

地域ゼロエミッションの可能性とその評価*

The Zero Emissions Oriented Region -Its Possibility and Economic Evaluation-*

宮田 譲**・厩 暁晋***

By Yuzuru MIYATA** and Xiaojin PANG***

1. はじめに

廃棄物は現代社会に深刻な問題を投げかけている。この問題に対処するために、現在、様々な局面でゼロエミッションという用語が用いられている。ゼロエミッションとは、その名が示すとおり、究極的には未利用物質を出さないという社会経済システムを表す。この概念は国連大学により提唱され¹⁾、その研究が官民を揚げて精力的になされている現状にある。

しかし、その研究は緒に着いたばかりであり、現在、様々な生産プロセスにおいて、どのような物質が投入され、またどのような物質が発生するのかを、詳細に検討している段階である²⁾。

こうした物質レベルでの研究の一方で、ゼロエミッション化がどのような社会経済システムの変革を迫るのかは、全くの未知数であり、今後の環境経済学の中心的課題となるものである。

本研究はこのような背景から、筆者らの既存研究³⁾を進展させ、愛知県におけるゼロエミッション化の可能性とその評価を試みるものである。具体的には、経済活動の技術変化による再(生)利用率の向上と最終的未利用物質の減少、最終的未利用物質をゼロとした場合の、物質循環活動の規模や産業構造変化、環境補助金などの経済的手法によるゼロエミッション化の促進などを検討する。

2. 経済—物質循環会計行列

筆者らは既存研究で経済—物質循環会計行列の概念を提唱しているが、本研究ではそれをさらに拡張し、新たな経済—物質循環会計行列の作成を試みた。その概要は表2のようにまとめられる。

新たな経済—物質循環会計行列では、廃棄物発生量が産業別・廃棄物種類別に細分化され、それぞれごとが再(生)利用、自己除去、委託除去される。

そしてそれらを行う経済活動、すなわち再(生)利用活動、自己除去活動、委託除去活動の中間投入、労働・資本投入が明示化されている。さらに再(生)利用財(表1参照)はバージン財と差別化され、明示的に中間・最終利用財として計上されている。

表3は本研究の経済—物質循環会計行列の推計結果を集計化したものである。この表は主として産業廃棄物データの分類に合わせる形で、34産業、18再(生)利用活動、34廃棄物自己除去活動、行政や廃棄物処理業者が行う廃棄物委託除去活動、政府、家計、資本、労働、資本勘定、県外部門から構成されている。そして最終的に産業、再(生)利用活動、除去活動を、それぞれ1部門に統合したものである。

この表から、1994年の愛知県では産業部門で66兆7595億円の産出を行い、それに伴い1684万トンの産業廃棄物(含事業系一般廃棄物)を発生させていることが分かる。また家計は26兆6304億円の所得を得て、15兆1623億円の消費を行い、214万トンの家計廃棄物を発生させている。

産業廃棄物は39億円の費用で280万トンが自己除去され、また産業・一般廃棄物の592万トンは1610億円で委託除去されている。そして1025万トンの廃棄物が、2402億円で再(生)利用されていることが示されている。

表1 再(生)利用財の分類

再(生)利用財名	再(生)利用される廃棄物	対応する生産財	本研究での部門名
建設再生財Ⅰ	燃え殻、鉱さい	その他非金属鉱物	鉱業
建設再生財Ⅱ	有機汚泥、無機汚泥、建設廃材	砂利・採石	鉱業
建設再生財Ⅲ	ばいじん	その他非金属鉱物	鉱業
堆肥	家畜糞尿	有機質肥料	飲料・飼料
再生有機質肥料	有機汚泥	有機質肥料	飲料・飼料
再生有機質肥料・飼料	動・植物残さ	有機質肥料、飼料	飲料・飼料
再生繊維	繊維くず	繊維	繊維製品
再生木材	木くず	製材・合板・チップ	製材・木製品
再生パルプ・紙	紙くず	パルプ・紙	パルプ・紙
再生化学肥料	燃え殻、無機汚泥	化学肥料	化学製品
再生酸・アルカリ	廃酸、廃アルカリ	無機化学基礎製品	化学製品
再生油	廃油	石油製品	石油・石炭製品
再生プラスチック	廃プラスチック	プラスチック製品	プラスチック製品
再生タイヤ	廃タイヤ	タイヤ・チューブ	ゴム製品
再生ゴム	ゴムくず	ゴム製品	ゴム製品
再生ガラス、建設再生財Ⅳ	ガラス・陶磁器くず	ガラス製品、その他窯業・土石製品	窯業・土石
再生鉄	鉱さい、金属くず	粗鋼	鉄鋼
再生非鉄金属	鉱さい、金属くず	非鉄金属製錬・精練	非鉄金属

3. モデルの構造

本研究のモデルは比較静学モデルであり、その基本構造は既存研究¹⁾とほぼ同じで、モデルの階層構造は図1に示される。以下、順を追ってモデルの説明を行うが、記述の一貫性を考え、筆者らの既存研究と重複する部分もあることを断っておこう。なお本研究の変数定義は、まとめてAppendixに示す。

* キーワード：持続的成長管理論、環境計画、地球環境問題、システム分析

** 正会員 学博 豊橋技術科学大学人文・社会工学系

*** 学生会員 工修 豊橋技術科学大学大学院博士後期課程
環境・生命工学専攻
(〒441-8085 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1,
Tel. 0532-44-6955 Fax. 0532-44-6947)

(1)モデルの主要前提条件

本研究の主要な前提条件は以下のようなものであるが、この他にもモデルの細部について様々な仮定を設定する。それらをここで一掲することは繁雑となるため、モデルの説明の中で適宜、仮定について述べる。

- ①1994年の愛知県経済を対象とし、経済主体は愛知県の家計、34産業、18再(生)利用活動、34産業廃棄物自己除去活動、廃棄物委託除去活動、政府、県外部門とする。また廃棄物は26種類に分類される。
- ②再(生)利用活動は産業・一般廃棄物の一部を処理し、中間財・最終財として再(生)利用財を供給する。
- ③自己除去活動は各産業に付随する活動で、産業内で発生する廃棄物を処理・最終処分する活動を行う。廃棄物委託除去活動は公的廃棄物処理活動、廃棄物処理業者から構成され、産業・家計廃棄物の一部を処理・最終処分する。
- ④再(生)利用される財はバージン財と差別化される。
- ⑤市場は34生産物市場、18再(生)利用財市場、1委託除去市場、労働市場、資本市場の55市場とし、それぞれ完全競争的であるとする。さらにこれらの市場は、1994

年時点で長期均衡状態にあるとする。

(2)産業及び自己除去活動の行動

産業は中間財、労働、資本を投入し、財を生産すると同時に、産業廃棄物を発生させる。産業廃棄物は再(生)利用、自己除去、委託除去される。それぞれの比率は固定的とし、産業は自己除去および委託除去費用を負担する。産業の技術は中間投入に関してLeontief型技術、資

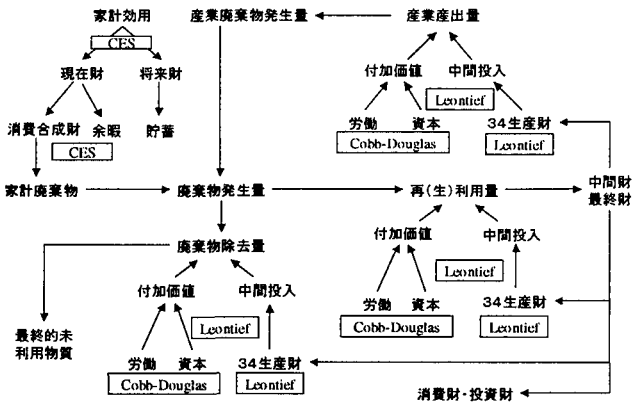


図1 経済—物質循環 CGEモデルの階層構造

表2 経済—物質循環会計行列の構成の概念図

		生産活動		再(生)利用活動		廃棄物除去活動		最終需要	合計
		1～34産業		建設再生財 … 再生金属		1～34産業自己除去	委託除去		
生産活動	1～34産業	生産活動へ中間投入		再(生)利用活動へ中間投入		除去活動へ中間投入			財総需要
		再(生)利用財		生産財					
再(生)利用活動	建設再生財 再生肥料 ： 再生金属	再(生)利用財の購入		再(生)利用財		再(生)利用財の購入			再(生)利用財総需要
廃棄物除去活動	1～34産業自己除去 委託除去	除去活動への支払い		物質変換		—			除去総需要
付加価値									
合計		財総供給		再(生)利用財総供給		除去総供給			

表3 経済—物質循環会計行列の推計結果

(単位:百万円)		生産活動	再(生)利用活動	廃棄物除去活動		制度部門		生産要素		資本蓄積	県外部門	合計
		1～34産業	1～18活動	自己除去	委託除去	政府	家計	資本	労働			
生産活動	1～34産業	35,476,581	172,849	2,669	29,541	1,962,981	15,162,063	0	0	7,337,704	6,615,136	66,759,524
再(生)利用活動	1～18活動	239,846	55	0	8	0	227	0	0	31	0	240,167
廃棄物除去活動	自己除去	3,875	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,875
	委託除去	96,280	0	0	0	57,085	7,643	0	0	0	0	161,008
制度部門	政府	2,285,022	9,166	0	3,152	0	6,118,189	0	0	0	1,324,915	9,740,444
	家計	0	0	0	0	2,149,822	0	8,008,547	16,197,355	0	274,696	26,630,420
生産要素	資本	7,518,146	28,719	91	13,483	0	0	0	0	0	448,107	8,008,547
	労働	16,672,090	17,411	629	103,499	0	0	0	0	0	253,257	17,046,886
資本調達		4,467,684	11,967	486	11,324	1,753,243	5,342,298	0	0	0	232,738	11,819,740
県外部門		0	0	0	0	3,817,313	0	0	849,531	4,482,005	0	9,148,849
合計		66,759,525	240,167	3,875	161,008	9,740,444	26,630,420	8,008,547	17,046,886	11,819,740	9,148,849	149,559,461
廃棄物発生量/再(生)利用量/除去量 (単位:千トン)		16,837	-10,250	-2,800	-5,923	0	2,136	0	0	0	0	0

本と労働について *Cobb-Douglas* 型技術とし、規模に関する収穫一定を仮定する。

また自己除去活動の技術も、中間投入に関して *Leontief* 型技術、労働、資本の投入に関して *Cobb-Douglas* 型技術で、規模に関して収穫一定を仮定する。

産業の行動は技術の一次同次性から、与えられた産出量に対し、廃棄物除去費用を含む費用最小化行動として定式化される。

なお筆者らの既存研究とは異なり、本研究では中間財の一部に再(生)利用財が用いられ、バージン財との *Cobb-Douglas* 合成財として定式化していることを指摘しておこう⁽¹⁾。

以下の記述では一般化のため、全ての中間財がバージン・再(生)利用財合成財として定式化されているが、数値計算では実際に再(生)利用財を用いているもの限定している⁽²⁾。

$$\min \sum_{i=1}^{34} p_{ij}^V x_{ij}^V + (1+tp_{vj})(w \cdot L_{vj} + r \cdot K_{vj}) + \sum_{i=1}^{34} p_{ij}^T x_{ij}^T + (1+tp_{Tj})(w \cdot L_{Tj} + r \cdot K_{Tj}) \quad (1)$$

$$+ q_c WC_j \quad (j=1, \dots, 34)$$

with respect to $x_{ij}^V, L_{vj}, K_{vj}, x_{ij}^T, L_{Tj}, K_{Tj}, WC_j$

subject to

$$X_j = \min \left\{ \frac{1}{a_{V0j}} f_{vj}(L_{vj}, K_{vj}), \frac{x_{1j}^V}{a_{1j}^V}, \dots, \frac{x_{34j}^V}{a_{34j}^V} \right\} \quad (2)$$

$$x_{ij}^V \equiv x_{vij}^{\alpha_{vij}} \prod_{k=1}^{18} z_{vkij}^{\alpha_{vkij}} \quad (\alpha_{vij} + \sum_{k=1}^{18} \alpha_{vkij} = 1) \quad (3)$$

$$WG_{kj} \equiv \zeta_{kj} X_j \quad (k=1, \dots, 26, j=1, \dots, 34) \quad (4)$$

$$WT_j \equiv \sum_{k=1}^{26} \eta_{kj} WG_{kj} \quad (5)$$

$$WT_j = \min \left\{ \frac{1}{a_{T0j}} f_{Tj}(L_{Tj}, K_{Tj}), \frac{x_{1j}^T}{a_{1j}^T}, \dots, \frac{x_{34j}^T}{a_{34j}^T} \right\} \quad (6)$$

$$x_{ij}^T \equiv x_{Tij}^{\alpha_{Tij}} \prod_{k=1}^{18} z_{Tkij}^{\alpha_{Tkij}} \quad (\alpha_{Tij} + \sum_{k=1}^{18} \alpha_{Tkij} = 1) \quad (7)$$

$$WC_j \equiv \sum_{k=1}^{26} \theta_{kj} WG_{kj} \quad (8)$$

$$f_{vj}(L_{vj}, K_{vj}) \equiv A_{vj} L_{vj}^{\alpha_{vj}} K_{vj}^{(1-\alpha_{vj})} \quad (9)$$

$$f_{Tj}(L_{Tj}, K_{Tj}) \equiv A_{Tj} L_{Tj}^{\alpha_{Tj}} K_{Tj}^{(1-\alpha_{Tj})} \quad (10)$$

上式(1)~(10)の最適化問題から、生産量 X_j に伴う産業 j と自己除去活動 j の中間投入、労働、資本の派生需要関数、およびバージン・再(生)利用合成財価格を得る。

$$x_{ij}^V = a_{ij}^V X_j \quad (11)$$

$$x_{vij} = x_{ij}^V \frac{\alpha_{vij}}{p_{vi}} \left[\frac{p_{vi}}{\alpha_{vij}} \right]^{\alpha_{vij}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{vlij}} \right]^{\alpha_{vlij}} \quad (12)$$

$$z_{vkij} = x_{ij}^V \frac{\alpha_{vkij}}{p_{Rk}} \left[\frac{p_{vi}}{\alpha_{vij}} \right]^{\alpha_{vij}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{vlij}} \right]^{\alpha_{vlij}} \quad (13)$$

$$L_{vj} = \left[\frac{a_{vj} r}{(1-\alpha_{vj}) w} \right]^{1-\alpha_{vj}} \frac{a_{V0j} X_j}{A_{vj}} \quad (14)$$

$$K_{vj} = \left[\frac{(1-\alpha_{vj}) w}{a_{vj} r} \right]^{\alpha_{vj}} \frac{a_{V0j} X_j}{A_{vj}} \quad (15)$$

$$x_{Tij} = a_{ij}^T WT_j \quad (16)$$

$$x_{Tij} = x_{ij}^T \frac{\alpha_{Tij}}{p_{vi}} \left[\frac{p_{vi}}{\alpha_{Tij}} \right]^{\alpha_{Tij}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Tlij}} \right]^{\alpha_{Tlij}} \quad (17)$$

$$z_{Tkij} = x_{ij}^T \frac{\alpha_{Tkij}}{p_{Rk}} \left[\frac{p_{vi}}{\alpha_{Tij}} \right]^{\alpha_{Tij}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Tlij}} \right]^{\alpha_{Tlij}} \quad (18)$$

$$L_{Tj} = \left[\frac{\alpha_{Tj} r}{(1-\alpha_{Tj}) w} \right]^{1-\alpha_{Tj}} \frac{a_{T0j} WT_j}{A_{Tj}} \quad (19)$$

$$K_{Tj} = \left[\frac{(1-\alpha_{Tj}) w}{\alpha_{Tj} r} \right]^{\alpha_{Tj}} \frac{a_{T0j} WT_j}{A_{Tj}} \quad (20)$$

$$p_{ij}^V = \left[\frac{p_{vi}}{\alpha_{vij}} \right]^{\alpha_{vij}} \prod_{k=1}^{18} \left[\frac{p_{Rk}}{\alpha_{vki}} \right]^{\alpha_{vki}} \quad (21)$$

$$p_{ij}^T = \left[\frac{p_{vi}}{\alpha_{Tij}} \right]^{\alpha_{Tij}} \prod_{k=1}^{18} \left[\frac{p_{Rk}}{\alpha_{Tki}} \right]^{\alpha_{Tki}} \quad (22)$$

さらに完全競争下における長期均衡の仮定から以下のゼロ利潤条件が成立し、供給関数が導出される。

$$p_{vj} X_j = \sum_{i=1}^{34} p_{vi} x_{vij} + \sum_{i=1}^{34} \sum_{k=1}^{18} p_{Rk} z_{vkij} + (1+tp_{vj})[w \cdot L_{vj} + r \cdot K_{vj}] + \sum_{i=1}^{34} p_{vi} x_{Tij} \quad (23)$$

$$+ \sum_{i=1}^{34} \sum_{k=1}^{18} p_{Rk} z_{Tkij} + (1+tp_{Tj})[w \cdot L_{Tj} + r \cdot K_{Tj}] + q_c WC_j$$

また廃棄物の自己除去に関する制約条件(6)に対応する *Lagrange* 乗数から、自己除去サービス内部価格 q_j を以下のように求めることができる。

$$q_j = \sum_{i=1}^{34} p_{vi} a_{Tij} + \sum_{i=1}^{34} \sum_{k=1}^{18} p_{Rk} c_{Tkij} + w \cdot l_{Tj} + r \cdot k_{Tj} \quad (24)$$

$$a_{Tij} \equiv \partial x_{Tij} / \partial WT_j, \quad c_{Tkij} \equiv \partial z_{Tkij} / \partial WT_j \quad (25)$$

$$l_{Tj} \equiv \partial L_{Tj} / \partial WT_j, \quad k_{Tj} \equiv \partial K_{Tj} / \partial WT_j \quad (26)$$

(3) 委託除去活動

委託除去活動については、産業、家計の双方に対して

処理・処分を行っているのが現状であるため、家計廃棄物については再(生)利用されないものを委託除去し、産業については自己除去および再(生)利用されない廃棄物が委託除去されるものとしている。

この活動の技術は自己除去活動と同じタイプとするが、その行動は企業的とし、処理すべき産業・家計廃棄物が与えられたもとで費用最小化行動となる。

$$\min \sum_{i=1}^{34} p_i^C x_i^C + (1+tp_C)(w \cdot L_C + r \cdot K_C) \quad (27)$$

with respect to x_i^C, L_C, K_C

subject to

$$WC \equiv \sum_{j=1}^{34} \sum_{k=1}^{26} \theta_{kj} WG_{kj} + (1 - \sum_{k=1}^{26} \mu_k) WH \quad (28)$$

$$WC = \min \left\{ \frac{1}{a_{C0}} f_C(L_C, K_C), \frac{x_1^C}{a_1^C}, \dots, \frac{x_{34}^C}{a_{34}^C} \right\} \quad (29)$$

$$f_C(L_C, K_C) \equiv A_C L_C^{\alpha_C} K_C^{(1-\alpha_C)} \quad (30)$$

$$x_i^C \equiv x_{Ci}^{\alpha_{Ci}} \prod_{k=1}^{18} z_{Cki}^{\alpha_{Cki}} \quad (\alpha_{Ci} + \sum_{k=1}^{18} \alpha_{Cki} = 1) \quad (31)$$

以上から委託除去活動に伴う派生的中間需要、労働需要、資本需要、バージン・再(生)利用合成財価格を求めることができる。

$$x_i^C = a_i^C WC \quad (32)$$

$$x_{Ci} = x_i^C \frac{\alpha_{Ci}}{p_{Vi}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Ci}} \right]^{\alpha_{Ci}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Cli}} \right]^{\alpha_{Cli}} \quad (33)$$

$$z_{Cki} = x_i^C \frac{\alpha_{Cki}}{p_{Rk}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Ci}} \right]^{\alpha_{Ci}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Cli}} \right]^{\alpha_{Cli}} \quad (34)$$

$$L_C = \left[\frac{\alpha_C r}{(1-\alpha_C)w} \right]^{1-\alpha_C} \frac{a_{C0} WC}{A_C} \quad (35)$$

$$K_C = \left[\frac{(1-\alpha_C)w}{\alpha_C r} \right]^{\alpha_C} \frac{a_{C0} WC}{A_C} \quad (36)$$

$$p_i^C = \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Ci}} \right]^{\alpha_{Ci}} \prod_{k=1}^{18} \left[\frac{p_{Rk}}{\alpha_{Cki}} \right]^{\alpha_{Cki}} \quad (37)$$

委託除去活動についても、均衡状態において以下のゼロ利潤条件が成立し、供給関数が導かれる。

$$q_C WC = \sum_{i=1}^{34} p_{Vi} x_{Ci} + \sum_{i=1}^{34} \sum_{k=1}^{18} p_{Rk} z_{Cki} + (1+tp_C)[w \cdot L_C + r \cdot K_C] \quad (38)$$

(4) 再(生)利用活動

再(生)利用活動は産業・家計で発生する廃棄物の一部を処理し、再(生)利用財の供給を行う。処理される廃棄物は無償で産業・家計から購入されると仮定するが、その数量は再(生)利用財供給量に技術的な制約を与える。

この活動は企業的行動を取るものとし、再(生)利用財価格を与件とし、利潤最大化行動を仮定する。技術は1次同次とするため、再(生)利用財供給を与件とする時、費用最小化行動となる。

$$\min \sum_{i=1}^{34} p_{ij}^R x_{ij}^R + (1+tp_{Rj})(w \cdot L_{Rj} + r \cdot K_{Rj}) \quad (39)$$

with respect to $x_{ij}^R, L_{Rj}, K_{Rj} \quad (j=1, \dots, 18)$

subject to

$$Z_j = \min \left\{ \frac{1}{a_{R0j}} f_R(L_{Rj}, K_{Rj}), \frac{x_{1j}^R}{a_{1j}^R}, \dots, \frac{x_{34j}^R}{a_{34j}^R}, \frac{WZ_j}{a_{Zj}^R} \right\} \quad (40)$$

$$WR_k \equiv \sum_{j=1}^{34} \xi_{kj} \zeta_{kj} X_j + \mu_k \cdot \kappa \cdot CC \quad (41)$$

$$WZ_j \equiv \sum_{k=1}^{26} \phi_{jk} WR_k \quad (42)$$

$$f_R(L_{Rj}, K_{Rj}) \equiv A_{Rj} L_{Rj}^{\alpha_{Rj}} K_{Rj}^{(1-\alpha_{Rj})} \quad (43)$$

$$x_{ij}^R \equiv x_{Rij}^{\alpha_{Rij}} \prod_{k=1}^{26} z_{Rkij}^{\alpha_{Rkij}} \quad (\alpha_{Rij} + \sum_{k=1}^{26} \alpha_{Rkij} = 1) \quad (44)$$

これより再(生)利用財供給 Z_j に必要な中間財、労働、資本、廃棄物量の投入量、およびバージン・再(生)利用合成財価格が求まる。さらに式(52)のゼロ利潤条件が成立し、再(生)利用活動の供給関数が定義される。

$$x_{ij}^R = a_{ij}^R Z_j \quad (45)$$

$$x_{Rij} = x_{ij}^R \frac{\alpha_{Rij}}{p_{Vi}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Rij}} \right]^{\alpha_{Rij}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Rlij}} \right]^{\alpha_{Rlij}} \quad (46)$$

$$z_{Rkij} = x_{ij}^R \frac{\alpha_{Rkij}}{p_{Rk}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Rij}} \right]^{\alpha_{Rij}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Rlij}} \right]^{\alpha_{Rlij}} \quad (47)$$

$$L_{Rj} = \left[\frac{a_{Rj} r}{(1-\alpha_{Rj})w} \right]^{1-\alpha_{Rj}} \frac{a_{R0j} Z_j}{A_{Rj}} \quad (48)$$

$$K_{Rj} = \left[\frac{(1-\alpha_{Rj})w}{a_{Rj} r} \right]^{\alpha_{Rj}} \frac{a_{R0j} Z_j}{A_{Rj}} \quad (49)$$

$$WZ_j = a_{Zj}^R Z_j \quad (50)$$

$$p_{ij}^R = \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Rij}} \right]^{\alpha_{Rij}} \prod_{k=1}^{26} \left[\frac{p_{Rk}}{\alpha_{Rkij}} \right]^{\alpha_{Rkij}} \quad (51)$$

$$p_{Rj} Z_j = \sum_{i=1}^{34} p_{Vi} x_{Rij} + \sum_{i=1}^{34} \sum_{k=1}^{26} p_{Rk} z_{Rkij} + (1+tp_{Rj})[w \cdot L_{Rj} + r \cdot K_{Rj}] \quad (52)$$

なお再(生)利用財供給から見た廃棄物処理量(50)は、廃棄物発生面から見た処理量(42)と均衡する必要があるが、この点は後に触れる。

(5) 家計

家計は同質とし、人口変化も考えないため、集計化さ

れた1つの家計を想定する。家計は現在消費と余暇との消費合成財である現在財と、貯蓄による将来財に関してCES型効用関数を持つとし、予算制約のもとで効用を最大化する現在財と将来財を選択する。

その後、現在財は消費合成財消費と余暇需要(労働供給)に分解され、さらにバージン財/再(生)利用財消費に分解される。

家計行動については、再(生)利用財消費を除いて既存研究³⁾と同じであるため、以下では説明を簡略化して行う。家計行動は以下のように定式化される。

$$\max_{G,H} u(G,H) \equiv \{\alpha^{1/v_1} G^{(v_1-1)/v_1} + (1-\alpha)^{1/v_1} H^{(v_1-1)/v_1}\}^{v_1/(v_1-1)} \quad (53)$$

subject to

$$p_G \cdot G + p_H \cdot H = (1-ty)FI - TrHO - SH \quad (54)$$

$$FI \equiv (1-l_o)w \cdot E + LI + (1-k_o)(1-k_r)r \cdot KS + KI + TrGH + TrOH \quad (55)$$

この効用最大化問題を解くことにより、現在財需要関数、将来財需要関数、貯蓄を得る。

$$G = \frac{\alpha[(1-ty)FI - TrHO]}{p_G^{v_1} \cdot \Delta} \quad (56)$$

$$H = \frac{(1-\alpha)[(1-ty)FI - TrHO]}{p_H^{v_1} \cdot \Delta} \quad (57)$$

$$S = p_H H / p_s \quad (58)$$

$$\Delta \equiv \alpha p_G^{1-v_1} + (1-\alpha)p_H^{1-v_1} \quad (59)$$

次に式(53)の現在財需要から、以下の最適化問題を解き、消費合成財需要と余暇需要が求まる。

$$\max_{CC,F} G \equiv \{\beta^{1/v_2} CC^{(v_2-1)/v_2} + (1-\beta)^{1/v_2} F^{(v_2-1)/v_2}\}^{v_2/(v_2-1)} \quad (60)$$

subject to

$$p \cdot CC + (1-ty)(1-l_o)w \cdot F = (1-ty)FI - TrHO - SH \quad (61)$$

$$SH \equiv P_S \cdot S \quad (62)$$

これより消費合成財需要関数、余暇需要関数、労働供給関数を得る。

$$CC = \frac{\beta[(1-ty)FI - TrHO - SH]}{p^{v_2} \cdot \Omega} \quad (63)$$

$$F = \frac{(1-\beta)[(1-ty)FI - TrHO]}{[(1-ty)(1-l_o)w]^{v_2} \cdot \Omega} \quad (64)$$

$$LS = E - F \quad (65)$$

$$\Omega \equiv \beta p^{(1-v_2)} + (1-\beta)[(1-ty)(1-l_o)w]^{1-v_2} \quad (66)$$

この消費合成財と余暇需要を式(60)に代入し、現在財を間接効用値として求めることにより、現在財の価格が以下のように求まる。

$$p_G = \{\beta p^{1-v_2} + (1-\beta)[(1-ty)(1-l_o)w]^{1-v_2}\}^{1/(v_2-1)} \quad (67)$$

さらに消費合成財消費は所得、余暇需要が与えられたもとで、財別消費に関するCobb-Douglas型効用関数の最

大化を通じて、財別消費に分解される。

$$\max CC \equiv \prod_{i=1}^{34} C_i^{C\gamma_i} \quad (\sum_{i=1}^{34} \gamma_i = 1) \quad (68)$$

subject to

$$\sum_{i=1}^{34} p_i^D \cdot C_i^C = (1-ty)Y - TrHO - SH \quad (69)$$

$$Y \equiv (1-l_o)w \cdot LS + LI + (1-k_o)(1-k_r)r \cdot KS + KI + TrGH + TrOH \quad (70)$$

これより財別消費需要関数、消費合成財価格を得る。

$$C_i^C = \frac{\gamma_i}{p_i^D} [(1-ty)Y - TrHO - SH], \quad p = \prod_{i=1}^{34} \left[\frac{p_i^D}{\gamma_i} \right]^{\gamma_i} \quad (71)$$

最後に、財別消費は以下の最適化問題を通じて、バージン財、再(生)利用財に分解され、合成財価格も求まる。

$$\max C_i^C \equiv C_i^{\alpha_i} \prod_{k=1}^{18} Z_{Cki}^{\alpha_{ki}} \quad (\alpha_i + \sum_{k=1}^{18} \alpha_{ki} = 1) \quad (72)$$

subject to

$$p_i^D C_i^C = p_{Vi} C_i + \sum_{k=1}^{18} p_{Rk} Z_{Cki} \quad (73)$$

これより、

$$C_i = C_i^C \frac{\alpha_i}{p_{Vi}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_i} \right]^{\alpha_i} \prod_{k=1}^{18} \left[\frac{p_{Rk}}{\alpha_{ki}} \right]^{\alpha_{ki}} \quad (74)$$

$$Z_{Cki} = C_i^C \frac{\alpha_{ki}}{p_{Rk}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_i} \right]^{\alpha_i} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{li}} \right]^{\alpha_{li}} \quad (75)$$

$$p_i^D = \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_i} \right]^{\alpha_{ij}} \prod_{k=1}^{18} \left[\frac{p_{Rk}}{\alpha_{ki}} \right]^{\alpha_{kij}} \quad (76)$$

(6) 政府、県外部門、貯蓄—投資バランス

これらについては、予算制約条件のみを仮定し、以下のように定式化する。

政府予算制約条件

$$\begin{aligned} & ty \cdot Y + \sum_{j=1}^{34} tp_{Vj} (w \cdot L_{Vj} + r \cdot K_{Vj}) \\ & + \sum_{k=1}^{18} tp_{Rk} (w \cdot L_{Rk} + r \cdot K_{Rk}) + \sum_{j=1}^{34} tp_{Tj} (w \cdot L_{Tj} + r \cdot K_{Tj}) \\ & + tp_C (w \cdot L_C + r \cdot K_C) + TrOG \\ & = \sum_{i=1}^{34} p_{Vi} \cdot CG_i + \sum_{k=1}^{18} p_{Rk} \cdot Z_{Gk} + TrGH + WTC + TrGO + SG \end{aligned} \quad (77)$$

$$WTC \equiv q_C \sum_{k=1}^{26} (1-\mu_k) WH \quad (78)$$

県外部門予算制約条件

$$\sum_{i=1}^{34} p_i \cdot EM_i + TrHO + TrGO + KIO + LIO \quad (79)$$

$$\begin{aligned} & = \sum_{i=1}^{34} p_i \cdot EX_i + TrOH + TrOG + KI + LI + SO \\ & LIO \equiv l_o \cdot w \cdot LS, \quad KIO \equiv k_o \cdot r \cdot KS \end{aligned} \quad (80)$$

貯蓄－投資バランス

$$SH + SG + SO + \sum_{j=1}^{34} DR_{Vj} + \sum_{k=1}^{18} DR_{Rk} + \sum_{j=1}^{34} DR_{Tj} + DR_C \quad (81)$$

$$= \sum_{i=1}^{34} p_{Vi} \cdot I_i + \sum_{k=1}^{18} p_{Rk} \cdot Z_{ik}$$

以上で、政府名目消費総額、政府から家計への経常移転、政府から県外への経常移転は歳入総額に比例的とする。政府消費におけるバージン・再(生)利用財構成比は、名目値で固定的とし、投資については実質値で固定的とする。

また、県外への移輸出は実質値を外生的に固定し、移輸入は県内需要に比例するものと定式化している。さらに物質循環を対象地域のみで考えるため、移輸出入はバージン財のみと仮定する。

(7)供給関数

産業、再(生)利用活動、委託除去活動のゼロ利潤条件式をそれぞれの供給量で微分することにより、それぞれの供給関数が導出される。さらにそれらを行列形式で表現すれば、式(79)となる。

$$\begin{bmatrix} p_{V1} \\ \vdots \\ p_{V34} \\ p_{R1} \\ \vdots \\ p_{R18} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{V11} & \dots & a_{V341} & c_{V11} & \dots & c_{V181} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{V134} & \dots & a_{V3434} & c_{V134} & \dots & c_{V1834} \\ b_{R11} & \dots & b_{R341} & d_{R11} & \dots & d_{R181} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{R118} & \dots & b_{R3418} & d_{R118} & \dots & d_{R1818} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{V1} \\ \vdots \\ p_{V34} \\ p_{R1} \\ \vdots \\ p_{R18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^{26} \eta_{k15} \zeta_{k1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sum_{k=1}^{26} \eta_{k345} \zeta_{k34} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{T11} & \dots & a_{T341} & c_{T11} & \dots & c_{T181} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{T134} & \dots & a_{T3434} & c_{T134} & \dots & c_{T1834} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{V1} \\ \vdots \\ p_{V34} \\ p_{R1} \\ \vdots \\ p_{R18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sum_{k=1}^{26} \theta_{k15} \zeta_{k1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sum_{k=1}^{26} \theta_{k345} \zeta_{k34} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a'_{C1} & \dots & a_{C35} & c_{C1} & \dots & c_{C18} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{C1} & \dots & a_{C35} & c_{C1} & \dots & c_{C18} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{V1} \\ \vdots \\ p_{V34} \\ p_{R1} \\ \vdots \\ p_{R18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (1+tp_{V1})(w \cdot l_{V1} + r \cdot k_{V1}) + (1+tp_{T1})(w \cdot l_{T1} + r \cdot k_{T1}) + (1+tp_C)(w \cdot l_C + r \cdot k_C) \\ \vdots \\ (1+tp_{V34})(w \cdot l_{V34} + r \cdot k_{V34}) + (1+tp_{T34})(w \cdot l_{T34} + r \cdot k_{T34}) + (1+tp_C)(w \cdot l_C + r \cdot k_C) \\ (1+tp_{R1})(w \cdot l_{R1} + r \cdot k_{R1}) \\ \vdots \\ (1+tp_{R18})(w \cdot l_{R18} + r \cdot k_{R18}) \end{bmatrix} \quad (82)$$

$$a_{Vij} \equiv \frac{\partial x_{Vij}}{\partial X_j} = \frac{\alpha_{Vij}}{p_{Vi}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Vij}} \right]^{\alpha_{Vij}} \prod_{k=1}^{18} \left[\frac{p_{Rk}}{\alpha_{Vkj}} \right]^{\alpha_{Vkj}} a_{ij}^V \quad (83)$$

$$b_{Rij} \equiv \frac{\partial x_{Rij}}{\partial X_j} = \frac{\alpha_{Rij}}{p_{Vi}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Rij}} \right]^{\alpha_{Rij}} \prod_{k=1}^{18} \left[\frac{p_{Rk}}{\alpha_{Rkj}} \right]^{\alpha_{Rkj}} a_{ij}^R \quad (84)$$

$$c_{Vkj} \equiv \frac{\partial z_{Vkj}}{\partial X_j} = \sum_{i=1}^{34} \frac{\alpha_{Vkj}}{p_{Rk}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Vij}} \right]^{\alpha_{Vij}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Vlj}} \right]^{\alpha_{Vlj}} a_{ij}^V \quad (85)$$

$$d_{Rkj} \equiv \frac{\partial z_{Rkj}}{\partial Z_j} = \sum_{i=1}^{34} \frac{\alpha_{Rkj}}{p_{Rk}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Rij}} \right]^{\alpha_{Rij}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Rlj}} \right]^{\alpha_{Rlj}} a_{ij}^R \quad (86)$$

$$a_{Tij} \equiv \frac{\partial x_{Tij}}{\partial WT_j} = \frac{\alpha_{Tij}}{p_{Vi}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Tij}} \right]^{\alpha_{Tij}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Tlj}} \right]^{\alpha_{Tlj}} a_{ij}^T \quad (87)$$

$$c_{Tkj} \equiv \sum_{i=1}^{34} \frac{\partial z_{Tkij}}{\partial WT_j} = \sum_{i=1}^{34} \frac{\alpha_{Tkij}}{p_{Rk}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Tij}} \right]^{\alpha_{Vij}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Tlj}} \right]^{\alpha_{Tlj}} a_{ij}^T \quad (88)$$

$$a_{Ci} \equiv \frac{\partial x_{Ci}}{\partial WC} = \frac{\alpha_{Ci}}{p_{Vi}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Ci}} \right]^{\alpha_{Ci}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Cli}} \right]^{\alpha_{Cli}} a_i^C \quad (89)$$

$$c_{Ck} \equiv \sum_{i=1}^{34} \frac{\partial z_{Cki}}{\partial WC} = \sum_{i=1}^{34} \frac{\alpha_{Cki}}{p_{Rk}} \left[\frac{p_{Vi}}{\alpha_{Ci}} \right]^{\alpha_{Ci}} \prod_{l=1}^{18} \left[\frac{p_{Rl}}{\alpha_{Cli}} \right]^{\alpha_{Cli}} a_i^C \quad (90)$$

$$l_{Vj} \equiv \partial L_{Vj} / \partial X_j, \quad k_{Vj} \equiv \partial K_{Vj} / \partial X_j \quad (91)$$

$$l_{Tj} \equiv \partial L_{Tj} / \partial WT_j, \quad k_{Tj} \equiv \partial K_{Tj} / \partial WT_j \quad (92)$$

$$l_C \equiv \partial L_C / \partial WC, \quad k_C \equiv \partial K_C / \partial WC \quad (93)$$

$$l_{Rj} \equiv \partial L_{Rj} / \partial Z_j, \quad k_{Rj} \equiv \partial K_{Rj} / \partial Z_j \quad (94)$$

また委託除去活動については、

$$q_C = \sum_{i=1}^{34} p_{Vi} a_{Ci} + \sum_{k=1}^{18} p_{Rk} c_{Ck} + (1+tp_C)[w \cdot L_C + r \cdot K_C] \quad (95)$$

によって供給関数が与えられる。

これより式(82)、式(95)を満たす価格体系が与えられる時、各需要量が決定され、その水準が産業、再(生)利用活動、委託除去活動の供給必要量となる。

4. 均衡条件

以上に述べたバージン・再(生)利用財需要・供給関数、廃棄物の発生・再(生)利用・除去をまとめ、本研究の均衡条件を得る。

バージン・再(生)利用財市場

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_{34} \\ Z_1 \\ \vdots \\ Z_{18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} EM_1 \\ \vdots \\ EM_{34} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{V11} & \dots & a_{V134} & b_{R11} & \dots & b_{R118} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{V341} & \dots & a_{V3434} & b_{R341} & \dots & b_{R3418} \\ c_{V11} & \dots & c_{V134} & d_{R11} & \dots & d_{R118} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{V181} & \dots & c_{V1834} & d_{R181} & \dots & d_{R1818} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_{34} \\ Z_1 \\ \vdots \\ Z_{18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{T11} & \dots & a_{T134} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{T341} & \dots & a_{T3434} & 0 & \dots & 0 \\ c_{T11} & \dots & c_{T134} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{T181} & \dots & c_{T1834} & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_{34} \\ Z_1 \\ \vdots \\ Z_{18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{C1} & \dots & a_{C1} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{C35} & \dots & a_{C35} & 0 & \dots & 0 \\ c_{C1} & \dots & c_{C1} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{C18} & \dots & c_{C18} & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_{34} \\ Z_1 \\ \vdots \\ Z_{18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{C1} \\ \vdots \\ a_{C35} \\ c_{C1} \\ \vdots \\ c_{C18} \end{bmatrix} (1 - \sum_{k=1}^{26} \mu_k) \cdot \kappa \cdot CC + \begin{bmatrix} C_1 \\ \vdots \\ C_{34} \\ Z_{C1} \\ \vdots \\ Z_{C18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} CG_1 \\ \vdots \\ CG_{34} \\ Z_{G1} \\ \vdots \\ Z_{G18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_{34} \\ Z_{I1} \\ \vdots \\ Z_{I18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} EX_1 \\ \vdots \\ EX_{34} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (96)$$

廃棄物再(生)利用

$$Z_i = \sum_{k=1}^{26} \phi_{ik} \left(\sum_{j=1}^{34} \xi_{kj} \cdot \zeta_{kj} \cdot X_j + \mu_k \cdot CC \right) \quad (i=1, \dots, 18) \tag{97}$$

廃棄物自己除去

$$WT_j = \sum_{k=1}^{26} \eta_{kj} \cdot \zeta_{kj} \cdot X_j \quad (j=1, \dots, 34) \tag{98}$$

廃棄物委託除去

$$WC = \sum_{j=1}^{34} \sum_{k=1}^{26} \theta_{kj} \cdot \zeta_{kj} \cdot X_j + (1 - \sum_{k=1}^{26} \mu_k) \cdot \kappa \cdot CC \tag{99}$$

労働市場

$$LS = \sum_{j=1}^{34} L_{Vj} + \sum_{j=1}^{18} L_{Rj} + \sum_{j=1}^{34} L_{Tj} + L_C \tag{100}$$

資本市場

$$KS = \sum_{j=1}^{34} K_{Vj} + \sum_{j=1}^{18} K_{Rj} + \sum_{j=1}^{34} K_{Tj} + K_C \tag{101}$$

以上で財市場は需要に見合う形で供給がなされ、廃棄物除去は発生ベースの量を除去必要量として式(98)、式(99)が満たされる。しかし再(生)利用量については、需要サイドから式(96)によって Z_i が求まると同時に、式(97)による廃棄物発生ベースによる条件が加わる。

本研究では式(97)を需要ベースで調整する場合には、再(生)利用活動の純間接税率 tp_{Ri} を調整し、発生ベースで調整する場合には、再(生)利用率 ξ_{kj} 、 μ_k を調整して、均衡解を求めることとした。

さらに他の内生変数を全て解くためには、以上の均衡条件式だけでは不十分で、モデルの全ての式が必要となる。しかし、式(97)が満たされればワルラス法則：労働の超過需要価値額 + 資本の超過需要価値額 = 0 が成立する。これは労働市場、あるいは資本市場をクリアすれば、全ての均衡解が求まることを示している。

そこで、本研究では労働をニュメレール($w=1$)とし、資本市場をクリアする資本収益率を Newton-Raphson 法を用いて収束計算すると同時に、式(97)のギャップを純間接税率、もしくは再(生)利用率にフィードバックさせ、最終的な均衡解を求めている。

5. パラメータ設定

以上のモデルでは生産関数、再(生)利用活動、廃棄物除去活動、効用関数などのパラメータを設定する必要がある。生産関数、再(生)利用活動、廃棄物除去活動の技術パラメータは、生産技術を Leontief-Cobb-Douglas 型としているため、経済-物質循環会計行列をベンチマークデータセットとして容易に設定することができる⁴⁾。これらのパラメータ値は、その量が膨大となるため、ここでは省略する。

効用関数についても標準的な方法⁵⁾で設定しているため、設定方法は省略するが、パラメータ値は表4のように推定された。

次に廃棄物限界発生量、再(生)利用率、除去率などは、

表4 効用関数のパラメータ

消費区分	分配パラメータ
現在財	0.77824
将来財	0.22176
消費合成財	0.58506
余暇	0.41494
現在財と将来財との代替弾力性	1.11908
消費合成財と余暇の代替弾力性	1.07054

愛知県の廃棄物実態調査を用いて設定した。また廃棄物は数量ベースで用いているが、再(生)利用財は数量および金額ベースの両方を用いている。再(生)利用財価格は全国産業連関表物量表、愛知県の廃棄物処理費用データ⁶⁾、その他廃棄物関連文献⁷⁾などを参考に推計した。

6. シミュレーション分析

(1)シミュレーションケースの設定

均衡条件でも述べたように、本研究ではバージン財需給には最適化がなされ、それは目的的行动となる。一方、再(生)利用財供給は生産に伴う副産物と関係するため、目的적であるとは言えない。(図2参照)

これより、何らかの未利用物質対策がなされる時、バージン・再(生)利用財需給バランスが成立するためには、以下の条件が必要となる。

①再(生)利用財需要が変化するためには、再(生)利用率が変化しなければならない。

②再(生)利用財供給が変化するためには、再(生)利用財価格が変化しなければならない。

この条件に基づき、本研究では表5の6ケースをシミュレーションし、それらの比較を行う。なおケース1～3のパラメータ変更は表6に示されるが⁽³⁾、これらの値

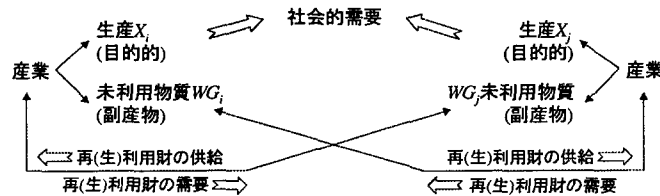


図2 シミュレーション分析の考え方

表5 シミュレーションケースの設定

ケース	ケースの内容
基本ケース	モデルの再現シミュレーション。
ケース1	産業、再(生)利用活動、除去活動のバージン・再(生)利用合成財中間投入の再(生)利用財分配パラメータを大きくし、再(生)利用財を需要面から拡大する。再(生)利用財需給バランスを取るために、廃棄物の再(生)利用率を内生化する。分配パラメータの拡大率は表6に示す。
ケース2	再(生)利用率を大きくし、再(生)利用財を供給面から拡大する。再(生)利用財需給バランスを取るために、再(生)利用活動に補助金を支出し、再(生)利用財価格を下げる。再(生)利用率の拡大率は表6に示す。
ケース3	ケース2と同じ内容であるが、政府予算を中立的にするため、追加的補助金と同額を直接税として家計に課す。
ケース4	全ての廃棄物の再(生)利用率を100%とする。この場合にも再(生)利用活動に補助金を支出する。
ケース5	ケース4と同じ内容であるが、政府予算を中立的にするため、追加的補助金と同額を直接税として家計に課す。

は政府や業界団体が当面の目標値⁸⁾としたものを参考として設定している。

(2)シミュレーション結果

以上の6ケースを比較した結果は、図2から図9となる⁽⁴⁾。これらの図は基準ケースを基準として、各ケースの変化率を示したものである。以下にシミュレーション結果を要約するが、金額はケース1での相対価格体系によるものである。

(a)ケース1

ケース1では再(生)利用財の分配パラメータを増加させ、需要面から再(生)利用財の促進を行ってはいるもの

の、その影響は極めて小さいものとなった。

産業産出量で見ると、マイナスの変化が大きいのはゴム、飲料・飼料の-0.1%、プラスチックの-0.04%などであり、マイナス変化を受けている産業はほとんどバージン財から再(生)利用財への代替を受けたものである。プラス効果を受けているのは、加工組立系産業や消費関連産業である。再(生)利用財利用の拡大が進むため、バージン・再(生)利用財価格は若干低下し、これが家計消費を拡大し、等価的偏差は約41億円となった。

また再(生)利用財で代替されるバージン財は、その移輸入量が減少している。

このケースでは再(生)利用率を増加させ、再(生)利用

表6 シミュレーションにおけるパラメータの設定

(単位:%)

再(生)利用財名	ケース1における分配パラメータの増加率	再(生)利用財名	ケース1における分配パラメータの増加率	廃棄物名	ケース2における再(生)利用率の変化率	廃棄物名	ケース2における再(生)利用率の変化率	廃棄物名	ケース2における再(生)利用率の変化率
建設再生財Ⅰ	3	再生化学肥料	40	燃え殻	30	廃プラスチック	20	ガラス・陶磁器くず	40
建設再生財Ⅱ	5	再生酸・アルカリ	20	有機性汚泥	40	廃タイヤ	10	鋳さい	3
建設再生財Ⅲ	10	再生油	10	無機性汚泥	40	シュレッダーダスト	0	コンクリート片	10
堆肥	10	再生プラスチック	20	一般廃油	10	紙くず	10	廃アスファルト	10
再生有機質肥料	40	再生タイヤ	20	廃溶剤	10	木くず	20	その他	10
再生有機質肥料・飼料	10	再生ゴム	10	固形油	10	繊維くず	20	ばいじん	10
再生繊維	20	再生ガラス、建設再生財Ⅳ	40	油でい	10	動・植物性残さ	10	家畜の糞尿	10
再生木材	20	再生鉄	1	廃酸	20	ゴムくず	(50)	その他産業廃棄物	—
再生パルプ・紙	10	再生非鉄金属	1	廃アルカリ	20	金属くず	0		

注:ゴムくずの再(生)利用率は0であるため、ケース2では50%に増加させている。

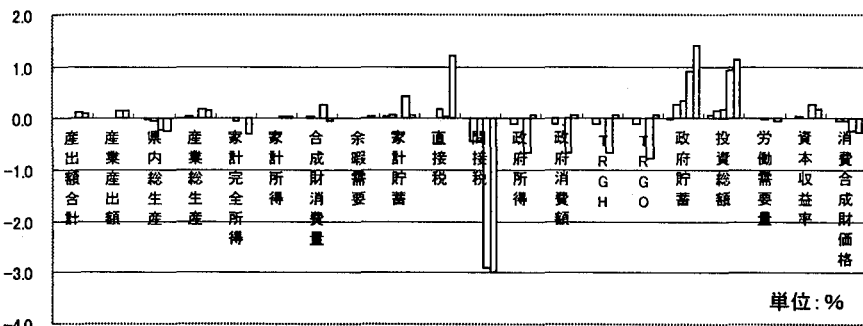


図3-1 主要変数の変化 (TRGH:政府から家計への経常移転 TRGO:政府から県外への経常移転)

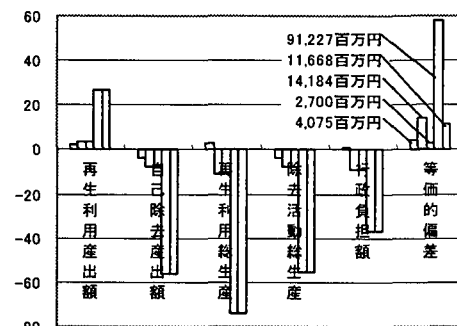


図3-2 主要変数の変化 単位:%

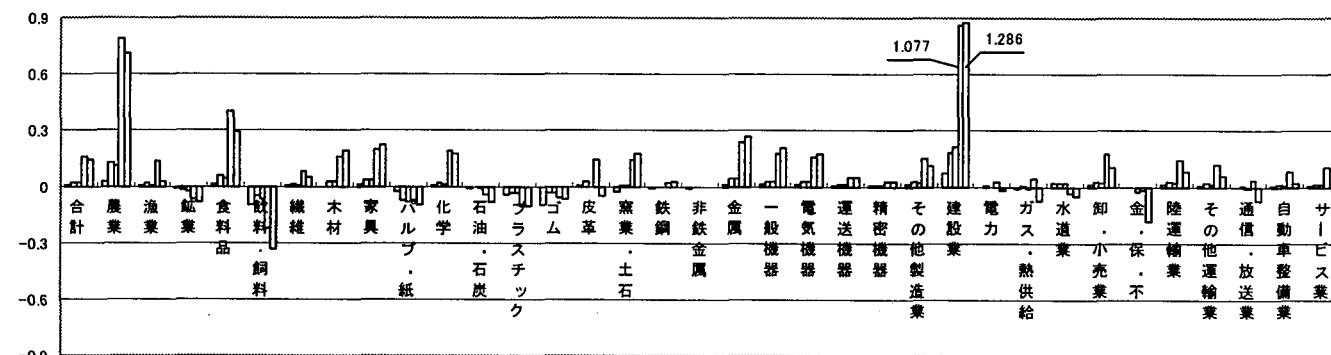


図4 産業産出量の変化

単位:%

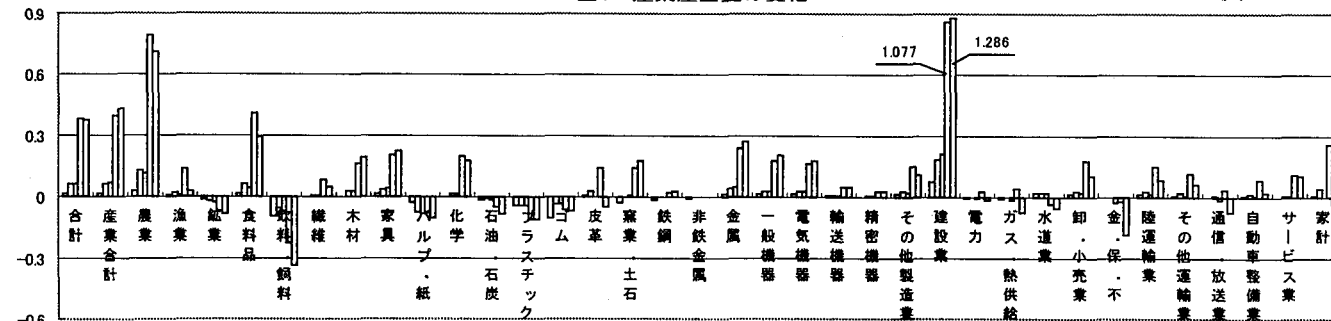


図5 廃棄物発生量の変化

単位:%

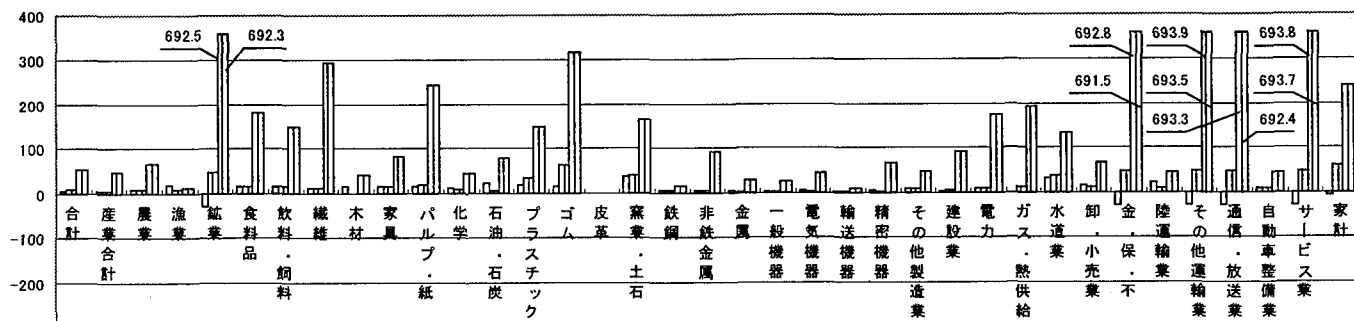


図6 産業別廃棄物再(生)利用量の変化

単位: %

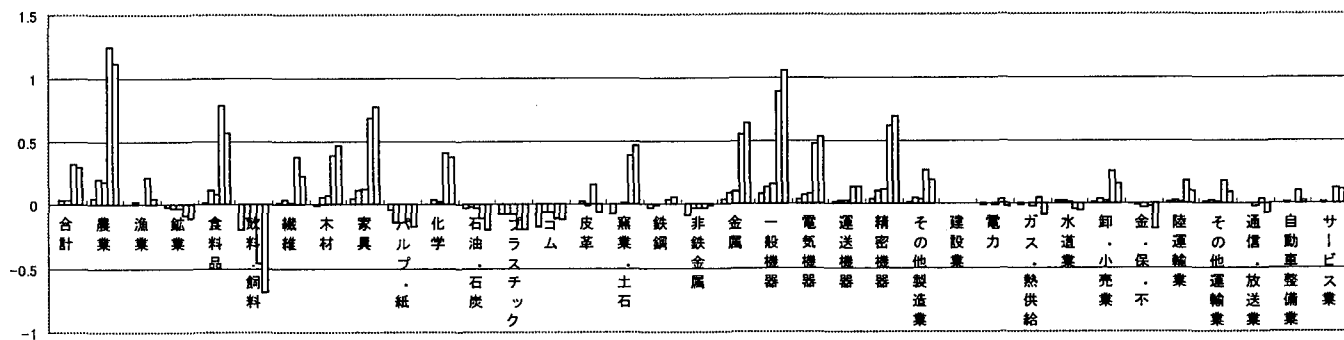


図7 財別移輸入量の変化

単位: %

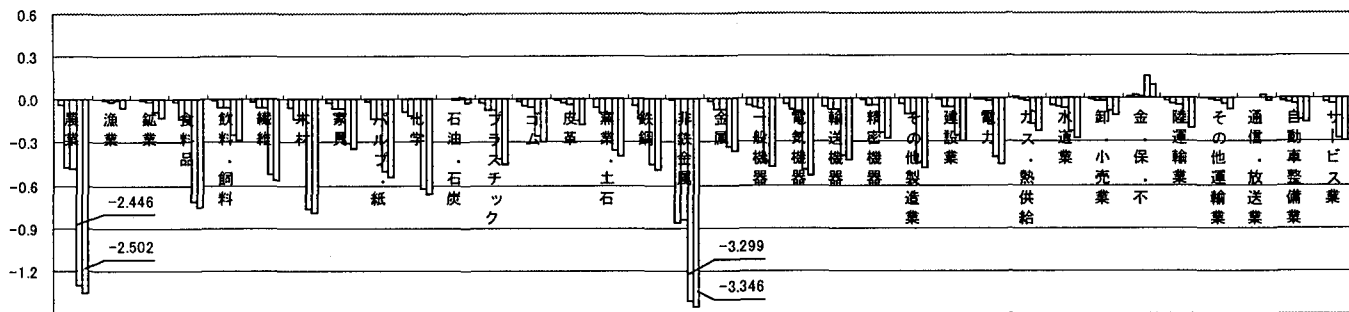


図8 バーজন財価格の変化

単位: %

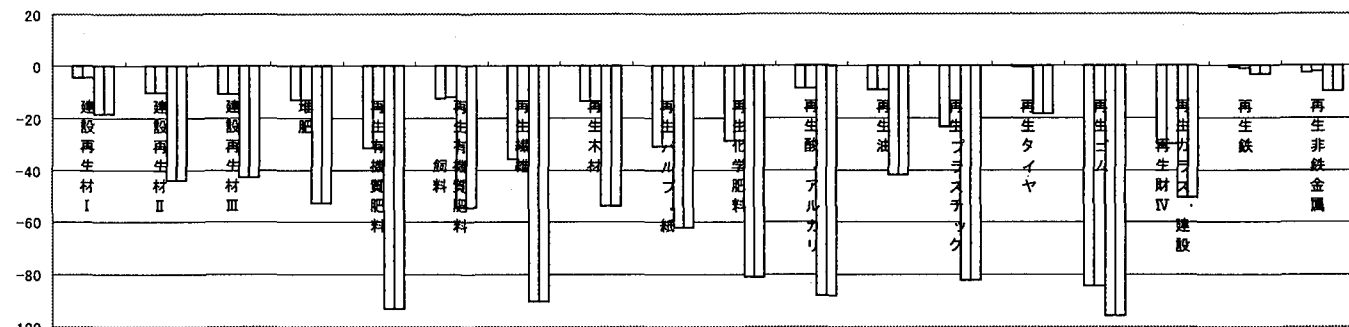


図9 再(生)利用財価格の変化

単位: %

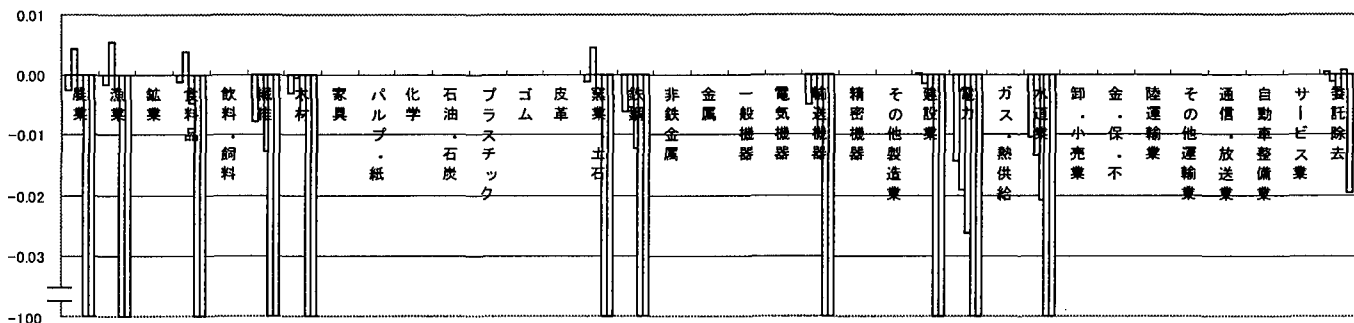


図10 廃棄物除去活動サービス価格の変化

単位: %

財の均衡を図るため、政府補助金を支出させている。再(生)利用率の増加があまり大きくないため、このケースの影響も僅かなものに留まっている。

しかし補助金の影響により再(生)利用財価格は大きく下がり、再生ゴム、再生有機肥料、再生パルプ・紙などは30%越える下落率であり、10%を越える価格下落の財も多い。これは現実的な再(生)利用拡大においても、大きな価格低下が必要であることを示している。

この補助金負担額は98億円と推計されたが、増税を考えていないため、そのまま政府歳入の減少となる。一方、家計廃棄物の再(生)利用が60%増加するため、政府による一般廃棄物処理費用が59億円節約され、政府貯蓄は47億円の増加となった。

移輸入量については再(生)利用財による代替効果を受ける財は減少しているが、価格下落による拡張効果、所得効果によって、総移輸入量は増加となった。

家計については価格下落の所得効果から消費と貯蓄を増加させ、等価的偏差は142億円となった。

(c)ケース3

このケースはケース2での補助金財源を家計の直接税とするものである。結果として、家計可処分所得の減少、政府所得、政府消費、政府貯蓄の増加という直接的影響のみが大きく、その波及的間接効果は小さなものに留まっている。家計消費減少の影響は等価的偏差を減少させているが、余暇需要、貯蓄の増加から27億円のプラスとなっている。

(d)ケース4

このケースは愛知県のゼロエミッション化を意図して、一般廃棄物の厨芥類を除いて、全ての廃棄物の再生利用率を100%としている。またケース2と同様に、再(生)利用活動に政府補助金を支出している。

ケースの前提条件から再(生)利用量が数倍となる廃棄物も多く、県経済への影響も大きなものとなっている。産業で見ると、再(生)利用代替で減少が大きいのは飲料・飼料の-0.2%、プラスチックの-0.1%、パルプ・紙の-0.08%、ゴムの-0.06%などがあげられる。逆に増加しているのは、建設業の1.1%、農業の0.8%、食料品の0.4%などが大きく、加工組立系産業も拡大しており、素材系から組立加工系への産業構造変化が現れている。

これに関連して、移輸入量も同様な変化をしているが、消費・投資の最終需要の変化を受けて、産業よりも大きな変化を見せている。

補助金により再(生)利用財価格は大きく下がり、再(生)利用促進の余地が少ない鉄・非鉄金属を除いて、18%~95%の下落幅となっている。

政府補助金の負担額は668億円となり、政府消費も130億円減少している。しかし一般廃棄物減少に伴う処理費用負担が239億円減少するため、政府貯蓄は逆に156億円増加する結果となった。

家計では価格下落による所得効果大きく、消費、貯蓄

とも拡大し、等価的偏差は912億円と推計された。

(e)ケース5

このケースはケース4の前提条件に加え、政府補助金負担を家計直接税に転嫁し、財政中立的としている。ケース3と同様に、このケースでの大きな影響は家計と政府が中心である。

家計は751億円の負担増加のため可処分所得が減少するが、財価格下落による所得効果もあり、合成財消費量は0.04%の減少に留まっている。

政府は税收増加に加え、一般廃棄物処理費用が240億円減るため、政府貯蓄が248億円増加するため、それが投資の増加に結びついている。

家計消費は減るものの、余暇および貯蓄が増加するため、等価的偏差は117億円となった⁽⁵⁾。

7. おわりに

本研究は廃棄物再(生)利用活動を明示化し、個別産業の廃棄物種類ごとに再(生)利用率、除去率を設定し、またデータの精度も可能な限り向上させ、筆者らの既存研究を大幅に改良したものである。

本研究では実際に地域ゼロエミッションを想定し、再(生)利用財価格面からその可能性をシミュレーションし、一般均衡効果を提示できたことは、従来にない新たな知見と考えられる。

一方で、実際の廃棄物問題は、その物質特性から見た再(生)利用可能性、再(生)利用過程の流通複雑性、既に我々の社会に長年蓄積している未利用物質の再(生)利用可能性など、本研究のモデル分析では捉えきれない、様々な困難性を我々に投げかけている。これらの困難性を一でも解決していくことが、今後の課題である。

なお本研究は特定領域研究(A)(1)(課題番号 09247104)、基盤研究(C)(2)(課題番号 09680547)、基盤研究(A)(1)(課題番号 09303001)の研究成果に基づいている。

補注

(1)もちろんより一般的に階層 CES 合成財などの方が望ましいが、データの制約が大きいため、Cobb-Douglas 合成財を用いている。

(2)モデルの記述では1つのバージン財と、18種類の再(生)利用財が合成されているが、実際には代替関係がある物質についてのみ合成を行っている。

(3)表6の分配パラメータ増加率は、Euler の恒等式を用いると、近似的に再(生)利用財需要増加率となることが分かる。この増加は社会的要請を受けた、企業の技術開発の結果によるものと想定している。また増加率は文献8)を参考に設定している。

(4)以下の廃棄物発生量は、再(生)利用される以前の量である。また結果は示していないが、廃棄物自己・委託除去量が未利用として処理・処分される量となる。

(5)本研究では基準データに純間接税が入っているため、価格体系は歪んでいる。そこに新たな補助金加わることで、等価的偏差が正になったものと解釈される。

参考文献

- 1)Capra, F. and Pauli, G. (赤池 学訳):ゼロエミッション, ダイヤモンド社, 1996
- 2)鈴木基之編:ゼロエミッションをめざした物質循環プロセスの構築, 文部省科学研究費特定領域研究平成11年度報告書, 2000
- 3)宮田 譲・彫 暁晋:物質循環を考慮した環境経済一般均

- 衡分析, 土木計画学研究・論文集 No.16, pp.419-430, 1999
- 4)宮田 譲:廃棄物対策の評価, 土木計画学ワンデーセミナー「応用一般均衡モデルの公共投資評価への適用」, シリーズ 15, pp.98-113, 1998
- 5)市岡 修:応用一般均衡分析, 有斐閣, 1991
- 6)(財)愛知臨界環境整備センター業務資料, 1997
- 7)東京ガス産業廃棄物問題研究会編:産業廃棄物処理ガイドブック, 電力新報社, 1998
- 8)環境庁リサイクル研究会編:リサイクル新時代, 中央法規, 1993

Appendix 変数記号表 (以下ではバージン財をV財, 再(生)利用財をR財と略記している。)

A_C : 委託除去活動生産関数の 効率パラメータ A_{Rj} : 再(生)利用活動 j 生産関数の 効率パラメータ A_{Tj} : 自己除去活動 j 生産関数の 効率パラメータ A_{Vj} : 産業生産関数 j の効率パラメータ a_{C0} : 委託除去活動の付加価値率 a_{R0j} : 再(生)利用活動 j の付加価値率 a_{T0j} : 自己除去活動 j の付加価値率 a_{V0j} : 産業 j の付加価値率 a^C_i : 委託除去活動のV財/R財合成財 中間投入係数 a^R_{ij} : 再(生)利用活動 j のV財/R財 合成財中間投入係数 a^R_{Zj} : 再(生)利用活動 j の廃棄物投入係数 a^T_{ij} : 自己除去活動 j のV財/R財合成財 中間投入係数 a^V_{ij} : 産業 j のV財/R財合成財 中間投入係数 C_i : 家計のV財 i 消費量 C^C_i : 家計のV財/R財合成財 i 消費量 CC : 家計の消費合成財消費量 CG_i : 政府のV財 i 消費量 DR_C : 委託除去活動の固定資本減耗額 DR_{Ri} : 再(生)利用活動の固定資本減耗額 DR_T : 自己除去活動の固定資本減耗額 DR_V : 産業の固定資本減耗額 E : 家計の労働時間初期賦存量 EM_i : V財 i 移輸入量 EX_i : V財 i 移輸出量 F : 余暇需要量 FI : 家計完全所得	G : 現在財消費量 H : 将来財消費量 I_i : V財 i 投資量 K_C : 委託除去活動の資本投入量 K_{Rj} : 再(生)利用活動 j の資本投入量 K_{Tj} : 自己除去活動 j の資本投入量 K_{Vj} : 産業 j の資本投入量 KI : 県外からの財産所得(外生値) KIO : 県外への財産所得の移転 k_o : 県外への財産所得移転率 KS : 家計の資本ストック初期賦存量 k_r : 資本ストックの固定資本減耗率 L_C : 委託除去活動の労働投入量 L_{Rj} : 再(生)利用活動 j の労働投入量 L_{Tj} : 自己除去活動 j の労働投入量 L_{Vj} : 産業 j の労働投入量 LI : 県外からの雇用者所得(外生値) LIO : 県外への雇用者所得の移転 l_o : 県外への雇用者所得率 LS : 家計の労働供給 p_{Rk} : 再(生)財 k 価格 p_V : バージン財 i 価格 p^C_i : 委託除去活動における中間投入 合成財 i 価格 p^D_i : 家計消費のV財/R財合成財 i 価格 p^R_{ij} : 再(生)利用活動 j の中間投入合成財 i 価格 p^T_{ij} : 自己除去活動 j の中間投入合成財 i 価格 p^V_{ij} : 産業 j の中間投入合成財 i 価格 p : 消費合成財価格 p_s : 貯蓄財価格 p_G : 現在財価格	p_H : 将来財価格 q_j : 自己除去サービス j 内部価格 q_C : 委託除去サービス価格 r : 資本収益率 r_s : 貯蓄の期待純収益率 S : 実質家計貯蓄 SG : 政府貯蓄額 SH : 家計貯蓄額 SO : 県外貯蓄額(=県民経常余剰) $TrGH$: 政府から家計への経常移転 $TrGO$: 政府から県外への経常移転 $TrHO$: 家計から県外への経常移転 $TrOG$: 県外から政府への経常移転(外生値) $TrOH$: 県外から家計への経常移転(外生値) tp_C : 委託除去活動の純間接税率 tp_{Rj} : 再(生)利用活動 j の純間接税率 tp_{Tj} : 自己除去活動 j の純間接税率 tp_{Vj} : 産業 j の純間接税率 ty : 家計の直接税率 w : 賃金率 WC : 廃棄物委託除去総量 WC_j : 産業 j 廃棄物委託除去量 WG_{kj} : 産業 j 廃棄物 k 発生量 WH : 家計廃棄物発生量 WR_{kj} : 産業 j 廃棄物 k 再(生)利用量 WT_j : 産業 j 廃棄物自己除去量 WTC : 家計廃棄物処理政府負担額 WZ_j : 再(生)利用活動 j の廃棄物投入量 X_j : 産業 j 産出量 x^C_i : 委託除去活動のV財/R財合成財 i 中間投入量
---	---	---

x_{ij}^R : 再(生)利用活動 j の V 財/R 財 合成財 i 中間投入量 x_{ij}^T : 自己除去活動 j の V 財/R 財合成財 i 中間投入量 x_{ij}^V : 産業 j の V 財/R 財合成財 i 中間投入量 x_{Ci} : 委託去活動の V 財 i 中間投入量 x_{Rij} : 再(生)利用活動 j の V 財 i 中間投入量 x_{Tij} : 自己除去活動 j の V 財 i 中間投入量 x_{Vij} : 産業 j の V 財 i 中間投入量 Y : 家計所得 Z_k : 再(生)利用財 k Z_{Cki} : 家計の R 財 k 消費量 Z_{Gk} : 政府の R 財 k 消費量 Z_{Rk} : R 財 k 投資量 z_{Ckj} : 委託除去活動における再(生)利用財 k の中間投入量 z_{Rkij} : 再(生)利用活動 j の 再(生)利用財 k の中間投入量 z_{Tkij} : 自己除去活動 j の再(生)利用財 k の 中間投入量 z_{Vkj} : 産業 j の再(生)利用財 k の中間投入量	α : 効用関数分配パラメータ α_i : 消費合成財の V 財 i 分配パラメータ α_{ki} : 消費合成財の R 財 k 分配パラメータ α_C : 委託除去活動生産関数 労働分配パラメータ α_{Ci} : 委託除去活動中間投入合成財 i の V 財分配パラメータ α_{Cki} : 委託除去活動中間投入合成財 i の R 財 k 分配パラメータ α_{Rj} : 再(生)利用活動 j の生産関数 労働分配パラメータ α_{Rij} : 再(生)利用活動 j の中間投入 合成財 i の V 財分配パラメータ α_{Rkij} : 再(生)利用活動 j の中間投入 合成財 i の R 財 k 分配パラメータ α_{Tj} : 自己除去活動 j の生産関数 労働分配パラメータ α_{Tij} : 自己除去活動 j の中間投入 合成財 i の V 財分配パラメータ α_{Tkij} : 自己除去活動 j の中間投入合成財 i の R 財 k 分配パラメータ α_{Vj} : 産業 j の生産関数 労働分配パラメータ	α_{Vij} : 産業 j の中間投入合成財 i の V 財 分配パラメータ α_{Vkij} : 産業 j の中間投入合成財 i の R 財 k 分配パラメータ β : 効用関数分配パラメータ γ_i : 効用関数 V 財/R 財合成財 i の 分配パラメータ δ : 生産財で測った資本とサービス単位 で測った資本との比率 ξ_{kj} : 産業 j 廃棄物 k の限界発生量 η_{kj} : 産業 j 廃棄物 k の自己除去率 θ_{kj} : 産業 j 廃棄物 k の委託除去率 κ : 家計廃棄物限界発生量 μ_k : 家計廃棄物 k の再(生)利用率 ν_1 : 現在財と将来財との代替弾力性 ν_2 : 消費合成財と余暇との代替弾力性 ξ_{kj} : 産業 j 廃棄物 k の再(生)利用率 ϕ_{jk} : 廃棄物 k の再(生)利用活動 j への 投入率
---	---	---

地域ゼロエミッションの可能性とその評価*

宮田 譲**・厩 暁晋***

本研究は愛知県を対象とした、筆者らの経済-物質循環システムに関する既存研究を大幅に拡張したものである。具体的には、既存の経済-物質循環 CGE モデルにおいて、バージン財と再(生)利用財を差別化し、再(生)利用活動を明示化するとともに、用いているデータも可能な限りその精度の向上を図った。新たなモデルを用いて愛知県のゼロエミッション化のシミュレーション分析を行った。その結果、再(生)利用財価格は18%から95%下落しなければ、100%の再(生)利用は実現できないことが判明した。またその一般均衡効果として、産業構造は再(生)利用財に代替される素材系産業が縮小し、財価格下落に伴う代替効果から農業や食料品産業が拡大し、また需要構造変化によって加工組立系産業、第3次産業なども拡大することが確認された。

The Zero Emissions Oriented Region – Its Possibility and Economic Evaluation* -

By Yuzuru MIYATA**, Xiaojin PANG***

This article aims to significantly extend the authors' previous study that deals with the interaction between material circulation and economic activities in Aichi Prefecture, Japan. Considerably differing from the previous study, virgin and recycled goods are discriminated, recycling activities are internalized, and used data are reestimated for improving the data reliability in this paper. Applying the new model, some simulation analyses are implemented in order to examine the economic possibility of zero emissions oriented society in Aichi Prefecture. From the simulation results, one can see that prices of recycled goods should fall by 18% to 95% so as to realize the 100% of recycling. Moreover, as significant general equilibrium effects, the following results are pointed out. Economic activities of raw material producing industries are reduced being substituted by recycling activities, agricultural and food processing industries expand due to the substitution effect of price down, and finally, machinery processing and the tertiary industries also grow due to a change of commodity demand structure.