

Title	結合生産体系における廃棄物再生部門：ひとつの恒常経済模型
Sub Title	Waste recycling sector in joint production system : a steady state economic model
Author	松波, 淳也
Publisher	慶應義塾経済学会
Publication year	1993
Jtitle	三田学会雑誌 (Keio journal of economics). Vol.86, No.2 (1993. 7) ,p.205(65)- 220(80)
JaLC DOI	10.14991/001.19930701-0065
Abstract	
Notes	論説
Genre	Journal Article
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-19930701-0065">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234610-19930701-0065</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

# 結合生産体系における廃棄物再生部門\*

— ひとつの恒常経済模型 —

松 波 淳 也

## I 問題の所在

近年「地球環境」が人々の認識に大きな影響を及ぼすようになってきている。1970年代の「公害問題」は地域的な問題であったのに対し今日の「地球環境問題」は、オゾン層破壊、地球温暖化などまさに「地球」規模の問題となっている。このような状況下において、「持続可能な発展」という概念<sup>(1)</sup>はコンセンサスを受けつつある。

経済の「持続可能性」という概念は、既に古典学派の経済学の時代から経済理論における重要な概念として存在していた。しかし、「生産」と「消費」の側面の豊富な成果に比べ「廃棄」の側面の貧困さは否めない。<sup>(2)</sup>

例えば、「自由財規則」は、経済模型において決定される価格が、経済的意味をなさない負の値をとらないように、過剰生産物の無償処分を前提としたものである。しかし、廃棄物問題を経済模型により分析する場合、この規則は十分慎重に取り扱わなくてはならない。つまり、生産部門において結合生産物として排出された廃棄物には「負の価格」が十分設定されうるのである。

本稿は、結合生産体系模型の特殊ケース<sup>(3)</sup>として、廃棄物のリサイクル部門を明示的に導入した

---

\* 本稿作成に当たり、神谷傳造、細田衛士、寺出道雄、飯田裕康、高山隆三諸先生ならびにレフェリーよりの確かな助言および指針を頂いた。感謝の意を表したい。なお含まれ得る誤謬が筆者に帰することは言うまでもない。

注（１）「持続可能な発展」の定義については、例えば大来（1990）所収の諸論稿、森田・川島（1993）等参照。

（２）ただし、近年教科書水準で「環境経済学」の体系化が進みつつある。例えば、植田（1991）・（1992）。

（３）フォン＝ノイマン（Neumann（1945-1946））流の結合生産体系を用いた廃棄物分析として、細田（1993）、鷺田（1992）、Hosoda（1991）がある。なお、結合生産体系模型の近年の発展に関しては、例えばPasinetti（1980）、Schefold（1989）、Salvadori=Steedman（1990）等参照。

模型を提示し<sup>(4)</sup>、廃棄物がいかなる条件下で発生するのか、また、廃棄物が完全にリサイクルされるような恒常状態がいかなる条件で可能となるのかを理論的に考察する。

次節（II節）において、まず基本経済模型を提示し、これに基づいて、廃棄物に関する自由財規則およびリサイクル部門における収益性規則を前提した場合に、廃棄物が経済体系外に排出されるのはいかなる条件においてかを示す。

さらに、III節において、廃棄物が全てリサイクル部門に投入されるという「完全リサイクル条件」を導入し、II節での考察との比較を行う。

続いて、IV節では、賃金利潤曲線・消費成長曲線および廃棄物価格曲線を導出し、その政策的含意を提示する。

そして最後に（V節）、本稿の位置付けおよび残された課題を示す。

## II 基本経済模型

### 2.1 諸仮定

経済には、資本財としても消費財としても用いられる「一般財」、資本財として使用可能だが消費財とはならない「廃棄物」および唯一の生産されない生産要素である「労働」が存在する<sup>(5)</sup>。そして、一般財と労働を投入して一般財と廃棄物を結局的に産出する「生産部門」、廃棄物と労働を投入して一般財を産出する「リサイクル部門」が存在する<sup>(6)</sup>。

両部門は線形の生産技術を持ち、生産部門は一般財を1単位だけ生産するのに一般財を $a_1$ 単位（ただし、 $a_1 < 1$ ）必要とし、その生産過程において、廃棄物 $b$ 単位を排出する。リサイクル部門は、生産部門において排出される廃棄物 $a_2$ 単位を一般財1単位に変換する。なお、リサイクル部門は廃棄物を排出しない。生産部門で一般財1単位の産出に必要な労働投入量は $l_1$ 単位であり、リサイクル部門で一般財1単位の産出（あるいは同じことだが、廃棄物 $a_2$ 単位の処理）に必要な労働投入量は $l_2$ 単位である。

想定される経済主体は、資本家と労働者であり、資本家は利潤所得をすべて投資し、労働者は賃金所得をすべて消費する。

体系における投入産出関係を図式的に示せば、

---

注（4） リサイクル部門を明示的に導入した最適制御模型として、Smith (1972)、Hoal (1978) 等がある。本稿ではこれらとは異なる枠組み、すなわち、スラッフ＝ノイマン流の恒常経済模型を用いた。

（5） 一般財、廃棄物、労働はそれぞれ同質的であると仮定する。

（6） リサイクル部門に一般財投入を認めても以下の分析に大きな影響はない。簡単化のための仮定である。

	投 入			産 出		
	一般財	廃棄物	労働	一般財	廃棄物	
生 産 部 門	$a_1$	0	$l_1$	→→→	1	$b$
リサイクル部門	0	$a_2$	$l_2$	→→→	1	0

となる。

以上の前提の下で、体系は恒常状態（ノイマン準均衡<sup>(7)</sup>）において、以下のように表すことができる。

$$(1+g) a_1 x_1 + c = x_1 + x_2 \dots\dots\dots (1.1)$$

$$(1+g) a_2 x_2 \leq b x_1 \dots\dots\dots (1.2)$$

$$l_1 x_1 + l_2 x_2 = L \equiv 1 \dots\dots\dots (1.3)$$

$$(1+r) p_1 a_1 + w l_1 = p_1 + p_2 b \dots\dots\dots (1.4)$$

$$(1+r) p_2 a_2 + w l_2 \geq p_1 \dots\dots\dots (1.5)$$

$$p_1 \equiv 1 \dots\dots\dots (1.6)$$

$$g = r, \quad c = w \dots\dots\dots (1.7)$$

$$[b x_1 - (1+g) a_2 x_2] p_2 = 0 \dots\dots\dots (1.8)$$

$$[(1+r) p_2 a_2 + w l_2 - p_1] x_2 = 0 \dots\dots (1.9)$$

$$(x_1 + x_2) p_1 + b x_1 p_2 > 0 \dots\dots\dots (1.10)$$

ここで、 $g$ ：経済成長率、 $c$ ：労働1単位当たりの消費、 $r$ ：利潤率、 $w$ ：賃金率、 $x_1$ ：生産部門の稼働水準、 $x_2$ ：リサイクル部門の稼働水準、 $p_1$ ：一般財の価格、 $p_2$ ：廃棄物の価格、である。なお、全ての記号は非負である（ただし、投入係数、産出係数は全て正）。

各式の意味は次のようになる。

(1.1) は、一般財の需給均等条件であり、(1.2) は、廃棄物需要が廃棄物供給を上回らないという条件である。(1.3) は、労働の需給均等条件であり、労働供給を基準化している<sup>(9)</sup>。一般財および労働については等式が成立するものとして仮定するが、あくまでも単純化のためのものであり、本質的な仮定ではない。

注(7) 以下の模型はフォン＝ノイマンの「準均衡」条件を表している（例えば Morishima (1969) 参照）。

(8) 廃棄物価格  $p_2$  については後に負値も認める。

(9) 一般財および労働は自由財とならないことが前提される。

(1.4) は、生産部門の費用価格均等条件であり、(1.5) は、リサイクル部門の収益が支配的利潤率を下回らない条件である。(1.6) は、一般財を価値尺度にとることを示す。また、(1.7) は、資本家が利潤所得をすべて投資し、労働者が賃金所得をすべて消費するという仮定から導かれる<sup>(10)</sup>。

(1.8) は、(1.2) が不等式で成立した場合に  $p_2$  をゼロとする<sup>(11)</sup> ことを示し(自由財規則)、(1.9) は、(1.5) が不等式で成立した場合に  $x_2$  をゼロとする<sup>(12)</sup> ことを示す(収益性規則)。

(1.10) は産出される財の価値が正であるという条件である。なお、生産部門は常に稼働されるものとする ( $x_1 > 0$ )。

## 2. 2 廃棄物の自由財規則

(1.1) ~ (1.3) を次のように変形する。すなわち、

$$c = [1 - (1 + g) a_1] x_1 + x_2 \dots \dots \dots (1.1')$$

$$x_2 \leq \{ b / [(1 + g) a_2] \} x_1 \dots \dots \dots (1.2')$$

$$x_2 = (1 / l_2) - (l_1 / l_2) x_1 \dots \dots \dots (1.3')$$

である。ここで、 $g$  を固定して ( $g = g'$ )、 $c$  の最大化を考えよう<sup>(13)</sup>。その際、次の場合わけが考えられる。

$$(a) [1 - (1 + g') a_1] / l_1 > 1 / l_2$$

$$(b) [1 - (1 + g') a_1] / l_1 = 1 / l_2$$

$$(c) [1 - (1 + g') a_1] / l_1 < 1 / l_2$$

(a) の場合、リサイクル部門は稼働されず ( $x_2 = 0$ )、自由財規則により廃棄物価格はゼロと設定される ( $p_2 = 0$ )。したがって、廃棄物はリサイクルされず、累積していくことになる(図II a中の黒点で示される)。

(b) の場合、リサイクル部門が稼働される場合も稼働されない場合も最大消費水準は等しい。ただし、後者の場合は廃棄物は累積していく(図II b中の太線で示される)。

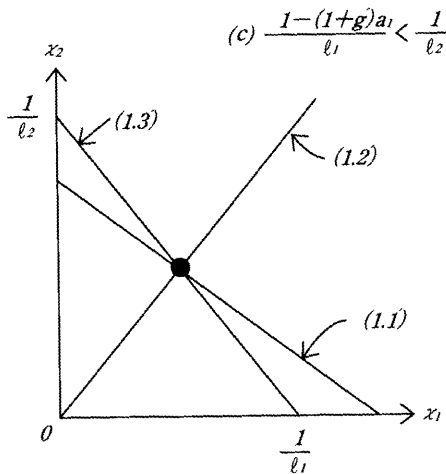
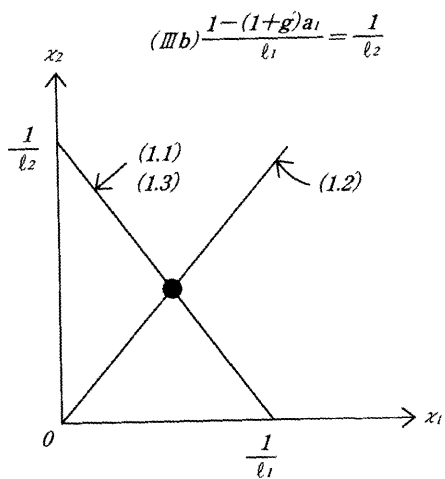
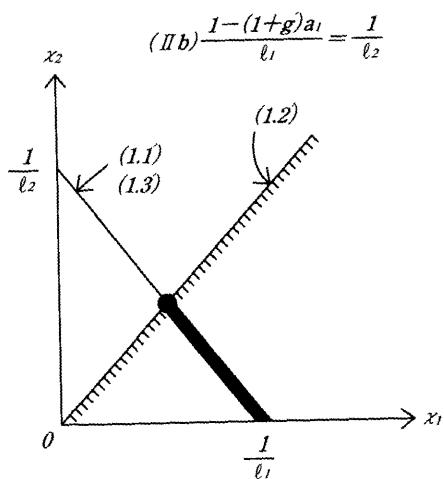
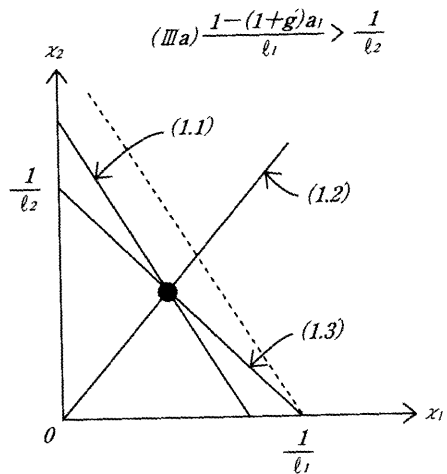
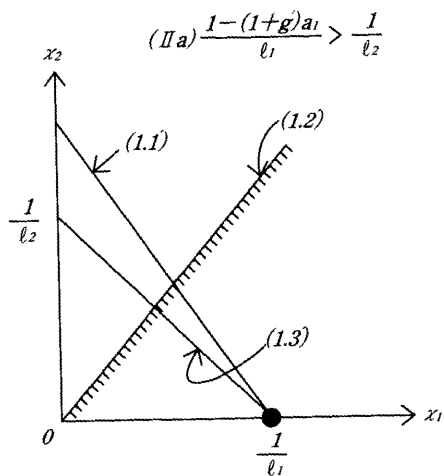
(c) の場合、リサイクル部門は稼働される ( $x_2 > 0$ ,  $p_2 > 0$ ) (図c中の黒点で示される)。

注 (10) 利潤所得が全て投資されるから、 $r(p_1 a_1 x_1 + p_2 a_2 x_2) = g(p_1 a_1 x_1 + p_2 a_2 x_2)$  より、 $r = g$  となる。一方、賃金所得は全て消費されるから、 $w(l_1 x_1 + l_2 x_2) = p_1 c$  となるが、(1.3)、(1.6) より、 $w = c$  となる。

(11) もちろん (1.2) が等式で満たされる場合でも (1.8) は満たされる。

(12) (11) と同様に (1.3) が等式で満たされる場合でも (1.9) は満たされる。

(13) 消費成長フロンティアを導く手続きであり、次節の手続きはこれと双対である。注 (14) をも参照。



以上から、廃棄物が自由財とならず、リサイクル部門が稼働され、廃棄物が完全にリサイクルされる条件は(c)であることがわかる。

### 2.3 リサイクル部門の収益性規則

(1.4) は次のように変形できる。すなわち、

$$w = \frac{[1 - (1+r) a_1] + p_2 b}{l_1} \dots\dots\dots (1.4')$$

である。一方、(1.5) より、

$$w \geq \frac{1 - (1+r) a_2 p_2}{l_2} \dots\dots\dots (1.5')$$

である。 $r$ を固定して( $r=r'$ )、 $w$ を最小化しよう。<sup>(14)</sup>この場合次のような場合わけが考えられる。すなわち、

$$(a') [1 - (1+r') a_1] / l_1 > 1 / l_2$$

$$(b') [1 - (1+r') a_1] / l_1 = 1 / l_2$$

$$(c') [1 - (1+r') a_1] / l_1 < 1 / l_2$$

である。この場合わけは、 $g=r$ が成立していることを考慮すれば、前節での場合わけ(a)～(c)と全く同等なものであることは明らかである。したがって、以下では、(a')～(c')と(a)～(c)を同じ条件として扱うことにする。

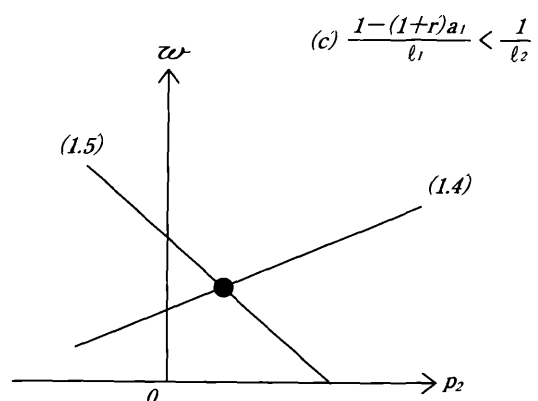
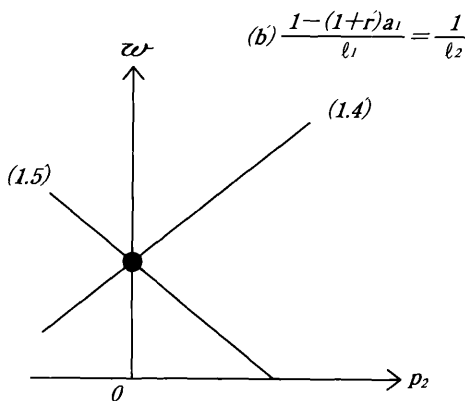
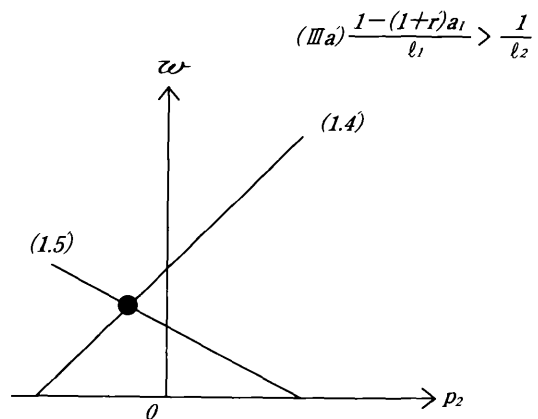
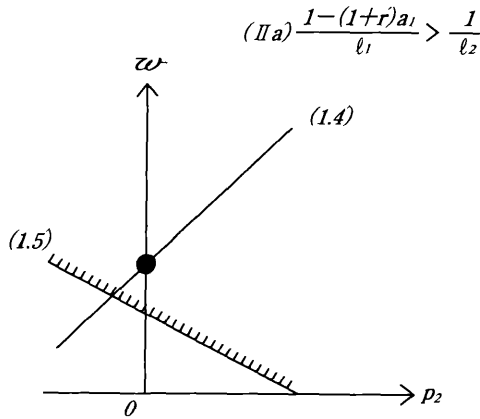
(a)の場合、「負の廃棄物価格」( $p_2 < 0$ )が許されないならば $p_2 = 0$ となり、収益性規則から、リサイクル部門は稼働されない( $x_2 = 0$ )ため、廃棄物は累積していく(図II a'中の黒点で示される)。

(b)の場合、 $p_2 = 0$ でリサイクル部門は収益性の条件を満たすが、リサイクル部門が稼働されてもされなくても最小賃金率は変わらない。ただし、後者の場合、廃棄物は累積していく(図b'中の黒点で示される)。

(c)の場合、リサイクル部門は収益性の条件を満たし稼働される( $p_2 > 0$ ,  $x_2 > 0$ ) (図c'中の黒点で示される)。

以上から、「負の廃棄物価格」が許されない場合、リサイクル部門が収益性の条件を満たし稼働されるのは、(c)の場合であることがわかる。

注(14) 賃金利潤フロンティアを導く周知の手続きである。一定の利潤率の下での要素費用の最小化ととらえればよい。例えば、Morishima (1978) ch. 4 参照。



#### 2. 4 本模型における「廃棄物」の本質

以上のように、廃棄物が自由財とならずリサイクルに回され、リサイクル部門が収益性の条件を満たし稼働される条件は、(c)である。この場合、廃棄物はもはや自由財として廃棄されるどころか、正の価格を持つ「資源」としてリサイクルに回されるのである<sup>(15)</sup>。したがって、この(c)のような場合は、「廃棄物問題」は生じないわけである。よって、(c)のような場合、本模型における「廃棄物」は通常の意味での廃棄物ではなく<sup>(16)</sup>なっている。廃棄物が「資源化」されているのである。したがって、われわれの模型においては、通常の意味での廃棄物は、(a)および(b)の場合に出現するのである。

#### 2. 5 完全リサイクル条件

注 (15) このような状況は、体系外に排出される廃棄物の全くない理想的状況といえよう。しかし、われわれの模型では、リサイクル部門が廃棄物を排出しないというかなり厳しい仮定を置いている。したがって、以下の分析もあくまでも限定付きの議論であることに留意すべきである。

(16) 「通常の意味での廃棄物」とは経済体系外に排出される廃棄物を意味する。



II節では、われわれの模型において、(a) および (b) の場合に、通常の意味での廃棄物が発生することを述べた。

では、排出された廃棄物を政策的に全てリサイクルに回さなくてはならないとした場合<sup>(17)</sup>にどのようなことが起こるだろうか。つまり廃棄物は全てリサイクルに回され、廃棄物の累積が起らない、いわば、「完全リサイクル条件」と呼んでよい条件が仮定される場合に、われわれの模型はいかなる影響を受けるだろうか。

### III 完全リサイクル条件

#### 3. 1 完全リサイクル条件の導入

われわれの模型は、完全リサイクル条件を仮定する場合、以下のような変更が必要である。

まず第一に、廃棄物は「自由財」にならないため、その価格には負の値もありうるということである。すなわち、負の $p_2$ も許されなければならないということである。 $p_2$ が負の値を取る場合の解釈だが、負の $p_2$ は明らかに廃棄物の引取価格あるいは廃棄物の処理費用と解釈される。

第二に、収益性条件が満たされなくてもリサイクル部門が稼働されるのであるから、利潤率均等化の必然性がない。したがって、生産部門とリサイクル部門において不均等な利潤率が成立しうるものとして扱うのがより一般的である。しかし、われわれの模型では簡単化のため両部門において均等利潤率が成立するものとして扱う<sup>(18)</sup>。

#### 3. 2 完全リサイクル条件導入による効果

以上のような設定の下で $p_2$ は正・ゼロ・負の値を取り、(1.2) および (1.5) は不等式でなく等式で成立するものと想定される。

したがって、II節での場合わけ (a) と (b) に関する考察 (以下では (II a), (II b) と示す) は次のように変更される。

(III a) : (a) の場合、リサイクル部門は稼働されるが ( $x_2 > 0$ )、最大消費水準は (II a) の場合より小さくなる (図 II a と図 III a の黒点の位置の相違に示される)。また、「負の廃棄物価格」( $p_2 < 0$ ) が許されるため、 $p_2 < 0$  で収益性の条件を満たすが、最小賃金率は (II a) の場合

---

注 (17) 経済的原則 (自由財規則および収益性規則) とは別の理由から、生産部門から排出される廃棄物全てをリサイクル部門に回さなければならない場合という意味であり、廃棄物を完全にリサイクルしている状況を設定するというあくまでも理論的な想定である。

(18) 不均等利潤率を想定してもわれわれの模型に大きな影響は与えない。また、均等利潤率を仮定する経済的意味を、リサイクル部門が生産部門と同一の収益性を持つことが可能な状況を設定していると考えられることもできる。

よりも小さくなる（図II a'と図III a'の黒点の位置の相違に示される）。

（III b）：（b）の場合，リサイクル部門は稼働され（ $x_2 > 0$ ），しかも，最大消費水準は（II b）の場合に等しい（図II bの太線と図III bの黒点の位置に示される）。また， $p_2 = 0$ でリサイクル部門は収益性の条件を満たし，しかも，最小賃金率は（II b）の場合に等しい（図b'の黒点で示される）。

なお，場合わけ（c）に関するII部での考察は何ら変更を受けない（図c，図c'）。

（c）の場合に通常の意味での廃棄物が生じておらず，廃棄物は全て資源化されているということからも明らかである。

（III a）で，消費および賃金率が小さくなるのは，完全リサイクル条件を仮定したために，リサイクル部門を無理に稼働させることから生じる帰結である。（III b）では，リサイクル部門を稼働するかしないかは無差別であったため，消費および賃金率に大きさが変わらないのである。

#### IV 賃金利潤曲線・消費成長曲線および廃棄物価格

III節までは成長率 $g$ （あるいは利潤率 $r$ ）を固定して，われわれの模型において，どのような条件下で通常の意味での廃棄物が生じ，また，「完全リサイクル条件」を仮定する場合にどのような効果が生じるかについて分析された。ここでは，賃金利潤曲線・消費成長曲線および廃棄物価格曲線を導出し，恒常経済に関しての，完全リサイクル条件の有無による相違をさらに明らかにしよう。

##### 4. 1 賃金利潤曲線・消費成長曲線の導出

完全リサイクル条件を仮定する場合の賃金利潤曲線と消費成長曲線は全く同一の形状をしており，（1.1）～（1.3），（1.4）～（1.7）より，次のように示すことができる。

$$w = \frac{b + [1 - (1+r) a_1] (1+r) a_2}{(1+r) a_2 l_1 + b l_2} \dots\dots\dots (4.1)$$

（4.1）は完全リサイクル条件を仮定する場合の賃金利潤曲線であるが，この式の $w$ を $c$ に， $r$ を $g$ に変えれば，完全リサイクル条件を仮定する場合の消費成長曲線となる。リサイクル部門が稼働されるときには，常にこの曲線で表される関係が成立する。一方，リサイクル部門が稼働されないときの賃金利潤曲線は，次のように示せる。

$$w = \frac{1 - (1+r) a_1}{l_1} \dots\dots\dots (4.2)$$

---

注（19）（4.1）は正の最大利潤率（最大成長率）を持つ。付録命題1参照。

(4.1)と同様、この式の $w$ を $c$ に、 $r$ を $g$ に変えれば、リサイクル部門が稼働されないときの消費成長曲線<sup>(20)</sup>となる。

さて、上の2つの式を図示した場合の位置関係は、次のように3つの場合わけが考えられる。

$$\textcircled{1} \quad (1 - a_1) / l_1 < 1 / l_2$$

$$\textcircled{2} \quad (1 - a_1) / l_1 = 1 / l_2$$

$$\textcircled{3} \quad (1 - a_1) / l_1 > 1 / l_2$$

上の3つの場合について、自由財規則および収益性規則を前提とし、負の廃棄物価格が許されないとすれば、賃金利潤フロンティアは、次のように導かれる。

①の場合、(4.1)は(4.2)を凌駕する。つまり、(4.1)がフロンティアとなる。したがって、リサイクル部門は常に稼働される(図IV①)。②の場合、(4.1)は(4.2)と $r=0$ の点で交わる。したがって②の場合、定常状態( $g=r=0$ )においては、リサイクル部門を稼働するかしらないかは無差別となるが、その他の $r$ の領域においては、(4.1)は(4.2)を凌駕するため、リサイクル部門は稼働される(図IV②)。さらに、③の場合、(4.1)は(4.2)と $r=\alpha$ で交わる。ただし、

$$\alpha = (l_1 / a_1) \{ [(1 - a_1) / l_1] - (1 / l_2) \}$$

である。したがって、 $0 \leq r < \alpha$ では、(4.2)が(4.1)を凌駕しリサイクル部門は稼働されないが、 $r=\alpha$ の時はリサイクル部門を稼働するかしらないかは無差別となる。そして、 $r > \alpha$ では、(4.1)は(4.2)を凌駕し、リサイクル部門は稼働される<sup>(21)</sup>(図IV③)。

なお、いうまでもなく完全リサイクル条件を仮定する場合のフロンティアは、(4.1)そのものである。

## 4.2 廃棄物価格曲線の導出

次に廃棄物価格 $p_2$ と利潤率 $r$ (あるいは $g$ )との関係(廃棄物価格曲線)を導出しよう。これは(1.4)～(1.7)より、

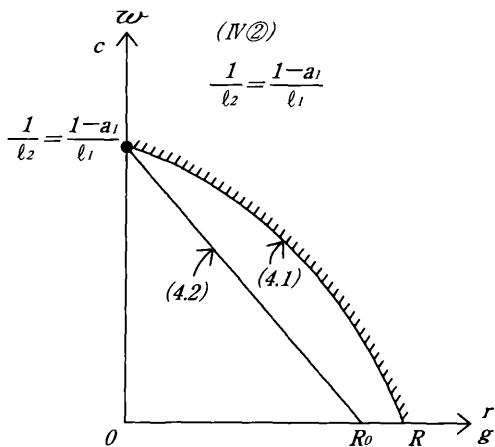
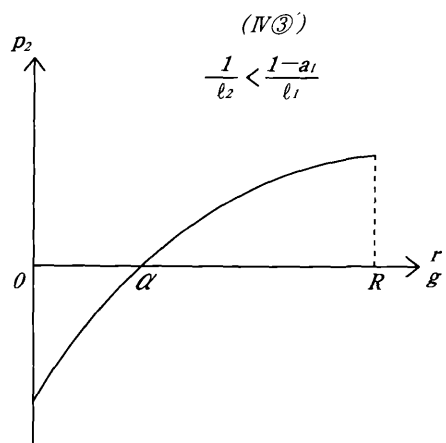
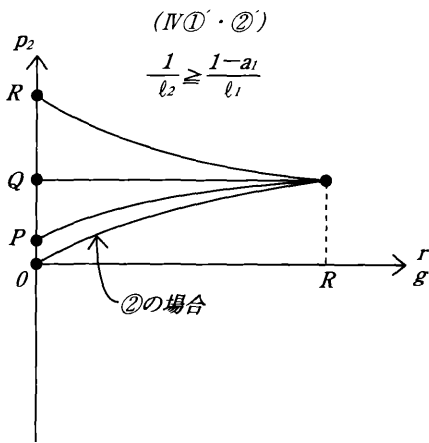
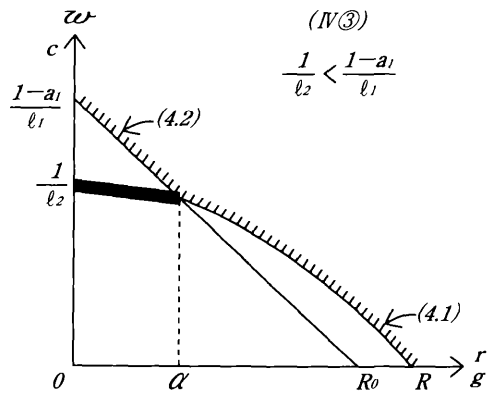
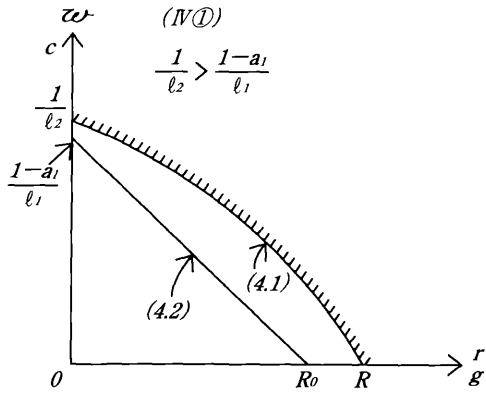
$$p_2 = \frac{l_1 - [1 - (1+r)a_1] l_2}{(1+r)a_2 l_1 + b l_2} \dots\dots\dots (4.3)$$

<sup>(22)</sup>となる。もちろんリサイクル部門が稼働されない場合は、常に $p_2=0$ である。

注(20) (4.2)の持つ最大利潤率(最大成長率)は、(4.2)の持つ最大利潤率(最大成長率)を下回る。付録命題2参照。

(21) (4.1)は $r < \alpha$ においては右上がりとなり得るが、 $r \geq \alpha$ においては常に右下がりとなる(付録命題3参照)。なお、結合生産体系において負の価格が生じる場合に賃金利潤曲線において右上がりの部分が存在し得ることは周知である。たとえばPasinetti(1980)参照。

(22) なお $r=R$ のとき $p_2$ は正值をとる。付録命題4参照。



廃棄物価格曲線の形は、賃金利潤曲線（消費成長曲線）に関する場合わけと対応して、

$$\textcircled{1} \quad (1 - a_1) / l_1 < 1 / l_2$$

$$\textcircled{2} \quad (1 - a_1) / l_1 = 1 / l_2$$

$$\textcircled{3} \quad (1 - a_1) / l_1 > 1 / l_2$$

という場合わけを考えよう。

まず①の場合、廃棄物価格曲線は常に正象限を通る。つまり、廃棄物価格は常に正である。その形状であるが、 $1 / l_2$ が $(1 - a_1) / l_1$ に比べて大きければ大きいほど $r = 0$ の時の $p_2$ は上方に位置する（図IV①'・②'の $P, Q, R$ ）。つまり、廃棄物価格曲線は $1 / l_2$ が $(1 - a_1) / l_1$ に比べて大きければ大きいほど上にしなる形となる。

②の場合、 $r = 0$ の時、すなわち定常状態においては廃棄物価格はゼロであるが、その他の領域では正であり、右上がりとなる（図IV①'・②'）。

③の場合、廃棄物価格曲線は $0 \leq r < \alpha$ では負、 $r = \alpha$ のときは $p_2 = 0$ 、そして、 $r > \alpha$ のときは正となり、右上がりの曲線となる（図IV③'）。

#### 4. 3 廃棄物の経済体系外への排出条件および政策的含意

以上より、完全リサイクル条件を仮定しない場合<sup>(23)</sup>に、廃棄物が経済体系外へ排出される（リサイクル部門が稼働されない）のは、

$$(b_I) : (1 - a_1) / l_1 > 1 / l_2, \text{ かつ, } (b_{II}) : 0 \leq r < \alpha \text{ (あるいは } 0 \leq g < \alpha)$$

という条件が満たされる場合である（図IV③中の太線で $r \neq \alpha$ の部分）。 $(b_I)$ は、リサイクル部門における一般財の純労働生産性が生産部門のそれより低いということを意味し、 $(b_{II})$ は利潤率（あるいは成長率）が $\alpha$ を下回るということを意味している。この場合に完全リサイクル条件を仮定すると（リサイクル部門を稼働させると）、廃棄物はリサイクルに回るが、廃棄物価格は負値を取らざるを得ず、すなわち、廃棄物処理価格、あるいは廃棄物引取価格が発生する。その結果、賃金率（あるいは消費水準）は、廃棄物が経済体系外へ排出される（リサイクル部門が稼働されない）場合に比べて低下することになる。したがって、このような場合に、リサイクル部門を稼働させて廃棄物をリサイクルに回すのは、過重な負担を招き得ることになるわけである。

そこで、次に、完全リサイクル条件を仮定せずに、経済体系外へ排出される廃棄物がゼロになる（リサイクル部門が稼働される）条件を考えてみよう。

$$(c_I) : (1 - a_1) / l_1 \leq 1 / l_2, \text{ あるいは, } (c_{II}) : r \geq \alpha \text{ (あるいは } g \geq \alpha)$$

注 (23) もちろん、完全リサイクル条件を仮定する場合には、廃棄物は全てリサイクルに回される。

(24)  $(1 - a_1) / l_1 = 1 / l_2$ の場合は、 $r = 0$ のときリサイクル部門が稼働されない可能性がある。

という条件が成立する場合には完全リサイクル条件を仮定せずに、経済体系外へ排出される廃棄物の発生がゼロになる（リサイクル部門が稼働される）。すなわち、

①リサイクル部門における一般財の純労働生産性が生産部門のそれよりも低くない  
あるいは、

②利潤率（あるいは成長率）が  $\alpha$  を下回らない

という条件下においては、完全リサイクル条件を仮定しなくても、経済体系外へ排出される廃棄物の発生がゼロになる（リサイクル部門が稼働される）<sup>(25)</sup>のである。この場合には、リサイクル部門が稼働されないよりも稼働された場合の方が賃金利潤フロンティアに囲まれる領域が拡大する。つまり、廃棄物を完全にリサイクル条件しつつ、広い実行可能領域を享受し得るのである。

したがって、廃棄物をリサイクルに回し、廃棄物を累積させないことを目標とする場合、われわれにとって望ましい達成手段は、

①リサイクル部門における一般財の純労働生産性を生産部門のそれより高める。

あるいは、

②利潤率（あるいは成長率）を  $\alpha$  以上にする<sup>(26)</sup>。

というものであろう。この場合には、廃棄物は有価物として「資源化」されるため、もはや、廃棄物の累積は生じないのである。

## V 結論的覚書

植田（1991）は、リサイクルが成立するための一般的条件として、次の4つを挙げている。すなわち、

- 「(1) 廃棄物が大量に存在していること
- (2) 廃棄物に有用な属性が存在していること
- (3) 廃棄物を再資源化するための技術が存在していること

さらに、

- (4) 再生品への需要が存在していること」

という条件である。そして、「しかも、これら4条件は同時に満足されなければならない<sup>(27)</sup>。としている。

---

注（25）ただし、 $r = \alpha$  の場合、リサイクル部門を稼働させるかさせないかは無差別であるため、 $r = \alpha$  の場合にはリサイクル部門が稼働されず経済体系外に廃棄物が排出される可能性がある。

（26）労働が、生産されない唯一の生産要素であるわれわれの模型においては、高い成長率（利潤率）を受け取るためにリサイクル部門を稼働せざるを得ない限界点（ $\alpha$ ）が存在するのである。われわれの模型においては「資源問題」は取り扱われていないことに留意せよ。

われわれの模型では、上の(1)・(2)および(4)は暗黙のうちに前提されている。しかし、(3)に関して本稿では、リサイクル部門が稼働されるための、リサイクル技術の経済的性質についての条件(①')を提示した。われわれの分析によれば、「廃棄物を再資源化するための技術が存在している」だけでは、「リサイクルが成立」しない場合もあり得るのである。

さらに、われわれの分析によれば、低い恒常成長率の下では稼働されない技術(生産性)を持つリサイクル部門であったとしても、ある一定水準( $\alpha$ )以上の恒常成長率(利潤率)の下では、リサイクル部門は稼働される(②')のである。この条件は、上の(1)・(2)および(4)に密接に関連すると考えられる。つまり、(1)は廃棄物の供給条件、(2)は廃棄物の需要条件、また、(4)はリサイクル部門による一般財の供給条件に関するものである。したがって、上の(1)~(4)には明確に示されていない、生産部門による一般財の供給条件に関するものをさらに付け加えれば、われわれの、提示した②'の条件に対応することになる。

われわれの模型は極めて単純なものであるが、上の(1)~(4)の条件を理論的に支持し、しかも、補うものと位置づけることができる。

なお、われわれの模型は、その単純さゆえに理論的にさまざまな方向への一般化を考えることができる。例えば、天然資源の導入がまず考えられよう。これにより、「資源問題」を考察することができる。あるいは、本稿における一般財は、消費財としても資本財としても用いられるが、この単純化を外す方向が考えられる。また、部門間の不均等利潤率を許す方向、資本家消費・労働者貯蓄を考慮する方向等も興味深い課題として残されよう。

#### [文 献]

- 植田和弘(1992):『廃棄物とリサイクルの経済学』有斐閣。  
植田和弘他(1991):『環境経済学』有斐閣。  
大来佐武郎監修(1990):『地球環境と経済』中央法規。  
細田衛士(1993):「成長経済における排出権売買と所得分配」『三田学会雑誌』85, 4。  
森田恒幸・川島康子(1993):「持続可能な発展論」の現状と課題『三田学会雑誌』85, 4。  
驚田豊明(1992):『環境とエネルギーの経済分析』白桃書房。  
Hosoda, E. (1991): "Growth and Distribution under an Environmental Restriction",  
*KESDP*, no. 9007, forthcoming, *Manchester School*.  
Hoel, M. (1978): "Resource Extraction and Recycling with Environment Costs",  
*Journal of Environmental Economics and Management*, 5.  
Leontief, W. (1970): "Environmental Repercussions and the Economic Structure:  
An Input-output Approach", *Review of Economics and Statistics*, 52, 3.  
Lipnowski, I. F. (1976): "An Input-Output Analysis of Environmental Preservation",  
*Journal of Environmental Economics and Management*, 3.

---

注(27) 植田(1991) p. 142.

- Morishima, M. (1969) : *Theory of Economic Growth*, Oxford UP.  
 Morishima, M. (1978) : *Value, Exploitation, Growth*, McGraw Hill.  
 [高須賀義博・池尾和人訳『価値・搾取・成長』創文社, 1980年]  
 Neumann, J. von (1945-1946) : "A Model of General Economic Equilibrium",  
*Review of Economic Studies*, 13.  
 Pasinetti, L. L. (ed.)(1980) : *Essays on the Theory of Joint Production*, Macmillan.  
 [中野守・宇野立身訳『生産と分配の理論』日本経済評論社, 1988年]  
 Salvadori, N., and Steedman, I. (eds.)(1990) : *Joint Production of Commodities*, Elgar.  
 Schefold, B. (1989) : *Mr. Sraffa on Joint Production and Other Essays*, Unwin Hyman.  
 Smith, V. L. (1972) : "Dynamics of Waste Accumulation : Diposal versus Recycling",  
*Quarterly Journal of Economics*, 86.  
 Sraffa, P. (1960) : *The Production of Commodities by Means of Commodities*,  
 Cambridge UP. [菱山泉・山下博訳『商品による商品の生産』有斐閣, 1962年]

#### [付録] 諸命題の証明

《命題1》 完全リサイクル条件を満たす賃金利潤曲線（消費成長曲線）すなわち，(4.1)は  
 正の最大利潤率（最大成長率）を持つ。

証明：(4.1)の持つ最大利潤率は，(4.1)より， $w=0$ とおけば，次の $r$ に関する2次  
 方程式の正の根である。すなわち，

$$b + [1 - (1+r)a_1](1+r)a_2 = 0$$

が正の根を持つことを示せばよい。上式を $(1+r)$ に関する2次方程式と見なして，

$$a_1 a_2 (1+r)^2 - a_2 (1+r) - b = 0$$

と変形し，判別式 $D$ を求めると， $D = a_2^2 + 4a_1 a_2 b > 0$ より，異なる2実根を持つ。その2  
 根を $s$ ， $t$  ( $s < t$ ) とすれば， $t + s = 1/a_1 > 0$ ， $ts = -b/(a_1 a_2) < 0$ である。  
 さてここで，

$$\begin{aligned} (t-1)(s-1) &= -b/(a_1 a_2) - (1/a_1) + 1 \\ &= -[b + a_2(1-a_1)]/(a_1 a_2) \\ &< 0 \end{aligned}$$

であるから， $t-1 > 0$ である。よって証明された。

《命題2》 リサイクル部門が稼働されない場合の賃金利潤曲線（消費成長曲線），すなわち，  
 (4.2)の持つ最大利潤率（最大成長率） $R_0$ は，完全リサイクル条件を満たす賃金利  
 潤曲線（消費成長曲線）すなわち，(4.1)の持つ最大利潤率（最大成長率） $R$ を下回る。

証明：(4.2)の持つ最大利潤率 $R_0$ は，(4.2)より， $w=0$ とおけば，



$$R_0 = (1 - a_1) / a_1$$

である。一方、(4.1)の持つ最大利潤率 $R$ は、(4.1)より、 $w = 0$ とおけば、次の $r$ に関する2次方程式、

$$a_1 a_2 (1 + r)^2 - a_2 (1 + r) - b = 0$$

の正の根である(命題1よりその存在は保証されている)。実際に $R$ を求めると、

$$R = \frac{a_2 (1 - 2 a_1) + \sqrt{D}}{2 a_1 a_2}$$

である。ここで、 $\sqrt{D} > a_2$ であることに留意すれば、

$$R - R_0 = (\sqrt{D} - a_2) / (2 a_1 a_2) > 0$$

よって証明された。

《命題3》 完全リサイクル条件を満たす賃金利潤曲線(消費成長曲線)すなわち、(4.1)は  $r \geq \alpha$  ならば、常に右下がりである。

証明：(4.1)に関する微分により、

$$\frac{dw}{dr} = -\frac{a_2 b}{\Delta} [p_2 + (1 + r) a_1 / b]$$

ただし、 $\Delta \equiv (1 + r) a_2 l_1 + b l_2$ である。ここで、 $r \geq \alpha$  ならば  $p_2 \geq 0$  であるから、

$$r \geq \alpha \text{ ならば } \frac{dw}{dr} < 0$$

となる。よって証明された。

《命題4》  $r = R$ のとき、 $p_2$ は正である。

証明： $r = R$ のとき、 $w = 0$ であるから、

$$b + [1 - (1 + R) a_1] (1 + R) a_2 = 0$$

が成立する。したがって、

$$1 - (1 + R) a_1 = -b / [(1 + R) a_2] < 0$$

である。ところが、 $r = R$ のとき、(4.3)より、

$$p_2 = \frac{l_1 - [1 - (1 + R) a_1] l_2}{(1 + R) a_2 l_1 + b l_2}$$

である。したがって、 $r = R$ のとき、 $p_2 > 0$ である。よって証明された。

(慶應義塾大学大学院経済学研究科後期博士課程)