

都市の有機物資源循環システムの 評価指標の開発

松本 亨¹・岩尾拓美²・大迫洋子³・井村秀文⁴

¹正会員 博(工) 九州大学助教授 工学研究院環境システム科学研究センター (〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

²学生員 九州大学大学院 工学府都市環境システム工学専攻 (〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1)

³正会員 工修 九州電力(株) 土木部 (〒810-8720 福岡市中央区渡辺通2-1-82)

⁴正会員 工博 名古屋大学教授 工学研究科地圏環境工学専攻 (〒464-8603 名古屋市中千種不老町)

都市の有機物資源循環を評価するために、まず食物由来物質循環とそれに伴って直接・間接に投入される化石燃料及び環境負荷について考察した。その上で福岡市を対象に、食物由来物質循環として、都市の炭素及び窒素循環を解明した。また、これに付随して直接・間接的に排出されるCO₂、T-Nを定量化した。これら3つの物質循環をもとに、都市の資源循環指標群を提案した。具体的には、都市生活者1人を基準とした炭素循環効率指標、資源循環の健全性を表す指標、資源循環に伴う環境負荷を表す指標、循環の輪の大きさを表す指標を提案した。その適用例として、具体的な対策を導入した場合のシナリオ分析を行った。

Key Words: *organic resource, carbon cycle, substance flow analysis(SFA), life cycle assessment(LCA), cycle-oriented society, food-chain system, dietary habit*

1. はじめに

原始的な生活をしている限りにおいて、食物由来の有機物資源は、自然の力のみ(太陽エネルギーと微生物の働き)で循環させることが可能である。ところが、現在の都市の有機物資源循環をみると、遠方で生産された食料は化石燃料の消費を伴いながら輸送され、また消費された後の排泄物と、供給された食糧の5分の1¹⁾にも及ぶ食品ロス²⁾は、大量の資源投入によって処理・処分されている。またこれ以外にも、加工、保存、流通、消費(外食及び家庭)といった一連のプロセスにおいても、化石燃料の投入なしには動かないしくみになっている。

戦後の日本の急速な経済発展が、都市化と工業化、さらには産業のサービス化を進行させ、食をめぐる社会構造を一変させた。中でも、農業従事者の減少と食料輸入量の増加(食糧自給率の低下)は著しく、食料の生産者と消費者の地理的距離を大幅に拡大させ、食物由来の物質循環システムの崩壊に大きく加担した³⁾。特に、食料・飼料輸入の増加は、長年にわたる窒素分の輸入超過につながり、水域の富栄養化を引き起こしている。また、これに加えて1960年半ばを境にして安

価な飼料、肥料が大量に輸入されるようになり、従来の人間や家畜の排泄物の利用が衰退したことも、食物由来の物質循環崩壊に大きく寄与する結果となった³⁾。

このような中、都市の有機物資源循環はこれまで、いかにコストを低く、消費者に受け入れられるかを基準にその流入側が形成されてきた。また流出側は、衛生的にかつ環境への負荷を低減させて都市の系外に放出することを目的に形成されてきた。この一過性システムが環境に調和しないことが、地球温暖化や水域への環境負荷の増大、廃棄物焼却によるダイオキシンの発生、最終処分場の確保の困難等から明らかになっている。そのため、有機物資源においても循環システム構築が模索されているわけであるが、そのためには、まずその現状のシステムの健全度を計測する指標が必要といえる。つまり、自然の力のみで循環してきた原始的なしくみからの乖離度を知ることがその第一歩である。

そのため、本研究では、食料由来の有機物資源循環の現状を効果的に表す指標を提案することを目的とする。これを具現化するために、現実の都市(福岡市)を対象として物質収支・循環構造を、食物由来の資源循環とそれに付随する直接・間接の資源投入及び環境負

荷について解明する。その上で、有機物資源循環システムを支配する環境因子を整理し、施策を導入した場合の資源循環指標のシナリオ分析を行うものとする。

2. 本研究の枠組み

(1) 循環の概念整理: 資源循環の時空間スケール

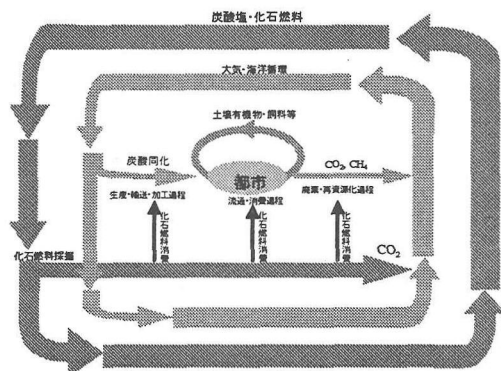
本研究が有機物資源を対象としていることから、特に炭素循環 (Carbon Cycle) についてその時空間的スケールから資源循環の概念整理を試みる。角皆⁴⁾ (1993) は、地球上で起こっている諸過程のうち、周期性のあるものを「変動」、一方的に変わってしまうものを「変化」と呼び、その例として河川水による物質移動は一見「変化」であるが、時間スケールを長くすると「変動」であることを指摘している。

炭素循環についても同じことが言える。食料や紙として都市に入ってくる炭素は、呼吸やゴミの焼却減容化の結果 CO_2 として大気へ放出され、また人間の排泄物として下水に流されるものは最終的に汚泥として固形分に残留するか、水域への環境負荷となって放出される。これは一見一方的な変化であるが、時空間スケールを大きくとると、大気大循環 (General Circulation) や海洋物質循環によって循環し、一部は生物によって固定され人間圏に戻ってくる。

そこで、図-1のような模式図を考える。元々人間の食物消費活動における炭素循環とは、植物による炭酸同化作用等の結果の炭素固定及び分解生成物としての二酸化炭素 (CO_2)、メタン (CH_4) によって大気大循環と関連している他は、閉鎖系の循環を維持していた⁵⁾。現代の都市においては、食料生産、輸送、加工、流通、消費、廃棄処理というプロセスにおいて化石燃料が駆動力になっている。化石燃料の消費は、自然系における炭素循環の化石燃料生成循環から大気大循環へのスケールダウンを伴うが、これが地球温暖化を引き起こす原因であることは周知である。さらに、旧来の有機堆肥の使用が減り、化学肥料の使用増加や汚泥の高速堆肥化によっても化石燃料消費を増加させており、自然系との物質フローが大きくなっている。資源循環型社会の構築のためには、この人為循環と人工-自然系の物質フローの適正化が課題といえる。

(2) 循環指標に関する既往研究

循環について指標を開発した例としては、環境庁の「総合的環境指標試案」がある⁶⁾。この中で「循環」については、「経済社会システムにおける物質循環の確保」と「環境への負荷の低減」の大きく二つの切り口からの指標化が提案されている。前者に関しては、物質・エネルギーのフロー及び水循環に着目した指標群



注) バイオマスと化石燃料及びそれらの消費に伴う CO_2 、 CH_4 を中心に記述したものである

図-1 地球規模の循環と都市の有機資源循環の関係

が例示されており、後者に関しては、物質・エネルギーフローに伴って生じる指標群が例示されている。基本的に、この指標開発は環境基本計画の進行管理の性格が強く、また全国レベルでの把握が前提であるため、経年でのデータの入手可能性や結果のわかりやすさが重要視されている事情がある。そのため、物質・エネルギーフローに関連した指標と、物質・エネルギーフローに伴って生じる指標の間の関連性までつこんだものとはなっていない。

(3) 資源循環指標の考え方と研究の枠組み

a) 循環型社会の概念

ここで改めて現代社会における資源循環のあり方を考える。原理的には、食物由来の炭素は自然の力で循環するということは前述したが、現代の都市においては、例えば厨芥類や下水汚泥からのコンポスト製造を例にとってみても、土地の制約や臭気の問題から自然にまかせるわけにはいかず、化石エネルギーを投入することで急速に堆肥化させざるをえない。また、その消費地も、都市生活者が排出する大量の有機系廃棄物からのコンポストを消費するだけの農地は周辺にない。遠方に運ぶためには輸送エネルギーが投入されることになる。

このように、資源を人為的に循環させるには、有機資源といえどもLCA的な評価が必要といえる。整理すると、都市における適正な資源循環のためには以下のような点を同時に考慮せねばならない。

- ①炭素循環にともなう生じる化石燃料消費を最小にする
- ②炭素循環にともなう生じる物質投入 (水、紙、化学物質等) を最小にする
- ③炭素循環にともなう生じる環境負荷発生量を最小にする

にする

さらに、経済性や利便性についても無視できない要素である。以上のような条件を満たす多目的意思決定プロセスによって最適化される資源循環システムが、循環型社会の現実的な目標であると考ええる。

b) 物質循環及びライフサイクル環境負荷

食をめぐる炭素循環には、3つのサイクルがある。その第一は、食物由来の炭素循環である。食料生産、加工、流通、調理等の過程を経て消費された後、し尿の形で排泄される部分と、厨芥類として廃棄される固形廃棄物に分かれる。第二のサイクルは、食物由来炭素循環に伴って直接投入される化石燃料や包装材(紙、プラスチック)等の有機物である。第三のサイクルは、食物由来炭素循環に伴って間接的に投入される化石燃料等の有機物、つまり直接投入物質に付随して消費される資源・エネルギーである。資源循環を評価する際には、この3つのサイクルのバランス、つまり食物由来有機物フローと、それに伴って直接・間接的に投入される化石燃料のバランスが評価尺度の一つとなりうる。同様に、食物由来有機物フローとそれに伴って直接・間接的に排出されるCO₂以外の環境負荷についても見る必要がある。著者らは既に、主食に限定したフードシステムのライフサイクルCO₂(LC-CO₂)について推計している⁷⁾が、食生活全体のフードシステムからのCO₂排出量及びその他の環境負荷については評価していない。

そこで次章より、都市の食物由来物質収支・循環構造の解明と(第3章)、それに伴う資源投入構造及び環境負荷を解明するためのフードシステム全体のLC-CO₂、ライフサイクルT-N(以下LC-TNとする)を推計する(第4章)。さらに、これらを用いた資源循環の具体的な指標群を提案し、そのシナリオ分析によって施策評価を行う(第5章)。

3. 都市の食物由来物質循環・収支構造の解明

(1) 分析対象都市

本研究では、ケーススタディ都市として福岡市を選定した。福岡市の特徴としては、人口100万人以上を抱える食料の大消費地であるが、比較的近隣に食料の生産地を有していることが挙げられる。また食物の固形廃棄物である厨芥類を清掃工場にて焼却処理し、その焼却熱を利用した発電を行っている。し尿や食物起因の雑排水などの水系廃棄物を処理する下水処理場では、消化処理により発生するメタンガス(消化ガス)による発電、廃熱利用といったサーマルリサイクルや、汚

泥処理により発生する脱水ケーキのコンポスト化、セメント原料への利用を前提とした民間への売却といったマテリアルリサイクルにも力を入れており、豊かなリサイクルオプションを有することも選定理由として挙げられる。

評価対象物質としては、地球温暖化原因物質(CO₂, CH₄)であり、かつ水質の有機汚濁物質の原因となる炭素と、水域の富栄養化原因物質である窒素を採用した。

また、データはできる限り最新のデータを集めた結果、平成9年度が最も妥当であったため、これを採用した。

(2) 分析手法

分析は生産、食品加工、流通、消費、廃棄、処理及び再資源化の各プロセス別に行った。またその中でも生産、食品加工については市内と市外に、流通は小売店と飲食店に、処理(再資源化)は清掃工場と下水処理場に大きく分けて分析した(飲食店は分析の都合上、以下流通過程として扱う)。以下、解析の順序に沿って分析手法を述べる。

a) 消費過程(家庭)

まず、消費場所である家庭に着目した。食品の消費は実際には家庭だけでなく、飲食店、オフィス等でも消費されるが、簡単のため全て家庭で摂取され、それに伴うし尿も全て家庭で排出されたとした。

食品摂取量は性別、年齢別の値⁸⁾を用い、摂取量を推定した。摂取される食品中の炭素、窒素の量は、比較的入手し易い栄養素(蛋白質、炭水化物、脂質)から分析した(表-1)。まず、炭素については、蛋白質に53%、炭水化物に40%⁹⁾含まれるとした。脂質については、主成分であるトリグリセリドのRをパルチミン酸、オレイン酸、リノール酸としたモデル的な脂質を考え、炭素含有率を77%とした。また窒素については、蛋白質に16%含まれると考えた。

飲食店における食料摂取は、家庭における推計手法と同様、性差、年齢差を考慮し、栄養素から算出する。また、飲食店で食べた物については、代表的な品目データ¹⁰⁾を用いた。

表-1 福岡市民の年間炭素及び窒素摂取量

年齢区分	蛋白質(g/年)		炭水化物(g/年)		脂質(g/年)		炭素(g/年)		窒素(g/年)	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
0-19	142,956	139,958	74	57	73	48	385	250	11,748	8,180
20-29	115,622	115,980	77	50	67	56	297	236	3,312	1,131
30-39	85,088	88,648	77	70	65	59	278	260	6,344	6,027
40-49	96,978	100,851	65	76	65	59	288	279	7,415	7,241
50-59	70,811	78,540	66	67	54	52	387	261	7,383	5,323
60-69	52,811	63,840	69	74	61	61	278	269	3,178	4,320
70~	26,744	61,782	85	59	58	45	307	261	2,726	3,893
計	600,895	546,698							45,008	42,004
									88,217	5,346

b) 廃棄過程

固形廃棄物として家庭系及び事業系の厨芥類、産業廃棄物について考慮した。なお、公共系廃棄物¹¹⁾につ

いては考慮していない。

家庭系厨芥類は、家庭系一般廃棄物（水分39.6%）の乾組成割合¹¹⁾15.0%であり、事業系厨芥類は湿ベース重量で24.62%である。これに厨芥類の物質含有¹²⁾率、乾ベース（炭素40.04%、窒素2.61%）・湿ベース（炭素11.55%、窒素0.76%）を乗じて厨芥類中の物質量を算定した。このようにして算出した各物質含有量を表-2に示す。

産業廃棄物について¹³⁾は、食品加工業、飲料・飼料業から排出される有機性汚泥、動植物性残渣、廃油について検討した。用いた物質含有率¹⁴⁾については表-3に示す。

表-2 家庭系及び事業系一般廃棄物量と各物質含有率

	全量(t/年)	含水率(%)	厨芥率(%)	炭素含有率(%)	窒素含有率(%)
家庭系廃棄物(乾ベース)	283,775	40	15	40.04	2.61
事業系廃棄物(湿ベース)	321,900		24.62	11.55	0.76

表-3 産業廃棄物量とその物質含有率

	有機性汚泥			動植物性残渣			廃油		
	量(t/年)	炭素率(%)	窒素率(%)	量(t/年)	炭素率(%)	窒素率(%)	量(t/年)	炭素率(%)	窒素率(%)
食品加工業	20,467	7	11	6,991	20	1	768	77	0.9
飲料・飼料	9,170	7	11	26,824	8	1	25	77	0.9

c) 排水及び廃棄物処理過程

清掃工場に運び込まれた福岡市分の厨芥類は未燃比率1.1%¹⁵⁾として焼却処理されると考えた。

下水処理場に関しては公共下水道の西戸崎、和白、東部、中部、西部の各処理場¹⁶⁾、¹⁷⁾と、流域下水道の御笠川浄化センター¹⁸⁾があり、処理人口と行政人口の比から福岡市流入率¹⁹⁾を考え福岡市からの流入量を決定した。炭素については、排出される脱水ケーキ、消化ガス、放流水中の炭素量とエアレーション過程による酸化分解された炭素量の合計を流入炭素量とした。

表-4 下水処理場における物質収支と各物質含有率

(a) 流入及び排出される物質質量及びその物質含有率

	処理人口(人)	行政人口(人)	流入水			脱水ケーキ			消化ガス			放流水		
			量(m ³ /年)	炭素率(%)	窒素率(%)	量(t/年)	含水率(%)	炭素率(%)	量(m ³ /年)	CH ₄ 率(%)	CO ₂ 率(%)	量(m ³ /年)	炭素率(%)	窒素率(%)
西戸崎	6,734	6,970	1,520,194	N.D.	24.0	319	64.6	32.7	41,032	69	27	1,520,194	9.8	13.4
和白	69,470	773,160	10,049,460	N.D.	45.2	2,468	62.7	32.7	647,614	61	35	10,049,460	12	22.5
東部	210,829	221,810	36,958,450	N.D.	41.7	8,544	58.7	32.7	2,154,711	62	35	36,958,450	9.8	16.3
中部(消化系)	260,216	272,810	43,353,340	N.D.	36.1	9,172	55.1	32.7	2,122,318	61	34	43,353,340	8.4	19.1
中部(生活系)	423,914	433,560	33,102,605	N.D.	35.4	24,517	57.9	32.7	2,472,002	61	38	33,102,605	8.7	19.1
西部	267,313	574,624	68,999,488	N.D.	41.0	15,776	81.4	32.7	5,696,711	59	38	68,999,455	9.8	14.6

(b) 流入水の発生源割合と物質含有率

	割合(%)	炭素率(%)		排水量(m ³ /日)	内訳(%)
		上水	下水		
生活排水	77	48.4	83.3		
工場・事業所排水	8	32.3	15.0		
面源汚濁	15	19.4	1.7		
食品製造業		12,546	22.2		
飲食店		11,654	20.7		
合計		56,410	100.0		

なお、エアレーション過程により酸化分解された炭素量は污水处理される炭素量の9割とた。窒素については、流入分、放流分、脱水ケーキ中の窒素について求め、脱窒による窒素除去量についてはその収支から求めた。脱水ケーキ中の炭素含有率は32.7%、窒素含有率は4.72%とし、消化ガス中の炭素は発生ガス中のCO₂、CH₄含有量から求めた。放流水中の炭素量についてはTOCを用い、データのない処理場は他の処理場の平均を用いた。流入、放流水中の窒素についてはT-Nを用いて算出した(表-4(a))。

次に、流入下水の食物起因率を算出する。下水処理場に流入する下水の食物発生源²⁰⁾には生活排水、工場・事務所排水、面源汚濁を考え、それぞれの食物起因分を求めた。また、生活排水については、し尿、食物由来の雑排水を、工場排水については食品加工業、飲食店からの排水を食物起因分²¹⁾として考える。また面源汚濁に関しては食物起因分とは考えない(表-4(b))。なお、各排出物の処理方法及び環境への排出割合は表-4(c)に示す。

d) 生産過程

農業・漁業・畜産業の市内生産分²²⁾を考える。これは消費過程で考えたように、各生産物を栄養素ごとに考え、その物質含有率をそれぞれに乗じて炭素、窒素量を算定した。

e) 流通過程

まず、家庭への合供給量のうち飲食店における消費分¹⁰⁾を除いた量を小売店供給分とする。産業連関表²³⁾を用いて、食品関連の移出入分、食品加工業生産分などを推定した。なお、市内の小売店は100%市内の家庭に供給すると仮定した。図-2及び図-3にあるように、飲食店において供給される炭素及び窒素量は福岡

(c) 排出物の処理方法別の割合

	脱水ケーキ処理率(%)				消化ガス処理率(%)				放流水処理率(%)			
	焼却・溶融	コンポスト化	セメント化	その他有効	埋立	補助燃料	発電	大気へ	場内利用	場外利用	放流	
西戸崎	0.0	0.0	95.9	0.0	4.1	90.5	0.0	9.5	4.9	0.0	95.1	
和白	6.5	0.0	93.4	0.0	0.0	45.0	0.0	55.0	5.5	0.0	94.5	
東部	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	45.6	0.0	54.4	8.5	0.0	90.7	
中部	43.6	9.8	5.7	40.3	0.6	21.3	21.3	57.4	6.4	1.3	92.3	
西部	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.0	0.0	23.0	8.3	0.0	91.7	
御笠川	72.0	0.0	0.0	0.0	28.0	29.8	0.0	70.2	3.4	0.0	96.6	

市内家庭向け供給量より大きくなるが、その差を市外分（観光客等）への供給分とした。

(3) 結果

結果を図-2及び図-3にまとめる。これによると、福

岡市は食料供給炭素量の96%、窒素量の91%を市外に依存していることになる。また、呼吸分を含めると供給された食糧中の炭素の約64%は大気圏へと排出されていることがわかる。

コンポストとセメント等としての資源循環率は、炭

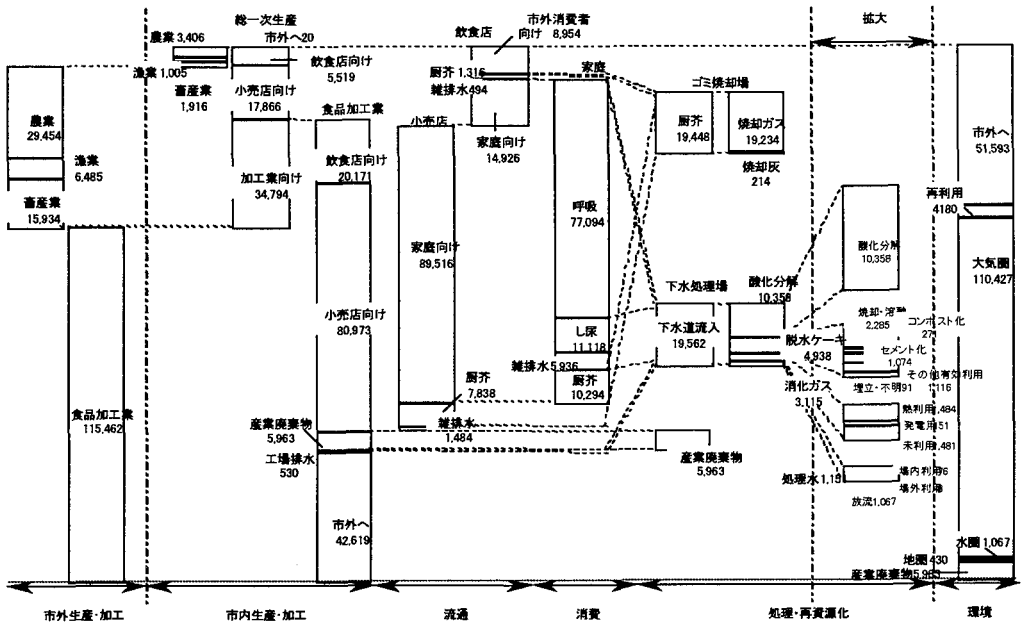


図-2 食物由来の炭素フロー (t-C/yr) : 福岡市

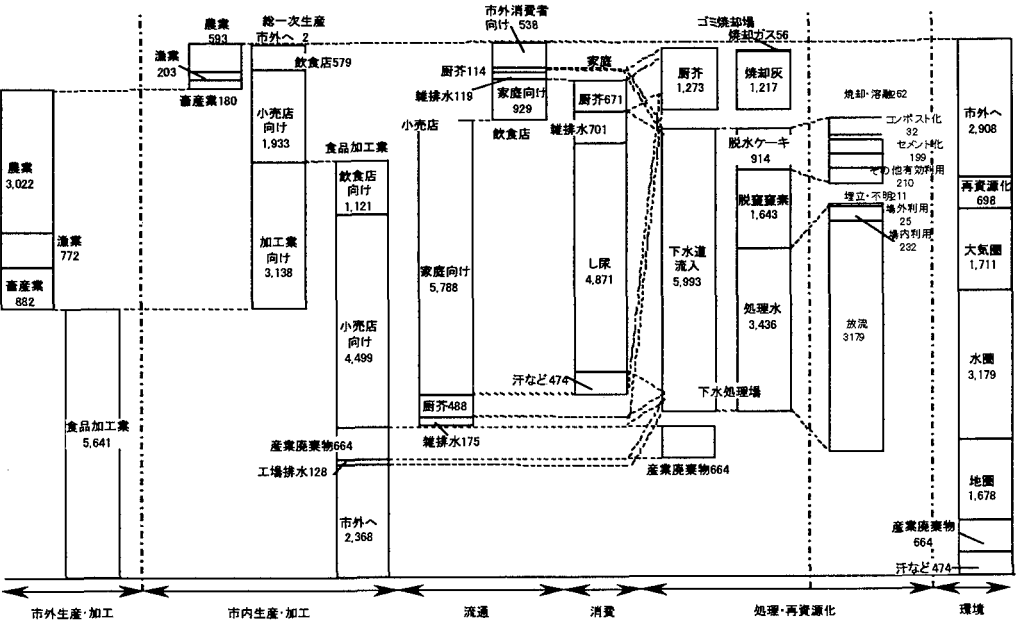


図-3 食物由来の窒素フロー (t-N/yr) : 福岡市

素分で全供給食料の1.6%,また食品廃棄物の6.0%と極めて小さな数字にとどまり,人為的な資源循環量(マテリアルリサイクル)が決して大きくない現状が示された。

4. 食物由来物質フローに付随した直接及び間接CO₂, T-Nの排出量

本章では,食物由来物質フローに付随した資源投入量及び環境負荷の算定を目的として,フードシステム全般にわたり直接及び間接的に排出されるCO₂, T-Nの算定を行う。間接環境負荷の算定にあたって,フードシステムのより上流側の過程において発生したCO₂, T-Nを順次除外するものとして算定した。例えば,食品加工過程において,その間接環境負荷に食料生産過程を含まないということを意味する。

なお,データの制約上,まず全国のフードシステムを対象にして推計し,その結果を適当な指標を用いて福岡市に按分する手法をとった。なお生産から家庭までの福岡市のLC-CO₂, LC-TN排出量はまとめて図-5及び図-6に示す。ここで,LC-TNとは食物由来のフローによる環境中放出量も含む。

(1) 分析手法

a) 生産過程

生産過程における直接CO₂排出量の算出方法を図-4に示す。CO₂排出量原単位に関しては,農産物の生産における光熱動力費^{(24),(25)}のエネルギー構成が露地栽培とハウス栽培の2種類であると仮定し,それぞれについて単位金額あたりCO₂排出原単位を算出したものを用いた。また間接CO₂排出量は,産業連関表⁽²⁶⁾における生産過程の各項目への財・サービスなどの投入金額に金額あたりのCO₂排出原単位⁽²⁷⁾を乗じることで算出した。なお,輸入品⁽²⁸⁾の生産に伴うCO₂排出量については,国内と同じ条件で生産されたものと仮定して,同じ排出原単位を用いた。T-N排出量についても同様の手法で求めた。福岡市への按分には人口比⁽¹⁹⁾を指標と

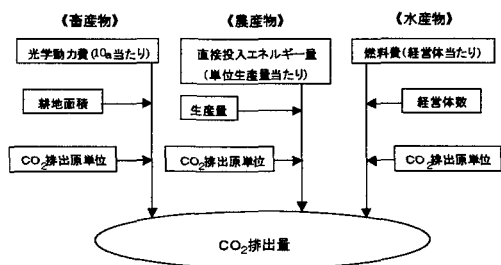


図-4 直接CO₂排出量の算出方法（生産過程）

して用いた。これを,市内生産量から市内分と市外分に分けた。結果を見ると水産物生産に投入されるエネルギーが最も大きい,これは漁業における船舶運用エネルギーが大きく寄与している。

b) 加工過程

直接CO₂排出量は,食品加工業のエネルギー種別消費量⁽²⁹⁾の単位を原油換算キロリットルからTOEへ換算したものをCO₂排出原単位⁽¹⁵⁾を乗じて算出した。T-Nの直接排出量は,部門別負荷量から加工過程の各項目における排出量を算出した。間接排出量は生産過程と同様の手順で算出した。なお,輸入加工品⁽²⁹⁾の生産に伴うCO₂排出量については,国内⁽³⁰⁾と同じ条件で生産されたものと仮定し,同じ排出原単位を用いた。福岡市への按分には人口比⁽¹⁹⁾を指標として用いた。これを,市内生産量から市内分と市外分に分けた。

c) 保存過程

本研究では,冷蔵,製氷,凍結の各設備の利用を保存過程と定義する。直接CO₂排出量は冷凍設備能力(トン)⁽³¹⁾に年間設備トン当たりの消費電力量を乗じ,さらに電力のCO₂排出原単位⁽¹⁵⁾を乗じて算出した。なお,収容能力(容積)との換算は1m³=0.4トンとした。T-Nの直接排出量は,部門別負荷量の倉庫部門の数値を用いた。間接排出量は生産過程と同様の手順で算出した。福岡市への按分には人口比⁽¹⁹⁾を指標として用いた。

d) 輸送過程

直接CO₂排出量は,貨物輸送トンキロデータ⁽³²⁾に輸送トンキロ当たりの消費エネルギー原単位を乗じて求めた貨物輸送エネルギー消費量にCO₂排出原単位及び全貨物量に占める食料品の割合を乗じて算出した。ここで,CO₂排出原単位⁽¹⁵⁾は,トラック用のエネルギー構成比を軽油:ガソリン=1:0.09と仮定し,それぞれの原単位を加重平均した値を使用した。T-Nの直接排出量は部門別負荷量から輸送過程の各項目における排出量を算出した。間接排出量は生産過程と同様の手順にて算出した。品目別府県相互間輸送トン数⁽³³⁾から求めた福岡県の輸送量を用いて,まず全国値を福岡市分に按分し,さらにGDP比⁽³⁴⁾を用いて福岡市分に按分した。

e) 流過程

ここでは,卸売業と小売業を流過程とする。直接CO₂排出量,流通業(卸売業・小売業)のエネルギー種別消費量⁽²⁸⁾にCO₂排出原単位を乗じて算出した。T-N

の直接排出量は部門別負荷量の商業部門の数値を用いた。間接排出量は生産過程と同様の手順にて算出を行った。福岡市への按分には販売額^{(35), (36), (37)}を指標として用いた。

f) 消費過程

直接CO₂排出量のうち、家庭排出分は厨房機器及び給湯におけるエネルギー消費量^{(38), (39)}のCO₂排出原単位を乗じて算出し、外食排出分は飲食店の延床面積にエネルギー消費原単位を乗じて求めた飲食店エネルギー消費量にCO₂排出原単位を乗じて算出した。T-Nの直接排出量は部門別負荷量から消費過程の各項目における排出量を算出した。間接排出量は生産過程と同様の手順にて算出を行った。なお、呼吸及び尿によるCO₂及びT-N排出量は含めていない。福岡への市按分には人口比⁽¹⁹⁾を指標として用いた。

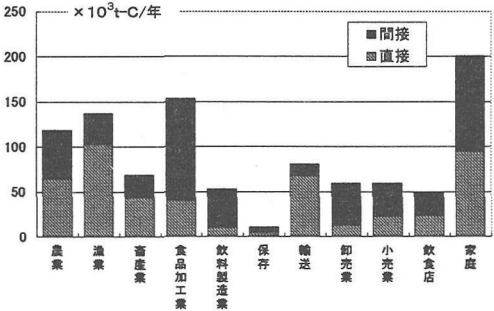


図-5 食品に付随した都市の直接及び間接CO₂排出量：福岡市

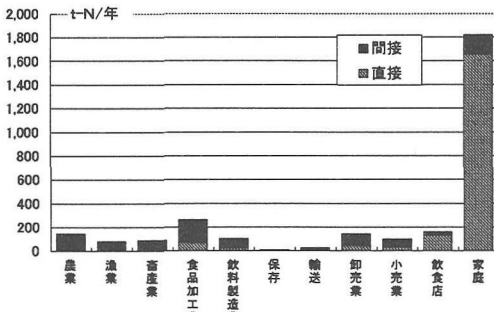


図-6 食品に付随した都市の直接及び間接T-N排出量：福岡市

(2) フードシステムに投入される包装材

フードシステムに投入される包装材には、プラスチック、紙、金属、ガラスの4種がある。そのうち、有機炭素を含むプラスチック、紙について、全国産業連

関表⁽²⁵⁾を用いて投入量を推計した。福岡市への按分には人口比を用いた。結果を表-5に示す。

表-5 福岡市のフードシステム全体の包装材投入量

	炭素量(t-C/年)	窒素量(t-N/年)
プラスチック包装材	9,298	32
紙包装材	22,523	118

(3) 排水・廃棄物処理のLC-CO₂及びLC-TN

フードシステムの下流側である福岡市の排水及び廃棄物処理過程におけるCO₂及びT-N排出量について、結果のみ表-6に示す(算出方法は別報⁽⁴⁰⁾)。

表-6 排水・廃棄物処理過程における1人当たりCO₂及びT-N排出量：福岡市

		CO2 kg-C/年/人	T-N g-N/年/人
1.管渠	イニシャル	12.57	7.03
	ランニング	0.09	0.04
	合計	12.66	7.06
2.処理場	イニシャル	3.64	2.55
	ランニング	2.57	2259.11
	合計	6.22	2261.65
3.コンポスト	イニシャル	0.10	0.05
	ランニング	1.57	1.03
	合計	1.57	1.03
4.収集段階	イニシャル	0.12	0.11
	ランニング	0.38	0.01
	合計	0.49	0.12
5.焼却段階	イニシャル	2.08	1.15
	ランニング	3.25	2.19
	合計	5.33	3.34
6.焼却灰輸送段階	イニシャル	0.02	0.02
	ランニング	0.13	0.00
	合計	0.14	0.02
7.埋立段階	イニシャル	0.01	0.00
	ランニング	0.10	0.00
	合計	0.11	0.01
合計	イニシャル	18.43	10.86
	ランニング	8.09	2262.38
	合計	26.52	2273.23

(4) 推計結果

福岡市のフードシステム及びその廃棄物処理処理からのCO₂、T-N排出量はそれぞれ1.2×10⁶t-C、3.5×10⁴t-N(1997年)となった。また、中でも家庭からの排出がそれぞれ全体の17%、51%と一番大きな割合を占めた。またフードシステムにおける1人当たりのLC-CO₂及びLC-TNの内訳は表-7に示す。また食品に付随する包装材中の炭素、窒素量も3.2×10⁴t-C、1.5×10⁴t-N(1997年)となり、特に炭素については大きな投入量になっていることがわかる。

図-7 フードシステムにおける1人当たりの
炭素、窒素排出量：福岡市

	炭素(平成9年度)量[kg-C/人/年]			窒素(平成9年度)量[kg-N/人/年]		
	直接	間接	合計	直接	間接	合計
生産過程	52.34	43.08	95.41	0.00	0.12	0.12
消費	82.44	27.84	110.28	0.00	0.06	0.07
消費	35.61	19.86	55.47	0.01	0.06	0.07
加工過程	32.77	90.37	123.14	0.06	0.16	0.21
飲料製造業	8.15	34.31	42.47	0.02	0.07	0.08
保存過程	3.80	4.83	8.63	0.00	0.01	0.01
輸送過程	54.30	10.76	65.06	0.01	0.01	0.02
流通過程	10.44	37.08	47.52	0.04	0.08	0.11
消費	18.17	29.55	47.71	0.03	0.05	0.08
消費	19.09	20.52	39.61	0.10	0.02	0.13
消費	76.30	84.80	161.10	1.33	0.13	1.46
合計	393.41	402.99	796.40	1.73	0.77	2.50

5. 資源循環指標群の提案

(1) 指標の提案とその適用例

2章の考察と3・4章の結果を踏まえて、本章では、各指標の具体的な定式化を行い、またそれぞれの式が意味するところ（概念と意義）を説明する。また、e) 循環の経済効率性を除いて、福岡市を例に算出した各指標の結果を表-8に示す。

a) 都市生活者を基準とした炭素循環効率指標

食物由来有機物資源フローの目的は言うまでもなく人間が生きていくための食料供給であるが、都市の人口が決まればその最低ラインが自ら設定される。そのため1人あたりもしくは1人あたり食料摂取量あたり環境負荷をみることで、炭素循環効率を計る目的は達せられる。

以下、b)～e)までいくつかの指標のサブセットを示すが、このa)で示す指標がすべての基本である。

・1人あたり環境負荷

$$= \text{ライフサイクル環境負荷量} [t-C, t-N] / \text{人}$$

or

$$= \text{最終処分量} [t-C, t-N] / \text{人}$$

・1人あたり食料摂取量あたり環境負荷

$$= \text{LC-CO}_2 \text{ 排出量} [t-C / \text{人}] / \text{全食料摂取量}^{注2)} [t-C / \text{人}]$$

b) 資源循環の健全性を表す指標

流通過程や消費過程における食品ロス(可食部の廃棄及び残飯)の多さが問題視され始めている¹⁾。そこで資源ロス率をみるために以下の式を定義する。

・資源ロス率

$$= \text{食品ロス量} [t-C, t-N] / \text{全食料供給量}^{注3)} [t-C, t-N]$$

また、資源循環率を、食料生産の場に戻るか否かによって分類し以下の式で定義する。

・全資源循環率

$$= \text{再資源化量} [t-C, t-N] / \text{全食品廃棄量} [t-C, t-N]$$

・農地還元率

$$= \text{農地還元量} [t-C, t-N] / \text{全食品廃棄量} [t-C, t-N]$$

さらに、食糧供給体制において、どれだけの包装材が消費されているかを見るために以下の指標を定義する。

・包装材消費率

$$= \text{包装材消費量} [t-C] / \text{全食料供給量} [t-C]$$

c) 資源循環に伴う環境負荷を表す指標

資源を循環させることにも環境負荷が伴うため、以下のように人為的な物質循環量とそれに要したライフサイクルでのCO₂、T-N排出量との比をみることで環境効率的な考え方ができる。資源循環装置を含めた下流部(排水及び廃棄物処理部分)の技術選択については、このようにLCAを考慮することが必要である。

・循環のための環境効率

$$= \text{ライフサイクル環境負荷量} [t-C, t-N] / \text{再資源化量} [t-C]$$

d) 循環の輪の大きさ(空間スケール)を表す指標

循環の輪が大きくなるほど、その様々なプロセスにおいて環境負荷を発生することになる。そこで、その空間的スケールをみるために、以下のように市外依存率及び輸送スケールを定義する。なお、市外依存率は直接的には循環の空間スケールを表していないが、市外依存率が高まると必然的に輸送エネルギー消費が増加する。その意味での代理指標として採用する。

・市外依存率

$$= \text{市外からの移入分} [t-C, t-N] / \text{全食料供給量} [t-C, t-N]$$

・輸送スケール

$$= \text{輸送過程のLC-CO}_2 [t-C / \text{人}] / \text{全食料摂取量} [t-C / \text{人}]$$

e) 循環の経済効率性

資源を循環させることに伴う費用を分子に、再資源化量もしくは便益額を分母に置くことで、再資源化の経済効率性を計ることができる。費用対効果もしくは

費用便益比の考え方に従うと分子と分母は逆になる。

・循環の経済効率性

$$= \text{コスト}[\text{¥}] / \text{再資源化量}[\text{t-C}]$$

or

$$= \text{コスト}[\text{¥}] / \text{再資源化による便益}[\text{¥}]$$

表-8 資源化循環指標群による福岡市の現状評価

	廃棄	資源
(1)都市生活者を基準とした廃棄物処理効率指標		
全食料供給量[kg-C/kg-N]/人	97.84	6.74
ライフサイクル(直接+間接)排出量[kg-C/kg-N]/人	822.68	2.50
食品に投入される包装材[t-C/t-N]/全食料供給量[t-C/t-N]	0.25	0.02
最終処分量[kg-C/kg-N]/人	19.04	1.35
ライフサイクル環境負荷量[t-C/t-N]/全食料供給量[t-C/t-N]	9.70	0.31
ライフサイクル環境負荷量[t-C/t-N]/採取量[t-C/t-N]	11.64	1.11
(2)資源循環の健全性を表す指標		
食品ロス量[t-C/t-N]/全食料供給量[t-C/t-N]	0.094	0.066
マテリアルリサイクル率[t-C/t-N]/全食品廃棄量[t-C/t-N]	0.069	0.096
サーマルリサイクル率[t-C]/全食品廃棄量[t-C]	0.060	
全再資源化率[t-C]/全食品廃棄量[t-C]	0.129	
廃棄物元量[t-C/t-N]/全食品廃棄量[t-C/t-N]	0.007	0.004
(3)資源循環に伴う環境負荷を減らす指標		
LC-CO ₂ 排出量[t-C]/再資源化量[t-C]	204.433	
LC-TN[t-N]/再資源化量[t-C]	1.937	
(4)資源の輸送の大きさ(空間スケール)を表す指標		
市外移入分[t-C/t-N]/全食料供給量[t-C/t-N]	1.371	0.914
輸送過程のLC-CO ₂ [t-C]/廃棄物採取量[t-C]	0.920	

注) 表中のt-C及びt-Nは全て1年間当たりの値であるが、簡単のため表中では省略する。

(2) 指標に影響する変数

ここで、各指標値、つまり有機物資源循環に影響する因子(影響パラメータ)とその制御可能性について考察する。

まず、影響する因子は国際的決定因子、都市外決定因子、都市内決定因子の3つに分類することができる(表-9)。実際の行動や対策の効果を考えるには、表-9で挙げた影響パラメータを必要に応じさらにブレイクダウンした制御パラメータを整理し、それぞれについて制御可能性を考察・定量化する必要がある。またその制御可能性を考察する際には、都市内主体が制御できるか、都市生活者が制御できるかという視点から分類する必要がある。概ね、家庭に関する部分は生活者による制御が可能であり、国際及び都市外決定因子は都市内及び生活者では制御不能であるものが多いといえる。

(3) 指標を用いた施策評価のシナリオ分析

a) 施策事例

有機物資源循環の適正化対策は、上流側における環境負荷の発生源対策と、下流側における循環指向ハード対策に分けられる。それぞれ以下のようなものがある。上流側については対策と効果は単純な正の相関がある場合がほとんどであるが、下流側については、LCA等によるトータルの環境負荷評価が必要であることはすでに述べた。

表-9 主要な影響因子

分類	上位概念	影響因子(変数)	下位概念
国際的決定因子	食料生産	生産方式(機械、肥料、農薬等)	
	食料輸入量	国内の食料生産	
		為替レート	
	飼料・肥料輸入量	国内の農業、畜産業生産	
		為替レート	
都市外決定因子	国際物流	貿易相手	
		輸送機関	
	食料生産	生産方式(機械、肥料、農薬等)	
	国内輸送	都市内需要	
		輸入港	
都市内決定因子		食料生産地	
		輸送機関	
		流通形態(卸売を含む)	
		保存形態	
		パッケージング	
都市内決定因子	食品加工	食品加工度	
		生産方式	
		食品ロス率	
	都市内輸送	都市内交通事情	
		物流形態	
都市内決定因子		店舗集中度	
	小売	営業時間	
		店舗規模	
		保存形態	
		中食 [※] の調理形態	
都市内決定因子		食品ロス率	
		パッケージング	
		利用者数	
	外食	立地条件	
		営業時間	
都市内決定因子		店舗規模	
		利用者数	
	調理形態(セントラルキッチン等)	調理形態	
	家庭	調理形態	
		保存形態	
都市内決定因子		食品ロス率	
	廃棄	廃棄物処理システム	
		排水処理システム	
		再資源化プロセス	
		再資源化プロセス	

注) 中食の定義については末尾の付録^(※4)を参照

○環境負荷の発生源対策

- ・食品ロス率の削減: 食品加工, 流通業, 外食, 家庭における対策
- ・ライフスタイルの変更: 買い物袋の持参, リターナブル容器の優先選択 / 等
- ・容器包装材の再利用促進: 過剰包装の改善, リサイクル容易性の考慮 / 等
- ・食料自給率の向上と有機系廃棄物の再利用: 飼料輸入の減少と食品廃棄物の再利用, コンポストの受け入れ / 等
- ・輸送形態: 共同配送, 輸送頻度の減少 / 等

○循環指向のハード対策

- ・食品廃棄物の再資源化: コンポスト製造とその都市近郊循環, 飼料への利用 / 等
- ・下水汚泥の再資源化: セメント, タイル, 燃料電池, コンポスト / 等

b) シナリオ分析とその考察

対策(影響パラメータの変更)による効果(指標への影響)を見るために、以下2つのケースにおいて表-8の指標にどのような変化が生じるか、そのいくつかの指標に絞ってシナリオ分析を行う。

<シナリオ1>食品ロス率の減少がフードシステムに与える影響

現在、我々が厨芥類として扱っているものには可食部分、つまり食品ロスが多く含まれている(厨芥類中の約65%¹⁾)。もし、この食品ロスを減らす努力をすれば、現在のフードシステムの循環指標群にどのような影響があるかをその感度を見る。なお、食品ロスは小売業、飲食店、家庭において発生するものを対象とする。また、食品ロスの発生段階を考慮して、そのロスがフードシステムの上流部において関与している過程の環境負荷を積み上げた。例えば、小売業や飲食店で発生したロスは家庭を通過しないので、家庭における環境負荷は含まない。逆に、家庭における食品ロスは小売業及び飲食店のロスに影響する。ただし、一次生産、食品加工業、輸送過程及び下流部(排水・廃棄物処理過程)においては区別していない。これに関しては今後より詳細な分析が必要となる。

その上で、小売業、飲食店、家庭における食品ロス削減率を現状(0%)から50%まで変化させた。各過程で発生する食品ロス量の10%を削減したと仮定した場合、まず炭素分で11,457(t-C/yr)あった食品ロスが各過程で1145.7(t-C/yr)に削減される。さらに、家庭で減らすロス分はその上流にある飲食店、小売店でさらに16.6(t-C/yr)食品ロスを減らすこととなり、トータル1162.3(t-C/yr)の食品ロスの減少となる。その結果、CO₂排出量は上流部と下流部合計で10,748(t-C/yr)削減される。また、包装材中の炭素分216(t-C/yr)を削減できる。なおシナリオ1を10%から50%まで実行したときの各指標の変化を図-7に示す。

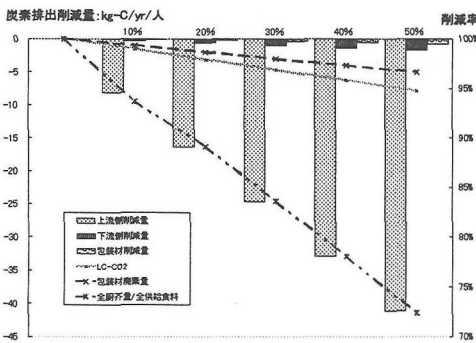


図-7 シナリオ1による食品ロス削減量及び資源循環指標変化量

<シナリオ2>汚泥のコンポスト化促進が環境に与える影響

下水処理場より発生する汚泥は、焼却、セメント化、コンポスト化など様々な再資源化対策がとられている。その中で、現在焼却処理されている汚泥をコンポスト化し、資源循環率を向上させる際に、資源循環指標にどのような変化があるかその感度を見る。なお、ここで用いた汚泥焼却場のCO₂排出原単位は、福岡市の発電を行っていない廃棄物焼却場のものを用いた。また、C/N比の改善のために使われている有機分(わら等)は考慮に入れていない。

その結果、現在焼却されている汚泥を100%コンポスト化すれば全食品廃棄物量に対する農地還元量の割合は0.62%から5.84%のおよそ10倍近くになるが、その際、高速堆肥化のためのエネルギー消費増により1人当たりCO₂排出量も2.37(kg-C/yr/人)から4.75(kg-C/yr/人)へとほぼ2倍に増加している。ただし、焼却によるCO₂排出の直接排出とコンポストに固定される炭素量の違いを考慮すると、また別の考察ができる。コンポスト化10%ケースによるCO₂排出の内訳については表-10に、また、焼却処理される汚泥のコンポスト化量を0%~100%に変化させることによる各指標の変化を図-8に示す。なお、今回、再商品化し、コ

表-10 コンポスト化10%ケースにおける環境負荷の変化

	現状	コンポスト化10%ケース
焼却場		
現在焼却処理量(t-C)	2,285	2,057
焼却ガス量(t-C)	2,280	2,034
焼却灰量(t-C)	25	23
汚泥1(t-C)を焼却する際に発生する運用CO ₂ 排出原単位	0.032	0.032
運用によるCO ₂ 排出量(t-C)	73	66
コンポスト工場		
現在、コンポスト化される汚泥中の炭素量(t-C)	2711	500
コンポスト化率	0.89	0.89
製品化されたコンポスト中の炭素量(t-C)	242	446
汚泥1(t-C)をコンポスト化する際に発生する運用CO ₂ 排出原単位	2.21	2.21
運用によるCO ₂ 排出量(t-C)	599	1,104
汚泥1(t-C)発酵する際に発生する炭素(CO ₂ , CH ₄)排出原単位	0.11	0.11
発酵による炭素排出量(t-C)	30	55
環境		
環境(大気)への負荷量(t-C)	2,962	3,259
環境(地盤)への負荷量(t-C)	25	23
コンポストとして循環する炭素量(t-C)	242	446

注) 表中のt-C及びt-Nは全て1年間当たりの値であるが、簡単のため表中では省略する。

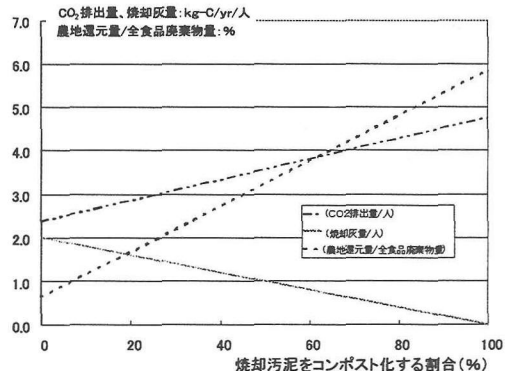


図-8 焼却している下水汚泥のコンポスト化への移行による循環指標の変化

ンポストや焼却灰の輸送の際に発生するCO₂排出量を考慮していないが、特にコンポストの供給量と需要地との関係から、今後評価に加える必要がある。

6. おわりに

本研究では、福岡市を対象に物質フロー分析(SFA)及びLCAの手法を応用することで、都市の有機物資源フロー分析と、それに伴うCO₂排出量及びT-N排出量を推計した。また、これらの結果から都市の有機物資源循環を評価するための指標の提案と、それを用いた現状評価及び数例の施策実施効果の評価を行った。これにより以下を明らかにすることができた。

- 1) 福岡市をケーススタディ対象に、食品由来の物質収支・構造解析を行った。その結果、食料供給の市外依存率が非常に高いことが示された(炭素分の96%, 窒素量の91%)。呼吸分を含めると、供給された炭素の大気圏へと排出されていることが明らかになった。
- 2) やはり、福岡市を対象に、食品由来物質フローに伴うLC-CO₂及びLC-TN排出量を求めた。これにより、フードシステム全体からのCO₂、T-N排出量はそれぞれ $1.2 \times 10^6 \text{ t-C}$ 、 $3.5 \times 10^3 \text{ t-N}$ (1997年)となった。また、中でも家庭からの排出がそれぞれ全体の17%、51%といずれも最大の割合を占めた。また食品に付随する包装材中の炭素についても推計し、 $3.2 \times 10^4 \text{ t-C}$ (1997年)との結果を得た。
- 3) 炭素については、フードシステムにおいて供給される食料1 t-Cのために、約6.9倍もの炭素が必要であることが示された。これは、現在のフードシステムの化石燃料への依存度を意味している。
- 4) 循環効率性指標として、フードシステム全体についての都市生活者1人を基準とした炭素循環効率指標、資源循環の健全性を表す指標、資源循環に伴う環境負荷を表す指標、循環の輪の大きさを表す指標を提案した。その適用例として、具体的な対策を導入した場合のシナリオ分析を行った。

今後の課題としては、制御パラメータを細分化し、また対策についてSFA及びLCAデータの蓄積を増やすことで、より多くケースの施策評価を行えるようなモデルを構築することである。また、評価対象地域についても、タイプの違う複数の都市及び農村のデータを蓄積することで、地域特性を包含したモデルとすることができる。

謝辞:本研究の一部は、文部省科学研究費特定領域研

究「ゼロエミッション」(課題番号11128237)の補助を受けて行ったものである。記して謝意を表する。

付録

- 注1) 公共系廃棄物とは道路清掃や河川清掃による廃棄物、不法投棄等による堆積ゴミ及び犬猫等の死体のことをいう。
- 注2) 食料供給量とは、純食料(人間の消費に直接利用可能な食料の実際量)として消費者に到達した量である。
- 注3) 食料摂取量とは、食料供給量のうち実際に人間が摂取した量をいう。
- 注4) 持ち帰り弁当や惣菜等のテイクアウト商品、家庭で調理して家庭で食事をする「内食」、レストランなどで食事をする「外食」に対して、調理食品を購入して場所を問わずに食事をとることを指す。

参考文献

- 1) 大迫洋子:フードシステムにともなう環境負荷の評価に関する研究,九州大学大学院工学研究科修士論文, 2000
- 2) 小金丸 聡, 松本 亨, 井村秀文:戦後日本における食生活の変化の環境的意味に関する研究,環境システム研究, Vol. 25, pp. 503-508, 1997
- 3) 内藤正明, 楠部孝誠:有機物循環の現状と課題—その困難さと対応—,月刊廃棄物,pp.11-16, 2000
- 4) 角皆静男:地球における物質循環のすがた,地球環境工学ハンドブック(コンパクト版),オーム社, pp.148-169, 1993
- 5) 内藤正明:循環型社会の見取り図,環境情報科学, 27巻2号, pp.2-6, 1998
- 6) 総合的環境指標検討会:総合的環境指標試案, 88pp., 1997
- 7) 松本 亨, 大迫洋子, 井村秀文:戦後日本の食生活変化と環境負荷:主食に関わるライフサイクルCO₂の評価,環境システム研究, Vol. 27, pp. 89-96, 1999
- 8) 厚生省保健医療局 監修:国民栄養の現状
- 9) 小池五郎, 福岡博保:栄養学事典
- 10) 香川芳子:毎日の食事カロリーガイドブック, 女子栄養大学出版部, 192pp.
- 11) 福岡市環境局:事業概要 平成9~11年度
- 12) 東京都清掃研究所:東京都清掃研究所研究報告
- 13) 福岡市環境局:福岡市産業廃棄物実態調査報告書
- 14) 有機質資源化推進会議:有機廃棄物資源化大事典, (社)農村漁村文化協会, 511pp., 1997
- 15) 環境庁地球環境部:二酸化炭素排出量調査報告書,

pp.23-25, 1992

- 16) 日本下水道協会：下水道統計 行政編，平成9年度
- 17) 福岡市下水道局管理部：福岡市水処理センター管理年報，平成9，10年度
- 18) (財)福岡県下水道公社：流域下水道維持管理年報，平成9，10年度
- 19) 自治省行政局：住民基本台帳人口要覧，(財)国土地理協会，580pp.，平成9年度
- 20) 福岡市環境局：博多湾水質保全計画，120pp.，平成10年度
- 21) 國松孝男・村岡浩爾：河川汚濁のモデル解析，技報堂出版，pp.11-24，1997
- 22) 福岡市農林水産局：福岡市農林水産統計書，89pp.，平成10年度
- 23) 福岡市統計部：福岡市平成2年度 産業連関表
- 24) 農林水産省統計情報部：ポケット農林水産統計
- 25) 農林水産省統計情報部：ポケット園芸統計
- 26) 総務庁：平成2年度産業連関表 計数編(1)
- 27) 国立環境研究所地球環境研究センター：産業連関表による二酸化炭素排出原単位，1997
- 28) 大蔵省関税局：日本貿易月報
- 29) 通商産業大臣官房調査統計部：石油等消費構造統計表
- 30) 食糧庁：生産動態調査
- 31) 日本冷凍食品協会：冷凍食品に関する諸統計，1996
- 32) 運輸省運輸政策局情報管理部：運輸経済統計要覧
- 33) 運輸省運輸政策局情報管理部：貨物地域流動調査旅客地域流動調査
- 34) 経済企画庁経済研究所：県民経済計算年報
- 35) 通商産業大臣官房調査統計部：商業統計表(卸売業)
- 36) 通商産業大臣官房調査統計部：商業統計表(小売業)
- 37) 日本食糧新聞社：'99食品流通実勢マップ
- 38) 資源エネルギー庁公益事業部：電力需給の概要
- 39) 日本エネルギー経済研究所エネルギー計量分析センター：エネルギー経済統計要覧，1997
- 40) 松本 亨，鮫島和範，井村秀文：デイスポザー導入による生ゴミ処理・再資源化システムの評価，環境システム研究，Vol.28，2000(印刷中)

STUDY ON DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL INDICATORS FOR EVALUATION OF ORGANIC RESOURCE CYCLE SYSTEM

Toru MATSUMOTO, Takumi IWAO, Yoko OSAKO and Hidefumi IMURA

ABSTRACT: Economic development in Japan after World War II has brought about a number of dramatic changes in the lifestyle of the Japanese people in relation to their dietary habits. These changes have been associated with the changing production and consumption patterns of food, and have caused significant changes to the organic resource cycle. This paper attempts to discuss the environmental indicators that effectively represent the present organic-matter resource cycle of food origin. For this, material flow and environmental load pertinent to the complete chain of human activities related to food consumption and production are analyzed for the case of Fukuoka city, based on methodologies of Substance Flow Analysis (SFA) and Life Cycle Assessment (LCA). Activities include the agricultural sector, food processing industry, food distribution, equipment for food storage and preparation, food service, household activities of cooking and eating, and management of the disposal and recycling of food and packaging waste. The parameters that control the organic-matter resource cycle were defined, and a sensitivity analysis of the environmental indicators at the time of introducing countermeasures was performed.