	11	42	23	101	536	18	25	67	0	22	136	1	74	1,619					
386	内生部門計	9,622	1,235	1,284	2,520	10,110	51,938	3,018	3,076	1,693	3,547	1,603	3,171	1,155	455	135,316					
399	租付加価値部門計	-4,817	2,293	3,036	642	2,585	48,063	374	1,130	1,742	766	1,201	9,154	1,786	1,165	100,000					
400	国内生産額	4,805	3,528	4,320	3,162	12,694	100,001	3,391	4,206	3,435	4,313	2,804	12,325	2,940	1,619	235,316					

注）表頭・表側の数字は基本表の部門番号である。

2011年		2	21	29	36	43	45	52	59	100	131	276	285	298	365	386						
	ユニットストラクチャ (パン類)	麦類	農サ ー ス	石 原 天 ガ	炭 油 然 ス	酪農品	製粉	パ ン 類	動植物 油脂	その の 食 品	他 料 品	印刷 製 本	石 製 品	油 品	業 用 電 力	卸 売	道 貨 輸 送	路 物 送	そ の 所 ビ	他 業 一 ス	内 部 門	生 計
2	麦類	664	0	0	0	4,401	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,103	
9	その他の食用耕種作物	0	0	0	0	803	70	1,091	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,696	
21	農業サービス（除獣医薬）	2,807	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,427	
29	石炭・原油・天然ガス	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2,554	915	0	0	0	0	0	0	0	4,631	
36	酪農品	0	0	0	519	0	3,400	149	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,126	
43	製粉	0	0	0	0	0	11,978	0	107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,132	
49	砂糖	0	0	0	92	0	1,825	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,649	
52	動植物油脂	0	0	0	9	0	4,030	793	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,109	
59	その他の食料品	0	0	0	7	0	3,752	1	1,011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,839	
100	印刷・製版・製本	0	0	4	44	3	2,419	16	55	194	0	6	60	8	13	3,305						
101	化学肥料	1,694	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,773						
106	その他の無機化学工業製品	43	0	0	3	0	1,199	5	10	0	0	0	0	0	0	2,024						
131	石油製品	288	54	73	30	65	371	25	60	13	219	130	222	328	17	3,817						
134	プラスチック製品	0	26	8	31	1	649	143	89	168	0	0	18	2	9	2,241						
276	事業用電力	24	162	232	43	80	990	25	97	40	6	210	56	21	21	2,972						
285	卸売	566	123	72	244	534	7,254	335	460	300	23	36	346	32	24	14,218						
298	道路貨物輸送	141	28	15	73	338	2,106	80	79	46	10	35	106	11	6	4,101						
358	広告	0	4	9	51	89	1,256	27	13	3	0	11	51	16	57	2,073						
363	機械修理	0	27	23	11	16	348	13	28	18	0	3	85	45	5	1,099						
365	その他の対事業所サービス	0	14	84	39	43	1,641	25	48	69	3	89	310	8	463	4,038						
386	内生部門計	9,036	1,360	1,991	3,132	7,683	58,389	4,346	3,375	1,701	2,920	2,322	4,257	1,088	1,139	150,083						
399	租付加価値部門計	-3,933	2,067	2,639	994	4,449	41,611	763	1,463	1,604	896	650	9,960	3,014	2,900	100,000						
400	国内生産額	5,103	3,427	4,631	4,126	12,132	100,001	5,109	4,839	3,305	3,817	2,972	14,218	4,101	4,038	250,083						

きく減少しており、この点では環境負荷は低減している。しかし段ボール箱や卸売・小売、道路貨物輸送等が増加しており、野菜販売のための商業・運輸関係サービスが増えたことによって、例えば石油や電力等のエネルギーを含め、そのための取引が増加し、単位当たりではあるが環境負荷も大きくなっている¹²⁾。

12) 実際の負荷は最終需要の増減によっても影響される。ここではあくまで単位当たりの負荷の構造の増減を問題にしている。

次に、やはり環境負荷が大きいと予想される食肉のU・Sを調べてみよう。表1-2の内生部門計の行と列がクロスする合計値をみると、2000年の271,859単位から2011年には269,570単位へと僅かではあるが減少している。しかし野菜のU・Sと比べると、100,000単位の最終需要を満たすための直接・間接の中間財取引ははるかに大きくなっていることもわかる。実に最終需要の2.7倍もの取引が背後で行われることによって、ようやくその最終需要が満たされている。食肉に関しては、2000年から2011年にかけて肉用牛や豚肉の取引が減少し、鶏肉が逆に増加している。そのために飼料や飼料作物、卸売等が減っているが、他方で事業用電力や道路貨物輸送、対事業所サービス等が増えている。

表1-4 飲食サービスのユニット・ストラクチャ（2000・2011年）

2000年	5	15	29	33	42	61	63	131	276	285	286	298	365	367	386								
ユニットストラクチャ (飲食サービス)	野	菜	肉用牛 石原天 ガ	炭油然 ス食	肉	精	穀	ビー ル類	その 他酒類	石製	油 品	事 業用 電力	卸	売	小 売	道 貨輸	路物 送	その 対所 ビ	他業 一ス	飲 サ	食 ビ	内 部	生 計
1 米	4	86	0	0	1,172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,312	
5 野菜	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,585	1,905		
15 肉用牛	2	379	0	1,293	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,709	
29 石炭・原油・天然ガス	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2,427	517	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3,651		
33 食肉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,705	4,076		
42 精穀	0	1	0	0	0	3	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,158	1,435			
59 その他の食料品	0	18	0	0	0	79	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,031	1,706			
61 ビール類	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,499	4,502			
63 その他の酒類	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	547	568			
67 飼料	0	458	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,941		
131 石油製品	64	8	40	18	4	24	7	212	109	185	72	252	10	588	3,380								
276 事業用電力	7	9	129	19	5	23	2	7	102	51	72	15	14	1,227	2,680								
278 都市ガス	0	0	0	1	0	17	0	0	0	11	3	1	0	998	1,127								
285 卸売	64	66	28	252	150	108	22	15	27	249	30	26	8	7,537	11,921								
286 小売	24	8	10	1	0	4	0	0	2	48	17	28	4	3,308	3,787								
298 道路貨物輸送	14	28	6	40	44	27	5	4	11	17	8	4	2	959	1,885								
365 その他の対事業所サービス	0	0	36	11	0	4	2	0	21	131	38	1	65	451	1,407								
386 内生部門計	691	1,488	1,085	3,702	1,447	1,191	254	2,780	1,532	3,067	1,005	741	395	55,179	117,198								
399 粗付加価値部門計	1,214	221	2,565	374	-12	3,311	314	600	1,148	8,854	2,782	1,145	1,012	45,341	100,000								
400 国内生産額	1,905	1,709	3,651	4,076	1,435	4,502	568	3,380	2,680	11,921	3,787	1,885	1,407	100,520	217,198								

注) 表頭・表側の数字は基本表の部門番号である。

2011年		5	15	29	33	42	61	63	131	276	285	286	298	365	367	386														
	ユニットストラクチャ (飲食サービス)	野	菜	肉用牛	石原天ガ	炭油然ス	食	肉	精	穀	ビール類	その	他製	油	品	事業用電力	卸	売	小	売	道貨輸	路物送	その対所ビ	他業一ス	飲サ	食ビ	内	部	門	計
1	米	7	65	0	0	1,275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,408			
5	野菜	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,366	1,581				
15	肉用牛	2	436	0	1,205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,667				
29	石炭・原油・天然ガス	0	0	5	0	0	0	0	0	1,954	908	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,903				
33	食肉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,847	4,202					
42	精穀	0	1	0	0	0	0	1	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,270	1,508					
59	その他の食料品	0	10	0	0	0	56	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,175	1,859					
61	ビール類	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,675	3,676					
63	その他の酒類	0	0	0	0	0	0	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,567	1,649					
67	飼料	0	361	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,741					
131	石油製品	58	7	62	14	3	5	5	167	129	203	69	220	12	530	2,921														
276	事業用電力	7	11	196	22	4	9	5	5	208	52	154	14	15	1,332	2,950														
278	都市ガス	0	0	1	1	0	16	2	0	0	10	43	2	11	1,323	1,564														
285	卸売	72	61	61	206	49	117	69	18	36	317	48	22	17	8,008	13,046														
286	小売	45	16	16	6	1	8	1	0	2	69	25	18	15	4,055	4,727														
298	道路貨物輸送	15	53	12	56	53	29	21	7	35	97	13	7	4	1,294	2,748														
365	その他の対事業所サービス	0	0	71	17	0	3	16	2	89	284	166	6	328	566	2,863														
386	内生部門計	684	1,437	1,678	3,761	1,444	1,003	678	2,235	2,304	3,906	1,629	729	807	57,242	124,431														
399	粗付加価値部門計	897	230	2,225	441	64	2,672	971	686	645	9,139	3,098	2,019	2,056	43,297	100,000														
400	国内生産額	1,581	1,667	3,903	4,202	1,508	3,676	1,649	2,921	2,950	13,046	4,727	2,748	2,863	100,539	224,431														

次にパン類のU・Sを見てみる。2011年の「家計調査」（総務省）によると、日本の家計におけるパンの消費額がコメを上回ったとされ、パン類のU・Sも全体として増大していることは十分予想されるが、表1-3をみると、実際に全体として2000年の135,316単位から2011年には150,083単位に増えている。個々の取引においても、顕著に増加したものが多い。まずパン類を生産するための投入において、酪農品や動物性油脂、その他の食料品、卸売や道路貨物輸送等のサービスが増加している。そしてさらに、酪農品や動物性油脂の生産のための中間投入も増やしている構造である。他方で、製粉や砂糖等の原材料や、広告や機械修理等のサービスは減少してはいるものの、増加している取引を相殺するほどではなく、全体としては増加している。

最後に、財貨ではないが飲食サービスのU・Sも見よう（表1-4）。ここでの飲食サービスには、事業所としての飲食店だけではなく、持ち帰りや配達等のサービスも含まれている¹³⁾。内生部門計の行と列が交差する総額を見ると、2000年の117,198単位から2011年の124,431単位へと6%程度増加している。さらに飲食サービスの投入（列）を見ると、食肉や精穀等が増加する一方、野菜や海面漁業品等が減少している。さらに飲料ではビール類が減少し、これに代替する形でその他の酒類が増加している。また全体的に石油製品の取引が微減する一方、電力や都市ガスといったエネルギーが微増している。

2. 食・農関連産業の直接環境負荷

第1節ではユニット・ストラクチュアという形で、食農を生産から加工、流通、販売の直接・間接の取引全体に渡って捉え、その負荷を検討したが、この節では生産や加工の段階で環境への負荷となる農薬、肥料、上下水道、廃棄物処理を個別に検討してみよう。ただしデータはあくまで実質価格の産業連関表に限定し、実際には産業ではなく財貨・アクティビティーベースである¹⁴⁾。

まず表2-1が農薬の投入・使用額を2000～2011年に渡って調べ、2011年の使用額で降順に並べたものである¹⁵⁾。いくつかの例外もあるが、多くの作物で農薬の使用量は実質的に減少しており、そのためにここに挙げた23作物全体で使用した農薬合計は、2000年の4494億1200万円から2011年には2759億2800万円に減少している。特に大きく減少しているのが米、麦、野

13) 2011年産業連関表までは持ち帰りや配達も飲食サービスに含まれていたが、2015年表からは通常の飲食店と持ち帰り・配達は分離されている。

14) 第2節の分析には、産業連関表の付帯表として公表されている物量表のデータは用いていない。

15) 農薬や肥料については、シャルヴェ（2020）p.98の「農業で使用する投入材による汚染」も参考になる。

表2-1 農薬の投入額と投入係数

(単位:100万円)

	農薬投入額			農薬投入係数		
	2000年	2005年	2011年	2000年	2005年	2011年
1 米	171,300	122,342	90,909	7.9%	5.9%	4.7%
2 野菜	111,895	73,156	70,277	4.3%	3.1%	3.3%
3 果実	58,397	39,804	43,872	6.1%	4.2%	5.7%
4 いも類	19,667	14,664	15,014	7.5%	5.8%	6.9%
5 花き・花木類	19,823	15,508	10,634	4.2%	3.8%	3.0%
6 豆類	6,522	5,533	8,472	8.4%	7.5%	14.0%
7 砂糖原料作物	4,099	5,728	6,316	5.8%	7.9%	10.4%
8 飲料用作物	10,422	7,515	6,100	12.2%	7.9%	7.3%
9 麦類	10,794	12,095	5,806	29.7%	29.7%	14.6%
10 農業サービス	11,069	3,635	4,796	2.1%	0.7%	1.0%
11 酪農	3,779	2,664	2,972	0.4%	0.3%	0.4%
12 種苗	3,139	2,488	2,238	3.0%	2.7%	2.4%
13 その他の非食用耕種作物	4,277	2,384	2,131	3.2%	2.3%	4.0%
14 飼料作物	3,073	2,361	2,064	1.4%	1.1%	0.9%
15 鶏卵	1,247	1,056	1,141	0.3%	0.2%	0.2%
16 豚	1,321	657	1,004	0.2%	0.1%	0.2%
17 肉鶏	1,185	848	700	0.4%	0.3%	0.2%
18 その他の食用耕種作物	1,641	1,141	546	8.4%	5.5%	2.9%
19 肉用牛	4,425	5,271	514	0.6%	0.7%	0.1%
20 育林	737	371	180	0.2%	0.1%	0.1%
21 その他の畜産	293	210	147	0.4%	0.3%	0.3%
22 特用林産物（含狩猟業）	282	150	93	0.1%	0.1%	0.0%
23 素材	25	19	2	0.0%	0.0%	0.0%

注)2011年時点での投入額の降順に並べたものである。

菜、飲料用作物、花き・花木類等であり、金額だけではなく、表2-1の右側に記載されている各農林業の国内生産額で割った投入係数も低下しているものが多い。例えば麦類は、2005年～2011年に農薬の投入額も係数も半減している。その一方で、大豆、小豆、えんどう等が含まれる豆類や、サトウキビや甜菜等の砂糖原料作物の農薬投入は単調に増加している。しかし農薬全体の50%以上の使用を占める米と野菜で、11年間に農薬の投入が減少したことが大きく影響して全体の減少に繋がっている。

農薬とともに、硝酸態窒素等で環境負荷の懸念がある化学肥料についても、その投入動向を点検しておこう。表2-2が2011年の投入額の降順で化学肥料の使用をまとめたものであるが、農薬よりもさらに少ない15部門で使用されているに過ぎない。やはり米や野菜での化学肥料の使用が桁違いに多いものの、11年間で実質的な減少が見られる。化学肥料の投入額は合計で2000年には4041億4500万円だったが、2011年には3083億9400万円にまで減少するほど、多くの農産物で化学肥料の使用が減少傾向である。しかし、いも類や豆類、野菜、飼料作物では2005年から2011年にかけて増加している。

次は水の投入・使用である。実は農林業の場合は、降雨や河川等の天然水にも多く依存し

表2-2 化学肥料の投入額と投入係数

(単位:100万円)

	化学肥料投入額			化学肥料投入係数		
	2000年	2005年	2011年	2000年	2005年	2011年
1 野菜	113,575	90,332	92,429	4.4%	3.9%	4.3%
2 米	140,474	115,898	90,412	6.5%	5.5%	4.7%
3 果実	31,977	31,604	26,771	3.3%	3.3%	3.5%
4 いも類	27,746	19,070	22,336	10.6%	7.5%	10.3%
5 飼料作物	25,316	16,548	20,600	11.3%	7.8%	9.3%
6 麦類	14,389	18,430	13,190	39.6%	45.3%	33.2%
7 砂糖原料作物	9,333	12,731	11,398	13.3%	17.6%	18.9%
8 飲料用作物	15,975	14,478	10,046	18.6%	15.3%	12.0%
9 豆類	7,112	6,385	8,617	9.2%	8.6%	14.2%
10 種苗	4,149	3,536	4,380	3.9%	3.9%	4.8%
11 花き・花木類	4,773	4,851	3,486	1.0%	1.2%	1.0%
12 その他の非食用耕種作物	7,777	4,347	3,068	5.9%	4.2%	5.8%
13 その他の食用耕種作物	1,234	1,787	1,403	6.3%	8.6%	7.4%
14 農業サービス	73	71	187	0.0%	0.0%	0.0%
15 育林	242	109	71	0.1%	0.0%	0.0%

注)2011年時点での投入額の降順に並べたものである。

表2-3 上水道・簡易水道の投入額と投入係数

(単位:100万円)

	上水道投入額			上水道投入率		
	2000年	2005年	2011年	2000年	2005年	2011年
1 飲食サービス	181,682	171,518	174,110	0.64%	0.64%	0.69%
2 そう菜・すし・弁当	6,927	10,006	7,585	0.37%	0.52%	0.36%
3 酪農品	7,846	7,566	5,155	0.38%	0.37%	0.26%
4 冷凍魚介類	4,979	4,139	4,092	0.43%	0.37%	0.40%
5 その他の食料品	3,968	3,892	4,047	0.18%	0.17%	0.16%
6 ビール類	11,108	7,610	3,701	0.39%	0.37%	0.26%
7 清涼飲料	6,809	8,655	3,579	0.30%	0.33%	0.14%
8 食肉	2,234	2,948	2,835	0.12%	0.17%	0.15%
9 酪農	2,653	2,808	2,771	0.27%	0.30%	0.33%
10 学校給食（国公立）	3,250	2,620	2,319	0.49%	0.40%	0.35%
11 調味料	1,926	2,279	2,229	0.10%	0.12%	0.13%
12 菓子類	4,766	4,485	2,063	0.15%	0.15%	0.07%
13 パン類	2,060	2,240	1,921	0.14%	0.14%	0.13%
14 その他の酒類	779	1,142	1,744	0.11%	0.11%	0.13%
15 清酒	2,461	1,483	1,626	0.38%	0.37%	0.46%
16 農業サービス	999	762	1,594	0.19%	0.16%	0.34%
17 塩・干・くん製品	1,944	1,734	1,390	0.32%	0.32%	0.31%
18 肉用牛	1,001	1,177	1,320	0.13%	0.16%	0.18%
19 豚	1,035	955	1,317	0.19%	0.18%	0.24%
20 製氷	2,148	2,112	1,257	3.76%	3.62%	2.75%
21 冷凍調理食品	2,075	2,080	1,247	0.39%	0.37%	0.24%
22 めん類	1,133	1,106	1,190	0.12%	0.12%	0.13%
23 農産保存食料品	1,962	1,754	1,101	0.27%	0.26%	0.18%
24 鶏卵	336	476	1,095	0.07%	0.10%	0.23%
25 その他の水産食品	1,659	1,228	1,025	0.11%	0.12%	0.13%

注)2011年時点での投入額の降順に並べたものである。

ており、通常の産業連関表だけでは捉えられない面もあるが¹⁶⁾、ここでは産業連関表から把握可能な上水道と工業用水に限ってその使用を見てみよう。

表2-3は、2011年に上水道・簡易水道の使用金額が多い順に、上位25の食農関連産業を並べたものである。使用が最も多いのは飲食サービスであり、他の食農産品よりも桁違いに多く、レストラン等の外食産業が調理等で使用する水の多さがうかがえる。2000年以降は若干減少しているようにも見えるが、投入係数を見るとさほど変化はしていない。

2000年当時はやはり飲料として直接用いるビール類の水使用がその次に多かったが、2011年にかけて徐々に減少している。その他の酒類に代替された可能性もある。同じ飲料のなかの清涼飲料も上水道の投入が多かったが、2005年以降はやはり減少している。飲料以外では、酪農品、そう菜・すし・弁当、冷凍魚介類、菓子類、等も上水道の投入額が大きいが、投入係数も含めて2011年にかけて減少しているものが多い。他方、酪農や肉用牛、豚、鶏卵、肉鶏、食肉等の肉関係では上水道の投入額は大きくなっている。

また表2-4は食農関係分野の工業用水の投入額であるが、工業用というだけあって農林水

表2-4 工業用水の投入額と投入係数

(単位:100万円)

	工業用水投入額			工業用水投入係数		
	2000年	2005年	2011年	2000年	2005年	2011年
1 調味料	1,229	1,167	1,235	0.07%	0.06%	0.07%
2 その他の食料品	429	440	884	0.02%	0.02%	0.04%
3 ぶどう糖・水あめ・異性化糖	513	415	525	0.28%	0.22%	0.30%
4 動植物油脂	376	299	523	0.05%	0.04%	0.08%
5 でん粉	168	163	520	0.06%	0.06%	0.26%
6 ビール類	1,473	911	417	0.05%	0.04%	0.03%
7 たばこ	164	119	279	0.00%	0.00%	0.01%
8 冷凍調理食品	271	287	235	0.05%	0.05%	0.05%
9 菓子類	266	218	206	0.01%	0.01%	0.01%
10 砂糖	338	295	183	0.08%	0.07%	0.05%
11 酪農品	190	172	180	0.01%	0.01%	0.01%
12 その他の酒類	147	106	153	0.02%	0.01%	0.01%
13 食肉	159	200	145	0.01%	0.01%	0.01%
14 冷凍魚介類	46	34	118	0.00%	0.00%	0.01%
15 清酒	148	96	100	0.02%	0.02%	0.03%
16 そう菜・すし・弁当	107	151	94	0.01%	0.01%	0.00%
17 清涼飲料	255	285	94	0.01%	0.01%	0.00%
18 パン類	50	47	75	0.00%	0.00%	0.00%
19 肉加工品	67	61	63	0.01%	0.01%	0.01%
20 ねり製品	168	123	42	0.03%	0.02%	0.01%
21 農産保存食料品	21	14	28	0.00%	0.00%	0.00%
22 塩・干・くん製品	16	12	26	0.00%	0.00%	0.01%
23 レトルト食品	36	34	23	0.02%	0.02%	0.01%
24 製粉	39	27	18	0.01%	0.00%	0.00%
25 茶・コーヒー	41	36	18	0.00%	0.00%	0.00%
26 ウイスキー類	37	12	15	0.02%	0.01%	0.02%

注) 2011年時点での投入額の降順に並べたものである。農林水産業部門や、食品製造業の畜産びん、学校給食等のきわめて少額の部門は除いている。

16) シュターマー (2000) の物的連関表 (PIOT) は、この天然水をも考慮に入れたものである。

表2-5 下水道サービスの投入額と投入係数

(単位:100万円)

	下水道サービス投入額			下水道サービス投入率		
	2000年	2005年	2011年	2000年	2005年	2011年
1 飲食サービス	102,774	113,944	101,846	0.36%	0.43%	0.40%
2 調味料	2,682	2,726	3,021	0.14%	0.15%	0.18%
3 そう菜・すし・弁当	3,626	2,870	2,707	0.20%	0.15%	0.13%
4 食肉	2,036	2,747	2,358	0.11%	0.15%	0.13%
5 菓子類	2,102	2,257	2,095	0.07%	0.07%	0.07%
6 その他の食料品	1,119	983	1,933	0.05%	0.04%	0.08%
7 めん類	1,328	1,162	1,789	0.14%	0.12%	0.19%
8 その他の酒類	379	945	1,269	0.05%	0.09%	0.10%
9 たばこ	721	565	1,237	0.01%	0.02%	0.06%
10 学校給食（国公立）	1,139	964	1,163	0.17%	0.15%	0.18%
11 野菜	1,233	1,174	1,159	0.05%	0.05%	0.05%
12 清涼飲料	1,807	1,770	1,105	0.08%	0.07%	0.04%
13 酪農品	862	922	962	0.04%	0.05%	0.05%
14 動植物油脂	545	527	903	0.07%	0.08%	0.14%
15 肉加工品	844	801	883	0.10%	0.10%	0.11%
16 精穀	451	416	675	0.02%	0.02%	0.03%
17 豚	508	572	573	0.09%	0.11%	0.11%
18 果実	649	586	560	0.07%	0.06%	0.07%
19 米	675	573	514	0.03%	0.03%	0.03%
20 パン類	242	302	469	0.02%	0.02%	0.03%
21 製氷	264	336	383	0.46%	0.58%	0.84%
22 農産びん・かん詰	321	275	302	0.18%	0.15%	0.14%
23 冷凍魚介類	96	78	267	0.01%	0.01%	0.03%
24 砂糖	326	360	256	0.08%	0.09%	0.06%
25 清酒	579	237	251	0.09%	0.06%	0.07%

注)2011年時点での投入額の降順に並べたものである。

産業や飲食サービスでの使用はなく、食農関係ではほとんどが食品製造業である。ここでもビール類は減少が顕著であり、2005年以降は調味料の方が工業用水の使用は多くなっている。菓子類、砂糖、ねり製品、ビール、清涼飲料のように明らかに減少傾向が見られるものがある一方で、パン類、でん粉、その他の食料品のように工業用水の使用が増加傾向であるものもあり、食農分野全体としては大きな増減があるとは言えない。

投入ばかりではなく、環境負荷を考える際には排出・廃棄も考える必要がある。表2-5は、食農関係品の下水道サービス金額を、2011年の降順でまとめたものである。上水道と同様に、やはり飲食サービスの下水道処理が桁違い多く、2005年にかけて増加したが、2011年には僅かに減少している。2000年の段階で次に多かったのがそう菜・すし・弁当であるが、額も投入率もともに低下しており、3番目に多かった調味料が逆に増加しており、2011年には逆転して2番目に多くなっている。食肉や菓子類等も下水道サービス投入額が多く、2005年にかけて増加し、以降は減少するという動きの点で飲食サービスと同様である。

最後は食農分野の廃棄物処理に関する表2-6である。やはり圧倒的に多いのが飲食サービ

表2-6 廃棄物処理サービスの投入額と投入係数

(単位:100万円)

	廃棄物処理サービス投入額			廃棄物処理サービス投入率		
	2000年	2005年	2011年	2000年	2005年	2011年
1 飲食サービス	224,923	246,390	283,682	0.80%	0.92%	1.12%
2 菓子類	1,719	1,726	6,816	0.06%	0.06%	0.23%
3 食肉	3,683	4,806	5,256	0.20%	0.27%	0.29%
4 酪農	489	769	1,272	0.05%	0.08%	0.15%
5 調味料	311	464	1,201	0.02%	0.03%	0.07%
6 その他の食料品	504	586	891	0.02%	0.03%	0.04%
7 農業サービス	442	556	846	0.08%	0.11%	0.18%
8 酪農品	172	80	797	0.01%	0.00%	0.04%
9 パン類	172	233	516	0.01%	0.01%	0.03%
10 めん類	192	191	470	0.02%	0.02%	0.05%
11 その他の酒類	152	141	347	0.02%	0.01%	0.03%
12 有機質肥料	349	364	345	0.44%	0.54%	0.53%
13 清涼飲料	326	314	292	0.01%	0.01%	0.01%
14 動植物油脂	113	102	283	0.02%	0.01%	0.04%
15 肉加工品	139	122	281	0.02%	0.02%	0.03%
16 獣医業	665	792	272	0.27%	0.24%	0.07%
17 たばこ	119	106	251	0.00%	0.00%	0.01%
18 豚	22	38	200	0.00%	0.01%	0.04%
19 ねり製品	127	134	191	0.02%	0.03%	0.05%
20 ビール類	370	325	185	0.01%	0.02%	0.01%
21 学校給食（国公立）	512	87	150	0.08%	0.01%	0.02%
22 砂糖	87	90	145	0.02%	0.02%	0.04%
23 清酒	205	159	119	0.03%	0.04%	0.03%
24 製粉	128	106	115	0.02%	0.02%	0.02%
25 でん粉	46	36	92	0.02%	0.01%	0.05%
26 農産びん・かん詰	31	17	59	0.02%	0.01%	0.03%
27 茶・コーヒー	246	185	59	0.03%	0.02%	0.01%
28 塩・干・くん製品	333	74	56	0.05%	0.01%	0.01%
29 肉用牛	21	27	55	0.00%	0.00%	0.01%

注) 2011年時点での投入額の降順に並べたものである。

スであり、外食産業の調理、給仕からいかに多くの廃棄物が生じているか、また、どれだけ食品製造業よりも多いかがわかる。しかも2011年にかけてかなり大きく増加している。その他の食農分野でも廃棄物に関しては増加が目立っている。例えば酪農、牛・豚、食肉、肉加工品といった肉関係、また麺類、パン類、菓子類、調味料等々で顕著に増加している。ところが飲料系の清酒、ビール類、茶・コーヒー、清涼飲料では好対照に減少が顕著である。

3. 食農関係部門のプラスチック使用

廃プラスチックの海洋汚染が様々な観点から大きな問題となっている。海洋に流れ出たプラスチックごみが時間をかけて劣化・粉碎し、最終的に5mm以下のマイクロ・プラスチックとなったものや、そもそも最初から洗顔や化粧品等に使われているマイクロビーズ等が、魚

介類だけではなく、食物連鎖を通して最終的には人体に影響を及ぼすのではないかと危惧されている。それだけではなく、生物多様性や地球温暖化等にも影響があることも指摘されている。しかし他方で、プラスチックほど様々な用途に様々な形で利用されている便利な素材はなく、もはや生活の隅々にまで行き渡っている。せめて、使用後すぐに廃棄するような使い捨てを減少させるか、環境への影響がより少ないものに代替させるか、何らかの対策が求められている。

ところで食農関係部門は実は密接にプラスチック製品と関連している。工業製品のように、食料品の一部にプラスチックが用いられるようなことはないが、運搬や輸送のための容器包装材として多用されている。まず、どの程度プラスチック製品を使用・投入しているかを見てみよう。表3-1はプラスチック製品の使用・投入額の多い順に、上位30の食農関係部

表3-1 食農関係部門のプラスチック製品投入額（降順30位まで）

（単位：100万円）

2000年			2015年		
プラスチック国内生産額	11,360,274	%	プラスチック国内生産額	10,826,766	%
1 調味料	132,057	1.2%	1 清涼飲料	190,127	1.8%
2 清涼飲料	127,705	1.1%	2 調味料	115,299	1.1%
3 ビール類	91,097	0.8%	3 その他の水産食料品	57,893	0.5%
4 その他の水産食品	63,789	0.6%	4 そう菜・すし・弁当	56,138	0.5%
5 そう菜・すし・弁当	56,340	0.5%	5 その他の食料品	45,054	0.4%
6 その他の食料品	47,098	0.4%	6 めん類	39,411	0.4%
7 めん類	37,621	0.3%	7 ビール類	32,132	0.3%
8 花き・花木類	31,053	0.3%	8 菓子類	30,087	0.3%
9 菓子類	30,023	0.3%	9 飲食店	27,934	0.3%
10 野菜	26,792	0.2%	10 花き・花木類	22,906	0.2%
11 飲食サービス	22,373	0.2%	11 その他の酒類	20,881	0.2%
12 動植物油脂	17,500	0.2%	12 農産保存食料品	19,268	0.2%
13 海面漁業	17,405	0.2%	13 野菜	18,195	0.2%
14 農産保存食料品	16,671	0.1%	14 海面漁業	17,776	0.2%
15 特用林産物（含狩猟業）	14,618	0.1%	15 その他の畜産食料品	16,235	0.1%
16 酪農品	14,427	0.1%	16 動植物油脂	14,024	0.1%
17 肉加工品	11,283	0.1%	17 酪農品	11,813	0.1%
18 塩・干・くん製品	10,080	0.1%	18 特用林産物（含狩猟業）	10,764	0.1%
19 パン類	7,417	0.1%	19 パン類	10,597	0.1%
20 冷凍魚介類	5,847	0.1%	20 塩・干・くん製品	6,505	0.1%
21 冷凍調理食品	5,603	0.0%	21 精穀	5,220	0.0%
22 海面養殖業	5,600	0.0%	22 海面養殖業	5,080	0.0%
23 果実	5,377	0.0%	23 冷凍魚介類	5,057	0.0%
24 精穀	4,494	0.0%	24 冷凍調理食品	4,423	0.0%
25 畜産びん・かん詰	4,452	0.0%	25 果実	3,953	0.0%
26 農業サービス	3,621	0.0%	26 持ち帰り・配達飲食サービス	3,803	0.0%
27 たばこ	3,496	0.0%	27 鶏卵	3,627	0.0%
28 ねり製品	3,145	0.0%	28 ねり製品	3,361	0.0%
29 いも類	3,054	0.0%	29 たばこ	3,141	0.0%
30 茶・コーヒー	2,520	0.0%	30 清酒	3,044	0.0%

注）2000年の投入額は2011年実質価格による評価、2015年の投入額は名目価格（時価）である。

門を並べたものである。2000年からの15年間で多少は順位が入れ替わったりしているが、大きな変動はなく、プラスチックを使う部門とあまり使わない部門とはほぼ変わらない。

2015年に一番プラスチック製品を使用・投入しているのは、2000年に2番だった清涼飲料である。もちろんペットボトルがその主要な製品であるが、使用額とともにプラスチック製品全体の生産額（10兆8267億6600万円）に占める割合も0.7%上昇し1.8%になっている。1.8%というところかなり少なく見えるかもしれないが、プラスチック製品全体に占める割合がそれよりも高いのは、プラスチック製品自体、自動車部品、小売、乗用車、医薬品、印刷・製本しかなく、内生388部門のなかではかなり高い方である。また食農関係部門全体では、2000年にはプラスチックの生産総額の7.2%を占めていたが、2015年には7.4%へと若干上昇している。やはりプラスチックは食農との関連が深いと言えるだろう。

清涼飲料以外では、やはり飲料のビール類、そう菜・すし・弁当、めん類、菓子類、飲食店・飲食サービス等が、プラスチック製品の投入額の多い部門に名前を連ねている。

表3-2 食農関係部門のプラスチック製品投入率（降順30位まで）

（単位：100万円）

2000年		2015年	
1 特用林産物（含狩猟業）	7.5%	1 清涼飲料	6.8%
2 調味料	7.0%	2 調味料	6.6%
3 花き・花木類	6.6%	3 花き・花木類	6.2%
4 清涼飲料	5.6%	4 その他の水産食料品	6.1%
5 畜産びん・かん詰	5.0%	5 特用林産物（含狩猟業）	4.8%
6 その他の水産食品	4.4%	6 めん類	4.0%
7 めん類	3.9%	7 製氷	2.5%
8 ビール類	3.2%	8 農産保存食料品	2.4%
9 そう菜・すし・弁当	3.0%	9 ビール類	2.3%
10 動植物油脂	2.4%	10 そう菜・すし・弁当	2.0%
11 農産保存食料品	2.3%	11 動植物油脂	2.0%
12 その他の食料品	2.1%	12 その他の非食用耕種作物	1.8%
13 その他の非食用耕種作物	1.8%	13 その他の食料品	1.8%
14 塩・干・くん製品	1.7%	14 海面漁業	1.8%
15 畜産びん・かん詰	1.3%	15 その他の酒類	1.5%
16 肉加工品	1.3%	16 塩・干・くん製品	1.3%
17 海面漁業	1.3%	17 その他の畜産食料品	1.3%
18 いも類	1.2%	18 いも類	1.2%
19 製氷	1.1%	19 海面養殖業	1.0%
20 海面養殖業	1.1%	20 菓子類	0.9%
21 冷凍調理食品	1.1%	21 ねり製品	0.9%
22 野菜	1.0%	22 清酒	0.9%
23 菓子類	1.0%	23 レトルト食品	0.8%
24 種苗	0.9%	24 冷凍調理食品	0.8%
25 その他の食用耕種作物	0.9%	25 野菜	0.8%
26 酪農品	0.7%	26 内水面漁業・養殖	0.7%
27 農業サービス	0.7%	27 鶏卵	0.6%
28 内水面漁業・養殖業	0.7%	28 農業サービス	0.6%
29 果実	0.6%	29 その他の食用耕種作物	0.6%
30 ねり製品	0.5%	30 学校給食（私立）	0.6%

表3-2は、食農関係部門の生産額にしめるプラスチック製品の割合、すなわち投入係数を求め、降順に並べたものである。例えば2000年には、調味料はその7%をプラスチック製品の購入、使用が占めていたが、2015年には6.6%にまで下がっている。特用林産物や花木類もこの15年間に、同様に投入係数が下がっているのに対して、清涼飲料やその他の水産食品、製氷等では顕著に上昇している。特に清涼飲料のプラスチック投入係数の伸びが目立っており、2015年には清涼飲料の6.8%をプラスチック製品が占めるに至っている。しかしその他の食農関係部門では、15年間でそれほど大きな変動は起きていない。

表3-3は、特定の食農関係部門への最終需要が直接・間接に引き起こしているプラスチック製品の誘発額を求め、またプラスチック生産額全体に占めるその割合（依存度）を計算し

表3-3 食農各部門の最終需要が直接間接に誘発するプラスチック製品額と依存度

(単位:100万円)

2000年				2015年			
No	部門名	誘発額	依存度	No	部門名	誘発額	依存度
1	飲食サービス	342,691	3.02%	1	飲食サービス	278,734	2.79%
2	清涼飲料	144,788	1.27%	2	清涼飲料	188,669	1.89%
3	調味料	98,029	0.86%	3	調味料	92,956	0.93%
4	そう菜・すし・弁当	87,265	0.77%	4	そう菜・すし・弁当	72,049	0.72%
5	その他の水産食品	73,073	0.64%	5	その他の水産食品	54,004	0.54%
6	ビール類	63,624	0.56%	6	菓子類	53,812	0.54%
7	菓子類	63,240	0.56%	7	その他の食料品	42,262	0.42%
8	その他の食料品	41,917	0.37%	8	めん類	38,413	0.38%
9	めん類	39,807	0.35%	9	野菜	23,609	0.24%
10	野菜	26,886	0.24%	10	農産保存食料品	23,322	0.23%
11	花き・花木類	25,493	0.22%	11	その他の酒類	22,167	0.22%
12	農産保存食料品	21,144	0.19%	12	パン類	21,751	0.22%
13	酪農品	20,364	0.18%	13	花き・花木類	21,624	0.22%
14	パン類	19,245	0.17%	14	酪農品	18,231	0.18%
15	肉加工品	15,754	0.14%	15	ビール類	14,070	0.14%
16	精穀	15,464	0.14%	16	肉加工品	12,933	0.13%
17	塩・干・くん製品	14,683	0.13%	17	特用林産物（含狩猟業）	12,869	0.13%
18	冷凍魚介類	13,881	0.12%	18	冷凍魚介類	12,633	0.13%
19	特用林産物（含狩猟業）	12,664	0.11%	19	精穀	10,198	0.10%
20	学校給食（国公立）	8,800	0.08%	20	塩・干・くん製品	8,745	0.09%
21	たばこ	8,724	0.08%	21	学校給食（国公立）	7,802	0.08%
22	果実	7,243	0.06%	22	たばこ	6,476	0.06%
23	ねり製品	7,166	0.06%	23	果実	6,048	0.06%
24	食肉	5,756	0.05%	24	食肉	5,837	0.06%
25	動植物油脂	4,825	0.04%	25	ねり製品	4,472	0.04%
26	茶・コーヒー	4,760	0.04%	26	動植物油脂	4,046	0.04%
27	清酒	4,242	0.04%	27	海面養殖業	3,908	0.04%
28	畜産びん・かん詰	4,107	0.04%	28	清酒	3,642	0.04%
29	その他の酒類	3,953	0.03%	29	海面漁業	3,177	0.03%
30	海面養殖業	3,946	0.03%	30	冷凍調理食品	3,015	0.03%

注) 依存度はプラスチックの国内生産総額に占める各部門の最終需要が誘発したプラスチック生産額の割合である。2011年実質価格による産業連関表から[I-(I-M)A]⁻¹型の逆行列で誘発計算している。

たものである。降順に30部門並べている。まず、表3-1のように、各食農関連部門が直接使用するプラスチックとしては表れてこなかった飲食サービスが、一番誘発額が大きくなっている。プラスチック生産額全体の3%程度を、飲食サービスが誘発している計算である。2011年には誘発額は減少してはいるが、それでも一番多い誘発額である。直接プラスチック製品を提供する訳ではないが、食材・飲料を運ぶ過程や調理済み食材の持ち帰りや配達のための容器・包装材として用いられているためである。2番目が清涼飲料であり、2011年にかけて大きく増え、依存度も2%近くに達している。ペットボトルが大きく関与していると思われる。以下、誘発額の多い5番目の水産食品までは2011年まで順位不動であり、日本のプラスチック生産額の約7%はこれらの5つの食農関係部門が誘発していることになる。いかに食農と容器包装プラスチックが深く関連しているかを示すとともに、環境負荷の大きさも示している。

4. 食農関係部門のエネルギー使用と原単位

この節ではまず、食農の生産現場において直接に使用されるエネルギーの消費量を比較してみよう¹⁷⁾。表3-1は、内生388部門の2015年基本表から抽出した64の食農関連部門の直接エネルギー消費を、多い順（降順）に配列したものである¹⁸⁾。参考として、そのエネルギー消費量を国内生産額で割った100万円当たりの単位エネルギー消費量も併記している。

第2節で見た上水道や下水道、廃棄物等の直接的な負荷と同様、エネルギー消費量においても飲食店が最も多く、2番目に多い海面漁業の2倍近くに達している。食材の生産だけではなく、その食材を使った調理においても、莫大なエネルギーが消費されていることがわかる。しかし100万円当たりの単位消費で見ると、むしろ少ない方であり、11番目に記載の持ち帰り・配達飲食のサービスとかなり近い数値である¹⁹⁾。

全体的に、農業や漁業の生産に多くのエネルギーが消費されていることがわかる。特に海面漁業、海面養殖業、野菜や米、果実、林産物、酪農、酪農品といった基本的な農林漁業で顕著である。単位エネルギー消費で見てもその傾向は看取できる。花き・花木類、海面漁業、その他の食用耕種作物、果実、内水面漁業・養殖業、ぶどう糖・水あめ、特用林産物、素材、野菜といった順に高くなっている。

17) 南齋規介・森口祐一・東野達（2002）や国立環境研究所地球環境研究センター（2007）を参考にしつつ、国立環境研究所地球環境研究センターのHPから最新データを入手・利用している。

18) ここでは部門間比較に重点があるので、時系列比較を行わずに最新データのみで比較している。

19) 2015年産業連関表ではそれ以前のものと異なり、飲食店のサービスと持ち帰り・配達サービスを分離計上している。

表4-1 2015年の食農関係部門の直接エネルギー消費量（降順）

（単位：100万円）

	直 接 エネルギー 消費量	単 位 エネ ルギー 消費量		直 接 エネルギー 消費量	単 位 エネ ルギー 消費量
	GJ	GJ/100万円		GJ	GJ/100万円
1 飲食店	104,436,735	4.33	33 内水面漁業・養殖業	2,662,416	24.52
2 海面漁業	55,345,071	55.59	34 農産保存食料品	2,475,804	3.10
3 野菜	49,361,135	20.64	35 いも類	2,432,565	10.18
4 花き・花木類	25,080,246	67.97	36 その他の酒類	2,268,727	1.64
5 米	23,974,325	15.36	37 茶・コーヒー	1,776,735	2.02
6 そう菜・すし・弁当	21,849,769	7.90	38 ねり製品	1,731,568	4.49
7 果実	20,766,440	25.73	39 鶏卵	1,721,705	3.01
8 清涼飲料	19,274,827	6.88	40 その他の水産食料品	1,691,592	1.79
9 その他の食料品	17,952,577	7.14	41 冷凍魚介類	1,513,209	1.30
10 パン類	15,871,548	8.41	42 製粉	1,444,968	2.37
11 持ち帰り・配達飲食サービス	14,636,762	4.25	43 清酒	1,410,189	4.02
12 めん類	8,646,318	8.86	44 レトルト食品	1,309,352	5.50
13 農業サービス	8,353,882	18.14	45 砂糖原料作物	1,135,728	15.66
14 菓子類	8,134,781	2.46	46 豆類	1,135,153	15.59
15 海面養殖業	7,343,584	14.88	47 肉用牛	1,089,275	1.11
16 動植物油脂	7,152,764	10.08	48 豚	946,926	1.51
17 ビール類	5,758,116	4.20	49 その他の食用耕種作物	927,110	45.44
18 調味料	5,455,166	3.13	50 塩・干・くん製品	925,681	1.91
19 素材	5,315,091	21.25	51 精穀	893,975	0.44
20 特用林産物（含狩猟業）	4,820,242	21.48	52 麦類	863,819	19.10
21 酪農品	4,726,405	2.26	53 ウイスキー類	839,607	5.17
22 飼料	4,658,768	3.23	54 有機質肥料	766,612	11.47
23 ぶどう糖・水あめ・異性化糖	3,995,872	23.16	55 水産びん・かん詰	616,323	5.35
24 その他の畜産食料品	3,823,496	3.02	56 その他の非食用耕種作物	605,861	13.32
25 学校給食（国公立）	3,726,674	5.77	57 飲料用作物	476,350	7.06
26 冷凍調理食品	3,382,679	5.94	58 その他の畜産	412,602	5.45
27 飼料作物	3,368,626	16.54	59 育林	356,245	1.09
28 でん粉	3,312,308	16.24	60 たばこ	312,488	0.14
29 酪農	3,283,795	3.42	61 種苗	176,718	1.73
30 砂糖	3,122,866	9.75	62 製氷	49,678	0.88
31 肉鶏	3,044,477	8.47	63 獣医業	36,518	0.08
32 食肉	2,706,932	1.15	64 学校給食（私立）	34,330	5.62

注）国立環境研究所『産業連関表による環境負荷原単位』より作成。

飲料関係では清涼飲料のエネルギー消費が最も多く、ビールはその約25%程度である。その他の酒類や茶・コーヒー、清酒、ウイスキー類となるとさらにエネルギー消費量は少ない。そして一般に、飲料品は共通して単位エネルギー消費量が少ない点に特徴がある。

では、直接のエネルギー消費量が3番目に多い野菜について、露地栽培と施設栽培に分けて、さらに詳しくその要因を調べてみよう。表4-2が1995年から2015年まで10年おきに調査した結果である。使用エネルギー量（単位：ギガジュール）とそのエネルギー使用から排出される二酸化炭素量（単位：CO₂トン）を計算して記載している。

表4-2 野菜の露地栽培と施設栽培における直接エネルギー消費とCO₂排出

	1995年							
	露地栽培				施設栽培			
	GJ		CO ₂ -t		GJ		CO ₂ -t	
ガソリン	244,013	16.4%	16,275	16.7%	111,383	0.4%	7,429	0.4%
灯油	124,814	8.4%	8,515	8.7%	290,583	1.0%	19,823	1.0%
軽油	687,214	46.0%	47,567	48.8%	75,602	0.3%	5,233	0.3%
A重油	97,989	6.6%	6,945	7.1%	28,331,550	96.1%	2,008,123	96.7%
液化石油ガス	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・
事業用電力	338,317	22.7%	18,252	18.7%	683,017	2.3%	36,849	1.8%
合計	1,492,346	100.0%	97,555	100.0%	29,492,136	100.0%	2,077,457	100.0%
(参考)								
従業者総数	318,768	(人)	50.7%		309,862	(人)	49.3%	
付加価値計	1,118,208	(100万円)	69.9%		482,056	(100万円)	30.1%	
国内生産額	1,640,269	(100万円)	68.3%		760,940	(100万円)	31.7%	
	2005年							
	露地栽培				施設栽培			
	GJ		CO ₂ -t		GJ		CO ₂ -t	
ガソリン	169,609	13.9%	11,375	14.8%	112,865	0.3%	7,569	0.3%
灯油	39,563	3.2%	2,685	3.5%	332,062	0.9%	22,537	0.9%
軽油	405,011	33.2%	27,815	36.3%	163,015	0.4%	11,195	0.4%
A重油	43,753	3.6%	3,032	4.0%	33,227,141	89.1%	2,302,641	90.8%
液化石油ガス	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・	268,072	0.7%	13,908	0.5%
事業用電力	563,698	46.1%	31,759	41.4%	3,170,965	8.5%	178,656	7.0%
合計	1,221,634	100.0%	76,666	100.0%	37,274,119	100.0%	2,536,507	100.0%
(参考)								
従業者総数	404,407	(人)	58.6%		285,699	(人)	41.4%	
付加価値計	818,173	(100万円)	66.3%		416,091	(100万円)	33.7%	
国内生産額	1,320,489	(100万円)	64.9%		715,020	(100万円)	35.1%	
	2015年							
	露地栽培				施設栽培			
	GJ		CO ₂ -t		GJ		CO ₂ -t	
ガソリン	281,159	14.6%	19,149	14.5%	94,683	0.5%	6,449	0.5%
灯油	27,955	1.4%	1,917	1.5%	119,629	0.7%	8,205	0.7%
軽油	610,516	31.6%	42,064	31.8%	124,264	0.7%	8,562	0.7%
A重油	39,758	2.1%	2,817	2.1%	14,179,878	81.0%	1,004,660	81.7%
液化石油ガス	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・	・ ・ ・	260,380	1.5%	15,624	1.3%
事業用電力	971,802	50.3%	66,237	50.1%	2,733,769	15.6%	186,332	15.2%
合計	1,931,190	100.0%	132,184	100.0%	17,512,603	100.0%	1,229,831	100.0%
(参考)								
従業者総数	500,764	(人)	74.4%		172,048	(人)	25.6%	
付加価値計	939,885	(100万円)	65.9%		485,395	(100万円)	34.1%	
国内生産額	1,612,723	(100万円)	67.4%		778,876	(100万円)	32.6%	

注) 産業連関表付帯表の各年物量表、国立環境研究所『産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID)』より筆者計算。

まず参考欄に記した従業者総数から見ると、1995年当時は露地栽培も施設栽培もほぼ同じ人数だったが、その後の20年間では施設栽培で減少し、露地栽培は逆に増加している。また付加価値額や生産額を見ると、ほぼどの年も施設栽培が全体の3割程度、露地栽培が約7割を占めている。施設栽培が整備・定着し、従業者を施設栽培から、より手間の掛かる露地栽培

培に転用することが可能になったということだろう。

各年とも共通なのが、ガソリンや軽油については、野菜の生産額の7割を占める露地栽培の方が多くことであるが、他方、その他の灯油やA重油、電力では施設栽培の方が圧倒的に多くなっている。もちろん施設栽培の場合は、主として冷暖房や照明に用いているエネルギーである。特に施設栽培におけるA重油の使用が桁違いに多いことが特徴的であり、これが二酸化炭素の排出がきわめて多いことの要因の1つとなっている。生産額は野菜全体の3割ぐらいである施設栽培が、エネルギーの使用やそれによる二酸化炭素の排出では全体の9割を占めているという点では、きわめて環境負荷の大きな生産体制である。

時系列でみると、露地栽培は国内生産額が2015年には1995年に比べ若干減っているが、全体としてのエネルギー使用も二酸化炭素の排出も大幅に増加している。逆にこの間に施設栽培では、国内生産額は微増しているが、エネルギー使用量と二酸化炭素排出量が激減している。大きな割合を占めているA重油の使用が、1995年の724,557kℓから2015年には364,502kℓへと半減しているためである。

次に、単位エネルギー消費とエネルギー原単位との違いをみてみよう。ここでエネルギー原単位とは、食農関係の各部門が1単位（ここでは100万円）の生産活動を行うに当たって、直接間接に消費するエネルギーを示したものであり、生産現場だけでなく、サプライチェーンを通して川上・川下にも生じる間接的な環境負荷を含めたものである。表4-3がその結果であるが、エネルギー原単位の降順に各食農関連部門を配列している。どの部門もエネルギー原単位は生産現場以外でのエネルギー消費も含むために、単位エネルギーよりも大きくなっている。

例えば麦類では、単位エネルギーは19.1ギガジュールに過ぎないにも関わらず、エネルギー原単位は132ギガジュールにも達しており、その倍率は6.9倍となっている。麦類は輸入が多く、米と比べると国内生産はそれほど多くはないが、今後もし国内生産を充実させてゆくならば、その生産・供給体制を再検討しないときわめてエネルギー・環境負荷の大きなものとなることを示している。

海面漁業や内水面漁業、冷凍魚介類等の漁業関係部門も原単位が大きく、漁船等でのエネルギー消費が多いことを示している。また表1-1や表4-2でみた野菜についても、果実と並んで原単位が大きくなっている。一般に米や麦、豆類、いも類、野菜、果実等のいわゆる農産物は原単位が大きく、表4-3の左側に多い。他方、肉鳥を除くその他の畜産物や肉類、清涼飲料を除くその他の飲料製品は表の右側に多く、単位エネルギーが少ないこともあり農産物よりは多少原単位も小さくなっている。

いずれにしても、単位エネルギーと原単位がこのように大きく異なることがあるというこ

表4-3 単位エネルギー消費とエネルギー原単位（原単位の降順）

	単位エネ ルギー 消費量	エネ ルギー原 単位	倍率		単位エネ ルギー 消費量	エネ ルギー原 単位	倍率
1 麦類	19.1	132.0	6.91	33 食肉	1.2	29.7	25.84
2 花き・花木類	68.0	101.4	1.49	34 めん類	8.9	29.4	3.32
3 その他の食用耕種作物	45.4	72.2	1.59	35 そう菜・すし・弁当	7.9	29.0	3.66
4 海面漁業	55.6	69.2	1.25	36 豚	1.5	28.9	19.17
5 内水面漁業・養殖業	24.5	66.6	2.72	37 その他の水産食料品	1.8	28.5	15.96
6 豆類	15.6	65.0	4.17	38 飲食店	4.3	27.6	6.38
7 飲料用作物	7.1	62.4	8.84	39 鶏卵	3.0	27.6	9.16
8 製氷	0.9	60.1	68.26	40 農産保存食料品	3.1	27.3	8.81
9 砂糖原料作物	15.7	60.1	3.84	41 ねり製品	4.5	27.2	6.07
10 ぶどう糖・水あめ・異性化糖	23.2	56.3	2.43	42 肉用牛	1.1	27.2	24.52
11 飼料作物	16.5	55.0	3.33	43 パン類	8.4	27.1	3.22
12 農業サービス	18.1	54.2	2.99	44 酪農品	2.3	26.8	11.88
13 特用林産物（含狩猟業）	21.5	50.4	2.35	45 動植物油脂	10.1	26.7	2.65
14 果実	25.7	50.2	1.95	46 レトルト食品	5.5	26.5	4.81
15 野菜	20.6	46.4	2.25	47 清酒	4.0	26.2	6.51
16 冷凍魚介類	1.3	44.6	34.30	48 酪農	3.4	25.5	7.46
17 米	15.4	43.1	2.81	49 学校給食（私立）	5.6	25.3	4.50
18 砂糖	9.8	41.5	4.26	50 菓子類	2.5	24.7	10.04
19 でん粉	16.2	40.7	2.50	51 調味料	3.1	24.4	7.79
20 いも類	10.2	40.6	3.99	52 持ち帰り・配達飲食サービス	4.2	23.8	5.61
21 精穀	0.4	38.7	88.41	53 その他の畜産食料品	3.0	23.5	7.80
22 肉鶏	8.5	38.3	4.52	54 学校給食（国公立）	5.8	23.5	4.08
23 その他の畜産	5.5	37.8	6.94	55 茶・コーヒー	2.0	22.6	11.19
24 海面養殖業	14.9	37.0	2.49	56 飼料	3.2	20.2	6.27
25 その他の食料品	7.1	35.2	4.93	57 製粉	2.4	20.2	8.49
26 水産びん・かん詰	5.3	34.5	6.45	58 種苗	1.7	17.4	10.06
27 素材	21.3	34.4	1.62	59 ウイスキー類	5.2	17.1	3.31
28 有機質肥料	11.5	33.3	2.90	60 その他の酒類	1.6	14.4	8.76
29 その他の非食用耕種作物	13.3	33.1	2.48	61 ビール類	4.2	13.9	3.30
30 塩・干・くん製品	1.9	33.1	17.33	62 獣医薬	0.1	10.6	132.99
31 清涼飲料	6.9	30.9	4.49	63 たばこ	0.1	5.2	36.26
32 冷凍調理食品	5.9	30.5	5.13	64 育林	1.1	4.8	4.38

注) エネルギー原単位は $[I-(I-M)A]^{-1}$ 型の逆行列から計算したものである。

とは、単に生産現場でのエネルギー消費だけを見るのではなく、サプライチェーン全体でみることも必要であることを示唆している。それは本校ではユニット・ストラクチャという形で示したフードシステム全体で考えることにも繋がっている。

最後に、表4-3で示したギガジュールによる単位エネルギー消費とエネルギー原単位を、二酸化炭素の排出量（CO₂-t）に変換して棒グラフに示しておく（図2参照）。やはりエネルギーの使用状況を反映して、二酸化炭素の排出状況もそれと大きくは変わらない。麦類や花き・花木類、漁業関係、豆類、食用耕種作物、ぶどう糖・水あめ、製氷等の排出原単位が突出している。それに対して、米や麦類、野菜、果実、その他の食用耕種作物等のいわゆる農作物、及び花き・花木類、漁業等では生産現場でのエネルギー使用が多いために、単位

図2 単位CO₂排出量と排出原単位（その1）

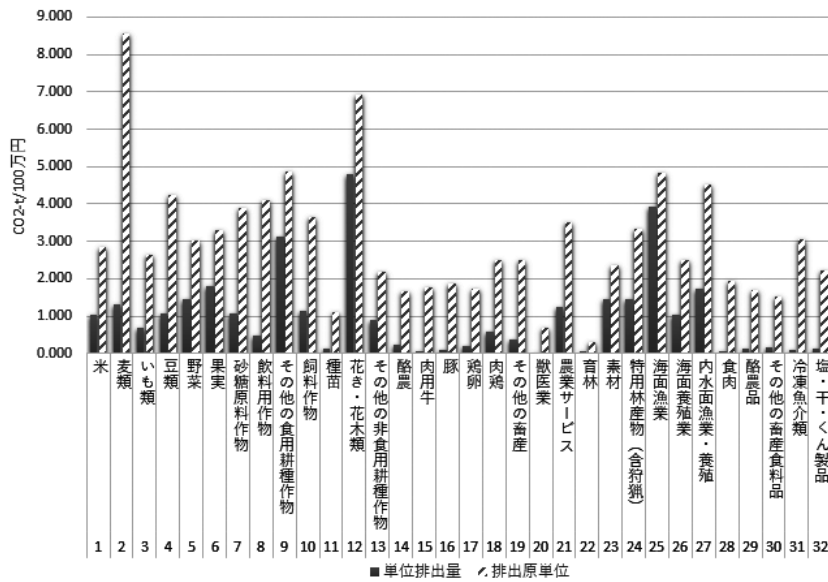
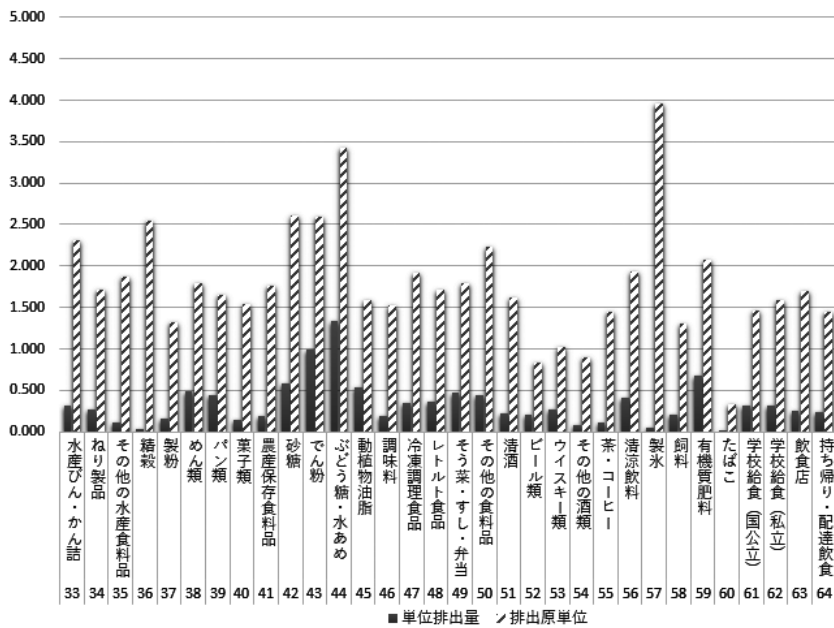


図2 単位CO₂排出量と排出原単位（その2）



CO₂排出量も多くなっている。単位 CO₂排出量と CO₂排出原単位という 2つの棒グラフを比べてもわかるように、その差がかなり開いている食農関連部門が多いことを考えると、環境負荷はやはりサプライチェーンを含めたフードシステム全体としても考察する必要があると言えるだろう。

5. 結びに代えて

13年前に本誌に投稿した論文では、データの関係で2000年までの分析にとどまっていたが、それ以降の検討もさらに必要であることを最後に指摘しておいた。本稿はある意味でその続編であり、2000年以降の分析に着手したものである。

かつての米や魚介類を中心とした生活から食の欧風化が進み、肉・油脂を中心とした食生活への変貌がエネルギー消費を高め、二酸化炭素の排出を誘発している²⁰⁾。また地産地消・旬産旬消からかけ離れ、世界中から食材を集めて来たり、季節外れのものを人工的に栽培したりしている現状、さらにはファストフードやコンビニ等でのプラスチック容器・包装による食材・調理品の提供等を考えると、食・農のあり方と環境負荷を検討するためには、単に生産現場だけではなく、サプライチェーン全体を包含するフードシステムで捉える必要がある。食農用に産業連関表を編集したのも農水省から公表されているが、小稿では産業連関表を利用したユニット・ストラクチャやエネルギー・CO₂原単位という指標で検討した。

分析の結果をみると、食肉のように負荷は依然として大きいものの、多少改善がみられるものもあれば、負荷がさらに大きくなっているものもある。今後もエネルギーを中心として、環境への負荷をフードシステム全体として総合的に検討してゆく必要があるだろう。

【参考文献】

應和邦昭 (2005) 『食と環境』 東京農大出版会。

尾崎巖 (1980) 「経済発展の構造分析 (三)」『三田学会雑誌』 第73巻5号。

尾崎巖 (1990) 「産業連関分析とは何か (IV) - 単位構造系とエネルギー効率」『イノベーション & イノベーション・テクニク』 (環太平洋産業連関分析学会) Vol.1, No.4。

檜原正澄 (2016) 『食と農の環境問題』 すいれん舎。

黒田昌裕 (1984) 『実証経済学入門』 日本評論社。

国立環境研究所地球環境研究センター (2007) 『産業連関表による環境負荷原単位データブック (3 EID)』

オンラインデータ (<http://www-cger.nies.go.jp/publication/D031/index-j.html>)。

20) 久守藤男 (2000) が大いに参考になる。

- 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（2020）『地球温暖化と日本の農業』成山堂書店。
- C. シュターマー（2000）『環境の経済計算』（良永康平訳）ミネルヴァ書房。
- ジャン＝ポール・シャルヴェ（2020）『地図とデータで見る農業の世界ハンドブック』原書房。
- 総務省（2004）『平成12年（2000年）産業連関表』。
- 総務省（2016）『平成12-17-23年接続産業連関表』。
- 総務庁（2020）『平成27年（2015年）産業連関表』。
- 時子山ひろみ・荏開津典生（2007）『フードシステムの経済学（第3版）』医療薬出版株式会社。
- 中田哲也（2018）『フード・マイレージ（新版）』日本評論社。
- 南齋規介・森口祐一・東野達（2002）『産業連関表による環境負荷原単位データブック（3 EID）』国立環境研究所。
- 農林水産省総合食料局（2005）「生産から消費に至るフードシステムの現状について」
オンライン（https://www.maff.go.jp/j/study/other/renkei/pdf/5_1.pdf）
- 原剛（2001）『農から環境を考える 21世紀の地球のために』集英社新書。
- 久守藤男（2000）『LCA手法による飽食経済のエネルギー分析』農文協。
- 山下惣一・鈴木宣弘・中田哲也編（2007）『食べ方で地球が変わる～フードマイレージと食・農・環境～』創森社。
- 良永康平（2001）『ドイツ産業連関分析論』関西大学出版部。
- 良永康平（2008a）「日本のフードシステムの環境負荷」若森章孝編著（2008）所収。
- 良永康平（2008b）「日本の食・農は持続可能か？」若森章孝編著（2008）所収。
- 良永康平（2008c）「産業連関表からみた日本のフードシステムの環境負荷」『経済論集』（関西大学）第58巻第3号。
- 良永康平（2016）「日本のフードシステムと環境負荷」檜原正澄（2016）所収。
- 若森章孝編著（2008）『食と環境－問われている日本のフードシステム－』晃洋書房。