

応用一般均衡モデルを用いた わが国における食品廃棄物循環の経済的影響評価

河瀬 玲奈¹・松岡 譲²・内藤 正明³

¹ 学生員 京都大学大学院 地球環境学舎 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

² 正会員 工博 京都大学教授 地球環境学堂 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)

³ 正会員 工博 京都大学名誉教授 (〒606-8386 京都市左京区仁王門新丸太町 42)

循環型社会を構築する上で、食品廃棄物の飼料化・堆肥化・メタン発酵などを行う再資源化部門は人々の社会経済活動に大きな役割を果たす。したがって、循環形成の効果を評価する際には再資源化部門以外の部門を含めた広い視野で評価しなければならない。加えて現在は一過型から循環型社会への移行の過渡期であり、循環型社会を構築するにはシステム系外からの影響に柔軟に対応できることや再生品の需給バランスを考慮することが必要条件となる。本研究では産業廃棄物の動植物性残渣と事業系一般廃棄物の厨芥類に注目し、経済社会内の各部門の需給バランスの取り扱いが容易な応用一般均衡モデルを用いて、各種対策(再資源化部門への補助金・廃棄物委託処理価格の値上げ・バージン財への課徴金)や環境制約(最終処分量と二酸化炭素排出量)が食品廃棄物の循環形成に与える影響について評価を行った。

Key Words : *bio-recycling, CO₂ emission reduction, shortage of final disposal site, economical polices, applied general equilibrium model*

1. はじめに

食品廃棄物の循環が必要な理由としては次の理由が挙げられる。1) 廃棄物の最終処分地の不足から、廃棄物である食品廃棄物の最終処分量の削減が必要であること。2) 容器包装リサイクル法の策定により廃棄物中に占める食品廃棄物の割合が高くなった。食品廃棄物は含水率が高いため発熱量を低下させ、ダイオキシン発生の原因となること。3) 資源の枯渇が危惧されるなか、食糧生産にはエネルギーが使用されていることから、まだ利用価値のある食品廃棄物を再資源化することで、資源の有効利用を図る必要があること。である。

そこで本研究では、再資源化が推進されることによる環境負荷低減への効果や、食品廃棄物の発生量に対する再資源化量を求めることで再資源化率に着目した点からの評価を行う。既存の研究^{1),2)}では、飼料化・堆肥化・メタン発酵などの再資源化処理を LCA の手法を用いて評価したものが報告されているが、再資源化部門は再資源化処理で直接エネルギーを使用することにより環境負荷を発生するだけでなく、動脈部門からの財・サービスの

使用により間接的にも環境負荷を発生させる。そのため、循環の評価には再資源化部門以外の部門を含めた日本経済全体からの広い視野が不可欠であるとの認識にたち、日本経済全体を評価対象とする。

また、食品廃棄物の循環が成立するためには、再資源化部門で生産される再生品の利用が必要であり、市場における需給バランスがとれていなければならない。加えて社会全体がこれまでの一過型から循環型社会へ移行する過渡期の中で食品廃棄物の循環システムを構築するには、マクロ経済の影響を考慮し、循環型社会促進に向けて行われる各種対策の影響に柔軟に対応できることが必要条件となる。そこで本研究では、食品廃棄物として食品リサイクル法で対象となる産業廃棄物の動植物性残渣と事業系一般廃棄物の厨芥類に注目し、需給バランスの取り扱いが容易な応用一般均衡モデルを用いることで、各種対策や環境制約が食品廃棄物循環形成に与える影響について評価を行う。なお想定した対策は、再資源化部門への補助金・廃棄物委託処理価格の値上げ・バージン財への課徴金である。

2. 食品廃棄物の現状

食品製造業から発生する動植物性残渣は、均質性が高いため再資源化が行われやすく、1999年において年間発生量349万トンのうち65%の228万トンが有償物として引き取られるか再資源化されており³⁾、1996年の48%¹⁾に比べ大きく再資源化利用が進んでいる。図-1に業種別に発生処理量を推計したものを示す。

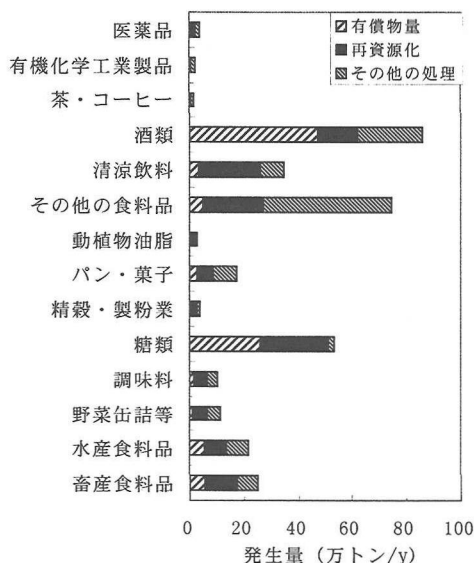


図-1 業種別発生処理量推計(1999)³⁾

一方、事業系一般廃棄物の厨芥類は年間約600万トン排出されていると推計されるが、量も質も安定しない上、厨芥類のみ分別する手間もかかるため循環が進まず、再資源化率は1996年にて0.3%、1999年にて0.5%と低率にとどまっている⁴⁾。

3. 応用一般均衡モデル

本研究で用いたモデルは大きく分けて二つある。基本となる応用一般均衡モデルと食品廃棄物の再資源化処理の投入産出関係を記述した再資源化モデルである。本章ではまず、応用一般均衡モデルの概要を述べる。

(1) モデルの構造

本研究では、増井ら⁵⁾によって開発された経済活動に伴って発生する環境負荷とその処理を取り込んだ応用一般均衡モデルを用いた。応用一般均衡モデルとは、市場における需給調整が財・サービス、労働などの生産要素

市場について行われることを想定し、これらの市場均衡が同時に成立する価格・需給量を求めるモデルである⁶⁾。本モデルでは、二酸化炭素の炭素税や最終処分地の利用に相当する環境資源と称する生産要素を仮定し、環境負荷を排出する際には環境資源を投入しなければならないと設定した。なお環境資源の初期価格は0円であるが、需要が供給を上回ると価格が発生する。部門を j 、財・サービスを i で表し、モデルの基本式を以下に示す。

$$K_j \leq K_j^* \quad (1)$$

$$\sum_j L_j \leq L^* \quad (2)$$

$$\sum_j W_{bj} \leq W_b^* \quad (3)$$

$$\sum_j X_{ij} + C_i + INV_i = \sum_j Y_{ji} + INP_i + R_i \quad (4)$$

$$\sum_i P_i \times X_{ij} + P_k \times K_j + P_L \times L_j + \sum_b P_b \times W_{bj} \geq \sum_i P_i \times Y_{ji} \quad (5)$$

$$\sum_j P_k \times K_j + \sum_j P_L \times L_j \leq \sum_i C_i + S \quad (6)$$

K : 資本, L : 労働, W : 環境資源, W_{bj} : 環境資源 b の部門 j への投入, X_{ij} : 財・サービス i の部門 j への中間投入財, C : 最終消費, INV : 投資財, Y_{ji} : 部門 j の財・サービス i の産出, INP : 輸入財, R : 再利用財, P : 価格, S : 貯蓄

式(1)から(3)の右辺は投入要素の供給可能な最大量を表す。式(1)から(3)は投入要素市場の均衡を表しており、投入量(左辺)の合計は、家計(資本・労働)や政府(環境資源)に賦存される最大供給量(右辺)以下であることを示す。式(4)は輸入財、再利用財、国内生産された財・サービスの合計(右辺)が、中間投入財、投資財、輸出財を含む最終消費の合計(左辺)に等しいことを示す。式(5)は各部門の生産する財の合計額(右辺)が、投入要素の合計額(左辺)以下というゼロ利潤条件を示す。式(6)は、家計に賦存される資本と労働の価値の合計(左辺)が、家計の貯蓄と最終消費の合計額以下であることを示す。

本モデルでは、日本経済を40の生産部門群、25の廃棄物処理部門群(産業廃棄物18、一般廃棄物7)、1の下水処理部門、政府、家計に分割し、49の財・サービスを取り扱う。再資源化処理部門は廃棄物処理部門に含まれ、産業廃棄物の動植物性残渣と一般廃棄物の厨芥類の処理を担う。シミュレーションは、1995年を基準年として2010年までの期間において1年ごとに均衡計算を行う。

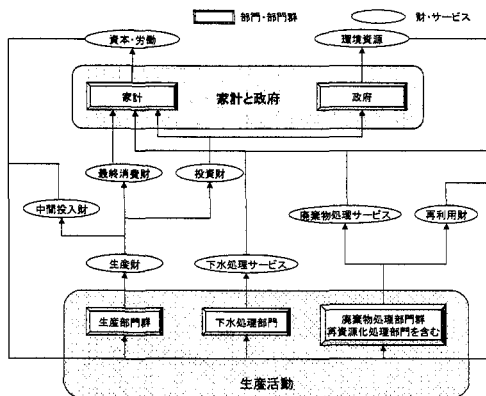


図-2 全体の構造

a) 生産部門の構造

生産部門は、中間投入財・エネルギー・資本・労働・汚染処理を投入財として投入し、様々な財・サービスを生産する。ここでの汚染処理とは生産活動に伴って発生する汚染を抑制・処理・除去するためサービスのことで、汚染処理が投入されることにより汚染が適正に処理されることを意味する。ここで、汚染とは COD, SOx, NOx, 騒音のことである。汚染処理は生産部門内で資本・労働・エネルギー・その他の中間投入財を投入して生産され、自家消費される。水質汚濁 (COD) に関しては下水処理部門において委託処理も可能である。排出される廃棄物は産業廃棄物 18 種、一般廃棄物 7 種であり、自家処理されるか、委託処理される。自家処理の構造は汚染処理と同様である。直接最終処分など、最終処分地を利用する場合には、最終処分地の利用 (環境資源) を投入する。

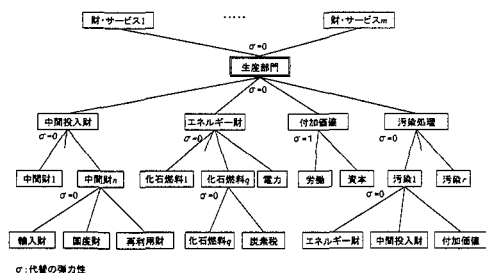


図-3 生産の構造

化石燃料以外の中間投入財が n 種、エネルギー財 q 種、汚染が r 種、財・サービスが m 種の場合の生産の構造を図-3 に示す。生産部門では化石燃料の燃焼由来の二酸化炭素排出量に対して二酸化炭素の排出権 (環境資源) が投入される。生産要素である中間投入財・エネルギー財・付加価値・汚染処理は、代替性が小さく、代替の弾力性が 0 のレオンチェフ型の関数を用いて表現した。そ

れと比較し、付加価値を構成する資本と労働の関係は代替性があり、代替の弾力性が 1 のコブダグラス型の関数を設定した。その他の各生産要素の構成は代替弾力性が 0 のレオンチェフ型の関数で表現した。

b) 廃棄物処理部門の構造

排出された廃棄物のうち、委託処理されるものは、廃棄物処理部門で直接最終処分、減量化などの中間処理、再利用のいずれかの経路をたどる。廃棄物処理部門は、生産部門と同様の図-3 に示される構造で廃棄物の種類ごとに廃棄物処理サービスを生産する。最終処分が行われる直接最終処分、中間処理および自家処理では、最終処分地の利用が環境資源として投入される。自家処理された残渣は、廃棄物処理部門で中間処理されるものとする。

c) その他の構造

本モデルは 1 国モデルであり、外国の生産構造などを考慮していない。中間財や最終消費に占める輸入品の割合は基準年に想定した割合が将来も続くものと仮定する。輸出に関しても、外生的に与えた価格により世界市場で取引が行われるものとする。

政府は環境資源を賦存し、税を収入源として資本財を投入し、社会資本の形成と最終消費を行う。

家計は、投資財を市場から投入することにより資本を形成し、資本と労働を市場に提供することで、対価として所得を得る。得られた所得は最終消費と投資財に分配される。貯蓄総額は投資総額と等しく、投資は各部門の見込まれる生産額の増加に応じて分配される。また、各部門のある年 t の資本 K は、前年度における資本減耗率 δ を減じ、新たに行われた投資 INV を加えて決定される。ここで減耗率は各部門に外生的に与えた。

$$K_{j,t} = K_{j,t-1}(1 - \delta_j) + INV_{j,t-1} \quad (7)$$

4. 再資源化モデル

次に、再資源化モデルの概要を述べる。再資源化モデルは 3 章の応用一般均衡モデルの再資源化部門に相当し、再資源化処理と食品廃棄物の収集や再生品の輸送距離を設定する輸送モデルからなる。図-3 に示される構造で再資源化処理サービスと再生品の生産をする構造を記述する。

(1) 再資源化処理

食品廃棄物の再資源化処理には、化粧品・飼料などに利用するマテリアルリサイクル、生物分解プラスチック・堆肥などに利用するケミカルリサイクル、熱源・電力として利用するサーマルリサイクルがある。本研究では多量の食品廃棄物に対応できる処理方法として、マテ

リアルリサイクル・ケミカルリサイクル・サーマルリサイクルからそれぞれ飼料化・堆肥化・メタン発酵を再資源化技術として取り上げた。飼料化では飼料を、堆肥化では堆肥を、メタン発酵では電力を再生品として生産する。表-1に食品廃棄物1トン当たりの再資源化処理の原単位を示す。

表-1 再資源化処理原単位 ^{7)~10)}				
生産要素		飼料化	堆肥化	メタン発酵
用水	(m ³)			0.25
薬品	(円)			1450
副資材	(t)	1	0.3	
電力	(kWh)	29.6	53.3	74.9
軽油	(L)	5		
重油	(L)	0.017	0.017	0.026
労働	(人)	0.19	0.03	0.11
資本	(円)	191	5960	8778

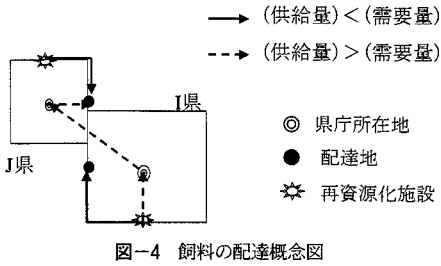
なお、再資源化処理の投入データとして必要な食品廃棄物の組成については、多くの業種から発生した動植物性残渣を混合して処理を行うため、その成分は一般的な厨芥類の成分¹¹⁾と等しいものとみなす。また、各再資源化処理により発生する処理残渣は、各再資源化処理施設において自家処理されるものとする。

(2) 輸送モデル

再資源化処理においては、二酸化炭素排出量もコストも輸送の占める割合が高い⁷⁾。輸送に関わるコストや二酸化炭素排出量をモデルへの入力とするために、輸送距離の設定を行う輸送モデルを構築した。輸送距離は食品廃棄物の収集と再生品の配達合計で定義される(メタン発酵の再生品は電力であり、配達を必要としない)。飼料化は都道府県単位、堆肥化・メタン発酵は市町村単位で再資源化されるものとし、飼料と堆肥の需給バランスを求めた。東京・大阪の大都市圏を含む地域を除いては、飼料、堆肥ともに供給量は需要量の10%前後であり、再生品を食品廃棄物発生地域内で消費することが可能である。飼料における配達距離の設定方法を述べる。概念的に都道府県を正方形とみなし、その中心に県庁所在地があると仮定して、中心間距離を測定した。供給が需要を上回る場合(東京・神奈川・大阪)には、隣り合う正方形の一辺の半分の長さを中心間距離の合計を配達距離とする。なお、隣り合う県のうちどの県に配達するかは、配達距離が最短になる県を選択した。その他の道府県では需要が供給を上回るので正方形の一辺の長さを飼料の配達距離とする。

食品廃棄物の収集距離については既存の文献^{11,7)}から堆肥化・メタン発酵については28.0km、飼料化については85.8kmと設定した。

廃棄物の収集と再生品の輸送距離に伴う人件費、二酸化炭素の発生量をモデルへの入力とした。



(2) 再資源化モデルの応用一般均衡モデルへの組み込み

3章(1)で述べた応用一般均衡モデルの廃棄物処理部門に、4章(1)で述べた再資源化モデルを再資源化処理部門(動植物性残渣の中間処理サービスを生産する部門)として組み込んだ。再生品、再資源化処理サービスともに、既存の財・サービスとは完全に代替すると想定した。

a) 再生品の統合

再生品の飼料は、飼料公定規格のTDN(可消化養分総量)値65%の製品を生産するので、食料品部門から農林水産業へ投入される財を配合飼料とみなし、代替可能であるとした。堆肥は化学部門から農林水産業へ投入される財を化学肥料とみなし、主要成分である窒素で同等の含有量を有する化学肥料と代替可能であるとした。メタン発酵により発電された電力は通常の電力と代替可能とした。

b) 再資源化処理サービスの統合

再資源化部門で生産される再資源化処理サービスは、既存の廃棄物処理部門で産出される廃棄物処理サービスのうち、中間処理と代替可能とした。

5. 結果と考察

(1) シナリオ

表-2 シナリオ

シナリオNo	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6
再資源化施設の導入			○	○	○	○
二酸化炭素の排出制約		○			○	○
最終処分量の制約		○			○	○
バージン財への課徴金				○		○
再資源化施設への補助金			○	○	○	○
廃棄物委託処理価格の値上げ			○		○	

本研究では、技術的(再資源化部門の導入)、制度的(環境制約)、経済的(再資源化部門への補助金・廃棄物委託処理価格の値上げ・バージン財への課徴金)を組み合わせることによりシナリオを設定した。環境制約としては、

京都議定書での決定事項である 2010 年までに二酸化炭素の排出量を 1990 年比で 6%削減すること、ダイオキシン対策推進関係閣僚会議で目標とされた最終処分量（重量ベース）を 1996 年比で半減することを想定した。対策を取り入れる 2000 年から目標年の 2010 年にかけて前年比一定の値で削減するものとする。

バージン財への課徴金は、化学肥料と配合飼料に対し 5%の税率を想定した。再資源化率の補助金は、労働に係る税や資本に係る税の税率を産業廃棄物では 30%、一般廃棄物では 50%下げることにより想定した。廃棄物委託処理価格の値上げは、事業系一般廃棄物に関して、現在の負担割合が約 1/3 であることから、2010

年までにその割合を 2/3 にまで引き上げることを想定し、製品に関わる税率を高めることで擬似的に想定した。産業廃棄物に関しては、2000 年から 2010 年まで年率 1%の値上げを想定した。

なお、労働力の変化は労働力人口の推計¹²⁾に基づき、技術進捗率は年率 1%と仮定した。また、各部門からの汚染排出や家計における投資では、潜在的に経済成長が年率 2%ずつ増加することを想定している。輸入品の価格は、エネルギーについてのみ将来予測からの設定が行われており、その他の財については基準年の価格で将来も取引が行われることと仮定した。

(2) 国内総生産 (GDP) の変化

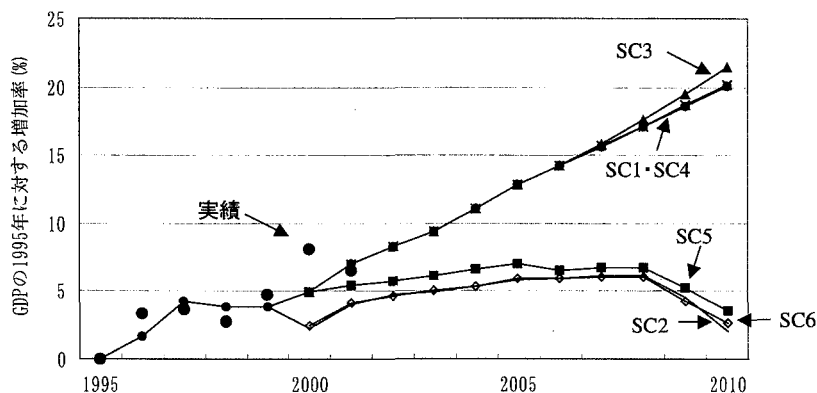


図-5 国内総生産の成長率の推移

図-5 において、環境制約が課せられていないシナリオ(SC1・SC3・SC4)では GDP は 1995 年と比較して 2010 年において 20%の増加となった。環境制約を与えられたシナリオ(SC2・SC5・SC6)では GDP の増加は抑えられ、2008 年から減少傾向となり、2010 年には 1995 年と比較して 2.1%~3.6%の増加となった。シナリオごとに比較すると環境制約の有無に関わらず、経済的対策が取られるシナリオ(SC3~SC6)において対策のとられないシナリオ(SC1・SC2)よりも GDP が大きくなっており、循環を促進させることが経済活性化に貢献することが分かる。特に環境制約下では 2010 年において SC2 と SC5 の 1995 年に対する GDP の増加の差が 1.5%あり、マクロ経済的に大きな意味を持つと言える。再資源化部門は環境制約が課せられていても大きく成長し、生産額の伸び率は 27.7%~54.0%に達した。生産額の成長率が最も大きかったシナリオは、環境制約の有無にかかわらず、再資源化部門への補助金投入と廃棄物処理費の値上げを組み合わせたシナリオ(SC4・SC6)であった。その他の部門では環境制約が与えられているシナリオ(SC2・SC5・SC6)では

全体的に減少しているが、特にエネルギー消費量、もしくは廃棄物の排出量の多い機械類、プラスチック製造業での減少が大きい。一方、エネルギー消費量、もしくは廃棄物の排出量の少ない不動産業、金融・保険業、政府サービス生産者、公共サービス業では増加しており、エネルギー部門では、原子力発電やガス発電が伸びている。農林水産業は環境制約の有無に関わらず減少しているが、経済的対策がとられることにより、0.1~1.8%の生産額の上昇となった。また、廃棄物処理部門および環境汚染処理への投資に利用される環境装置製造業など環境対策に関わる部門で 20%前後の増加となった。

(3) 環境負荷の排出量

a) 最終処分量の変化

環境制約がない場合、全種類の産業廃棄物の最終処分量は 2000 年から増加した後、2005 年以降は SC3 では約 6200 万トン/y、SC4 では 7000 万トン/y でほぼ横ばいとなった。2010 年において SC4 では SC1 よりも最終処分量は 783.3 万トン多く、再資源化の促進により関連する

産業が活性化し、環境負荷を増加させた。このことから、再資源化の促進は必ずしも環境負荷削減に寄与するとは言えない。一般廃棄物は緩やかな減少となり、再資源化部門の存在により全てのシナリオで SC1 より 2 万トンから 7 万トン少なかった。

環境制約がある場合は、制約を満たすように最終処分量は減少するが、最終処分地の利用（環境資源）に価格が発生し、SC2 では 2010 年に 78 万円/トンまで達した。しかし再資源化を推進すると 2009 年以降は最終処分地の価格は減少し、経済的負担の緩和が見られた。

b) 二酸化炭素排出量の変化

環境制約がない場合は、SC4 では SC1 に比べて 2010 年にて 0.9 万トン C/y 排出量が削減されたが、SC3 では逆に 230 万トン C/y 増加した。

環境制約がある場合、制約を満たすように排出量は減少するが、二酸化炭素の排出権に価格が発生し、SC2 では 2010 年において 34062 円/トン C となった。

(4) 食品廃棄物の循環形成について

a) 食品廃棄物の排出量

食品廃棄物はほとんどが焼却処理され、焼却残渣の重量は元の約 15%と大きく減量化されるので、図-6 にお

いて最終処分量半減という制約のもとでも排出量は約 15%しか減少していない。環境制約がない場合では対策を取るシナリオ(SC3・SC4)で SC1 よりも排出量が少なく、環境制約がある場合では対策が取るシナリオ(SC5・SC6)で SC2 より排出量が多く、循環が排出量抑制に対する制約緩和に効果があることを示している。

b) 食品廃棄物の再資源化率

図-7 において環境制約がない場合、式(8)で定義される再資源化率

$$\text{再資源化率}(\%) = \frac{\text{再資源化量} + \text{有償物量}}{\text{発生量}} \times 100 \quad (8)$$

にはほとんど変化は見られず、2000 年から 2010 年までの増加は 5%であり、シナリオによる差は見られない。

環境制約がある場合、2007 年以降再資源化率に大きな伸びが見られ、これは一般廃棄物によるところが大きい。再資源化部門への補助金とバーজন財への課徴金を想定した SC6 では、一般廃棄物の再資源化率は、1999 年の 0.5%から 2010 年の 26%と大きな伸びとなった。

しかし、式(1)で定義される再資源化率ではその変化が発生量の減少に由来するのか、再資源化量増加に由来するものなのかが分からない。そこで、再資源化量の視点からも評価することが必要となる。

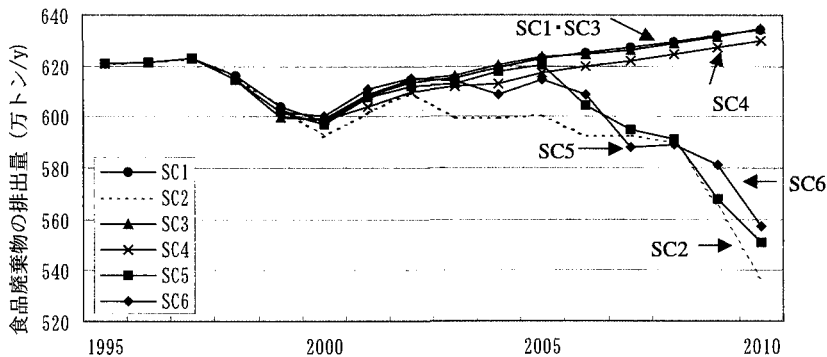


図-6 食品廃棄物の排出量

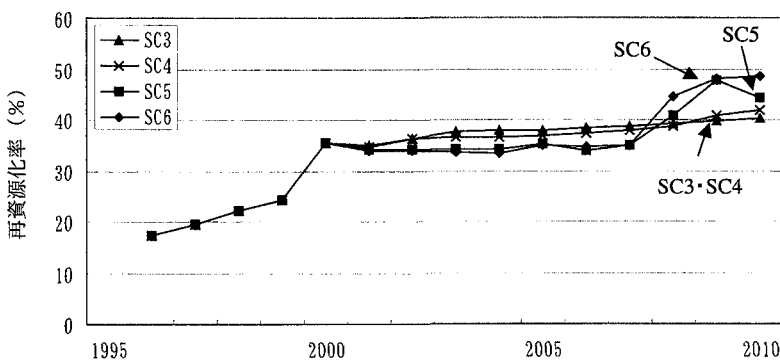


図-7 再資源化率

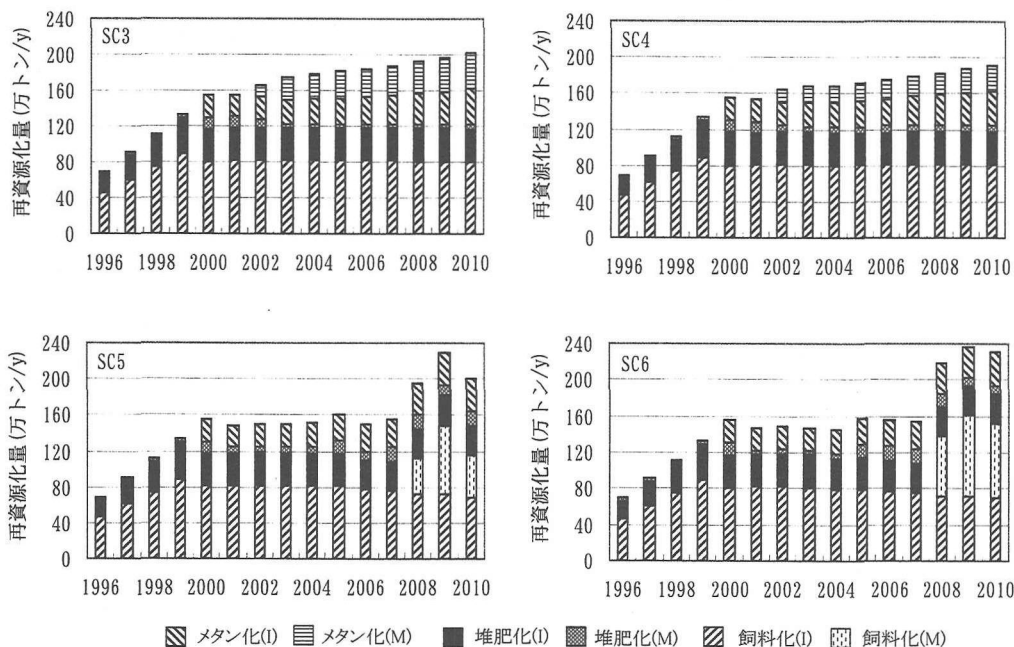


図-8 再資源化処理の内訳

c) 再資源化量

図-7において再資源化率はSC5の方がSC4よりも高かったが、図-8の再資源化量はSC4の方が多く、環境制約が課せられないSC4では大量排出・大量循環となっている。

環境制約がないシナリオ(SC3・SC4)においては産業廃棄物・一般廃棄物ともにサーマルリサイクルであるメタン発酵の増加が著しいが、環境制約下では飼料化・堆肥化のマテリアル・ケミカルリサイクルの増加が著しい。

環境制約があるシナリオ(SC5・SC6)においては2008年以降に一般廃棄物の再資源化量に大きな伸びが見られ、再資源化量の増加が約20%と目立っている。産業廃棄物の再資源化量に大きな変化がないことから、図-7における再資源化率の増加は一般廃棄物の再資源化が推進されたことに起因すると言える。これは、再資源化部門への補助金により再資源化部門が生産する再資源化処理サービスが、廃棄物部門が生産する廃棄物処理サービスと比較して相対的に価格が低くなったことが大きな原因である。また、SC5とSC6の比較からSC6では飼料化が促進されていることから、バージン財への5%の課徴金は、廃棄物委託処理価格の値上げよりも飼料化の促進に有効であると言える。

6. まとめ

本研究では、食品廃棄物を対象とし、飼料化・堆肥化・メタン発酵を再資源化技術として取り上げ、応用一般均衡モデルを用いることで、再資源化部門への補助金・廃棄物処理委託価格の値上げ・バージン財への課徴金といった各種対策や、最終処分場の減少や二酸化炭素の削減などの環境制約が、経済システムを通して食品廃棄物循環に与える影響について将来推計を行った。得られた知見を列挙する。

- ・ 環境制約がないシナリオでは循環形成が必ずしも社会全体の環境負荷を減少させるとは限らない。
- ・ 環境制約下では、循環形成により経済的負担が軽減される。
- ・ 環境制約がない場合はサーマルリサイクル、環境制約がある場合はマテリアルリサイクル・ケミカルリサイクルによる循環形成が行われる。

図-5から環境制約条件下では経済成長の抑制が著しいことが表れているが、これは、二酸化炭素排出量の削減と最終処分量の削減という環境制約に対して、食品廃棄物の循環促進のみで対応しているからである。しかし、食品廃棄物の循環を推進する対策のみであっても、経済システムの波及効果から経済活性化の効果がみられることから、今後さらなる対策を施すことにより環境制約条

件下であっても経済を活性化できることが示された。

本研究では

- ・ 循環型社会の構築には再資源化により生産される再生品の質が重要な要因となるが、飼料は TDN 成分のみ、堆肥は窒素成分のみで評価し、既存の財・サービスと完全に代替可能であると仮定したこと。
- ・ 廃棄物の収集距離の設定において既存の文献値を全国に適用したこと。

以上の2点が課題として挙げられ、今後の改良点とする。

謝辞:本研究を進めるにあたり、国立環境研究所の増井利彦氏には多大なご助力をいただきましたことを、この場をお借りしてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 楠部孝誠:「有機物循環形成のための社会・技術課題の総合的解析と新たな地域システムの提案」京都大学工学研究科環境地球工学専攻博士論文, 2002
- 2) 平井康宏:「温室効果ガス排出抑制の視点から見た廃棄物管理システムの評価」京都大学工学研究科環境工学専攻修士論文, 1999
- 3) 国立環境研究所・日本環境衛生センター:「平成13年度産業廃棄物の業種別・種類別発生処理量調査業務報告書」2002年7月
- 4) 環境省:「廃棄物処理事業実態調査統計資料(一般廃棄物)」
- 5) 増井利彦, 松岡謙, 森田恒幸:「環境と経済を統合した応用一般均衡モデルによる環境政策の効果分析」環境システム研究論文集, Vol.28, pp467-475, 2002年10月
- 6) 川崎研一:「応用一般均衡モデルの基礎と応用」日本評論社, 1999
- 7) 那須良:「有機残渣の循環系構築に向けた再資源化技術と収集システムの最適設計手法」京都大学工学研究科環境地球工学専攻修士論文, 2001
- 8) 榎木秀作:「食品関連産業に対する循環プロセス代替案の評価と地域適正システムの提案」京都大学工学研究科環境地球工学専攻修士論文, 2002
- 9) 松藤敏彦, 田村信寿, 呉吉鐘, 小堀さやか:「都市ごみ堆肥化施設の物質収支・コスト調査」土木学会第51回年次学術公演会, VII-284, pp.568-569, 1996
- 10) 京都市環境局:「バイオガスの使用用途拡大技術開発調査報告書」2000年3月
- 11) 増子知樹, 三森啓介, 及川智, 長谷川隆, 恩田敏雄, 谷川昇:「平成11年度 搬入先等ごみ性状調査報告結果」東京都環境科学研究所年報, pp.14-27, 2000
- 12) 総務庁統計局:「労働力調査:平成13年度 高齢化の状況及び高齢社会対策の実施の状況に関する年次報告(概要)」, 2001

Evaluation of Macro Economy Effects to Bio-recycling with Applied General Equilibrium Model

Reina KAWASE, Yuzuru MATSUOKA, Masaaki NAITO

Within environmental and resource limitations, Japan is moving towards "Circulating Society". Although the recycling sector treats and disposes of waste generated from the economic activities, it also encourages a burden on the environment both directly and indirectly. Therefore we need analyze a recycling system with a wide point of view including all sectors.

This study evaluates both the economic loss and effects of food waste recycling systems derived from the environmental constraints and the recycling promotion policies, with an applied general equilibrium model. This model integrates national economic activities, their pressure on the environment, and food waste recycling systems. Feeding, composting, and methane fermentation are adopted as recycling treatments from a material, chemical, and thermal recycling method respectively. Both the 6% reduction of CO₂ emissions by in 2010 compared with that of in 1990 and the 50% reduction of waste final disposal by in 2010 compared with that of in 1996 are introduced as the environmental constraints. As the recycling promotion policies, the following actions are introduced; 1) subsidies to the recycling sectors, 2) raising the commission waste treatment price, and 3) charges to the use of virgin goods.