# ヘクシャー・オリーンモデルによる国際貿易とリサイクルの理論的分析

劉　　朋　春
多和田　　眞

In this paper, we investigate how a recycling activity in production processes influences international trade. We employ Tanigaki's model which accommodates recycling activities into the traditional Heckscher and Ohlin model. We refine his model by making production technologies clear, make use of the properties holding under these technologies and extend his analysis. In particular, we elaborate his Rybczynski analysis by presenting more precise conditions to hold the Rebczynski Theorem. We also show the Stolper and Samuelon Theorem to be valid without any additional condition. Finally we develop a more precise analysis on how price changes affect to subsidies in recycling sectors.

## Ⅰ．はじめに

近年，新興国の著しい経済発展に伴い，世界の資源に対する需要が急速に高まり，国際市場での資源争奪戦がますます激しくなっている。このような状況の下で，資源需要の多い国や輸入国では，資源確保のため，リサイクルは重要かつ喫緊な課題となっている。また，廃棄物の処分が環境に負担を与える可能性があるため，環境保全の面においても，従来からリサイクルは重要な課題となっている。

このような観点から，リサイクルの諸問題に関する研究が盛んに行われてきた。特に，本論で扱うリサイクルと国際貿易の問題についても，数多くの分析がなされている。以下では，リサイクルと国際貿易に関して代表的な研究を簡単に紹介する。

再生資源の国際貿易に関する先駆けとなる研究として，Grace et al.（1978）が挙げられる。Grace et al.（1978）は部分均衡モデルを用いて，再生資源の国際貿易を検討している。特に，例として，古紙のリサイクルについて分析している。分析によって，国際貿易により，全体としてのリサイクル量は増大し，経済面でも環境面でも便益があるという結果が得られている。また，Yohe（1979）は Grace et al.（1978）と同じく，紙のリサイクルに注目するが，特にリサイクル資源の古紙の価格とバージン資源のパルプの価格の関係に焦点を当てている。古紙の価格は生産の要素需要に影響されるが，必ずしもバージン資源のパルプより低いとは言えないと指摘している。

近年の研究として，Bertolini（2003），Van Beukering and Bouman（2001）や Tani-gaki（2007）等が挙げられる。Bertolini（2003）は EU域内および域外向けの再生資源貿易統計を整理し，再生資源の貿易の背景や EUの拡大が再生資源の貿易に与える影響などを検討している。Van Beukering and Bouman（2001）はこの数十年に著しく成長してきた先進国と途上国との間で行われる紙や鉛に関する再生資源の貿易に注目して，そのトレンドや原因について実証分析を行った。リサイクル率の高い国ほど，積極的に再生資源の国際貿易に参加していることが示されて

いる。

本稿と最も関連しているのは Tanigaki（2007）である。Tanigaki（2007）はリサイクル部門や中間財が存在する，2消費財部門2要素の小国を想定する。また，経済では，リサイクルによる中間財生産のコストが輸入価格より高いため，政府はリサイクル部門に補助金を出すと仮定する。このような状況で，Tanigaki（2007）は Jones（1965）のモデルを用いて，通常のヘクシャー・オリーンモデルの各定理が成立する条件及び回収率の変化が経済にもたらす効果について検討していて，いくつかの興味深い結果を得ている。

本稿の目的は主に二つある。第1は Tanigaki（2007）の分析を再検討することである。Tanigaki（2007）の説明には不十分な点やあいまいな点があるため，Tanigaki（2007）の分析が成立するための前提条件を明らかにして，その分析をより理解しやすいものにするよう試みる。次に，Tanigaki（2007）の分析は，ヘクシャー・オリーンモデルの分析でよく用いられている双対的アプローチで明確かつ簡潔に分析できることを示す。それによって，分析の若干の拡張を行う。

以下，基本モデルを提示し，モデルの諸仮定を示した後，いくつかの重要な外生変数の変化の経済効果について分析し，さらにその経済的意味について言及する。最後に本稿の分析結果を要約して，稿を締めくくる。

## Ⅱ．モデル

本稿は小国経済を想定する。最終消費財として貿易可能の二種類の財，財1と財2が存在する。そのほか，一種類の中間財 Mが存在するとする。消費財を生産するために，この中間財が必要である。この中間財は海外から自由に輸入できるが，国内での使用済み消費財のリサイクルによっても生産できる。本稿ではリサイクル資源（リサイクル部門への投入のための使用済み消費財）の貿易はないものとする。

消費財の生産関数は一次同次であり，次のように表せる。

$$X_i = X_i(L_i, K_i, M_i) \quad i=1,2 \tag{1}$$

ここで $X_i$ は財 $i$ の生産量を表し，$L_i, K_i, M_i$ はそれぞれ労働投入，資本投入，中間財の投入を表す。リサイクル部門の生産関数は

$$R_i = R_i(L_{Ri}, K_{Ri}, I_{Ri}) \quad i=1,2 \tag{2}$$

となる。ここで $R_i$ はリサイクルによって使用済みの消費財 $i$ から生産される中間財の生産量を表し，$L_{Ri}, K_{Ri}, I_{Ri}$ はそれぞれ労働投入，資本投入，リサイクル資源の投入を表す。使用済みの消費財をリサイクルするために，労働と資本が必要である。この生産関数も一次同次であると仮定する。

このモデルでは，以下の関係が成り立つ。

$$a_{M1}X_1 + a_{M2}X_2 = M^M + R \tag{3}$$

$$a_{L1}X_1 + a_{L2}X_2 + a_{LR1}R_1 + a_{LR2}R_2 = L \tag{4}$$

$$a_{K1}X_1 + a_{K2}X_2 + a_{KR1}R_1 + a_{KR2}R_2 = K \tag{5}$$

$$a_{L1}w + a_{K1}r + a_{M1}p_M = p_1 \tag{6}$$

$$a_{L2}w + a_{K2}r + a_{M2}p_M = p_2 \tag{7}$$

$$a_{LR1}w + a_{KR1}r - a_{D1R1}s_1 = p_M \tag{8}$$

$$a_{LR2}w + a_{KR2}r - a_{D2R2}s_2 = p_M \tag{9}$$

$$I_{R1} = \alpha_1 \tag{10}$$

$$I_{R2} = \alpha_2 D_2 \tag{11}$$

$$R = R_1 + R_2 \tag{12}$$

$$R_1 = I_{R1}/a_{D1R1} \tag{13}$$

$$R_2 = I_{R2}/a_{D2R2} \tag{14}$$

$$Y = wL + rK - S \tag{15}$$

$$S = S_1 + S_2 \tag{16}$$

$$S_1 = s_1\alpha_1 D_1 \tag{17}$$

$$S_2 = s_2\alpha_2 D_1 \tag{18}$$

まず，要素の完全雇用は(3)－(5)式によって表される。ここで，$L, K, R$ はそれぞれ労働の賦存量，資本の賦存量及びリサイクルによる中間財の生産量を表す。そして，$M^M$ は中間財の輸入量を表す。また，$a_{ij}$ は一単位の $j$ 財を生産するために，必要な要素 $i$ の量を表す。

各財の市場は完全競争であるため，(6)－(9)式が成立する。ここで $p_1, p_2$ は最終財1と2の価格を表し，小国の仮定より一定である。中間財 $M$ も自由に貿易できるため，その価格 $p_M$ も外生的に与えられるとする。$w, r, s_i$ はそれぞれ賃金とレンタル及び一単位のリサイクル品の回収に対する政府からの補助金を表す。

$D_i$ は消費財の消費量を表す。この経済では，実際すべての使用済みの消費財がリサイクルされるのではなく，割合 $\alpha_i$ だけの使用済み消費財 $I_{Ri}$ が回収され，リサイクル部門の生産に投入される。$\alpha_i$ は外生的に与えられるとする。また，リサイクル率 $\alpha_i$ と関係なく，使用済み消費財の収集コストは一定であるとする。ここで，分析を簡単化するために，その収集コストはゼロとする。

国民所得は要素収入から政府の補助金の支出を引いたものであり，$Y$ で表わされる。$S$ はリサイクル部門に対する政府の補助金総額を表し，消費者から徴収したリサイクル料金で賄われる。補助金の総量 $S$ のは各消費財のリサイクルに対する補助金 $S_i$ の和になる。また，各消費財のリサイクルに対する補助金 $S_i$ は一単位の使用済み消費財 $i$ の回収に対する補助金 $S_i$ とその回収量の積になる。ここで，リサイクルによって一単位の中間財 $M$ の生産するためのコストは必ず $M$ 財の輸入価格 $p_M$ を超えるものとする。そのため政府はリサイクル部門の利潤がゼロとなるように補助金を与えるとする。一般性を失わずに，以降消費財1は労働集約的，すなわち $a_{L1}/a_{K1} > a_{L2}/a_{K2}$ と仮定する。

消費者の効用関数は次のように定義する。

$$u = D_1^{\beta_1} D_2^{\beta_2}$$

$\beta_i (i = 1, 2)$ は代表的消費者の財 $i$ に対する選好を表す正のパラメーターであり，$\beta_1 + \beta_2 = 1$ とする。所得制約 $Y = D_1 p_1 + D_2 p_2$ のもとで，消費財の需要 $D_1$，$D_2$ は次のように求められる。

$$D_1 = \frac{\beta_1 Y}{p_1} \tag{19}$$

$$D_2 = \frac{\beta_2 Y}{p_2} \tag{20}$$

(6)，(7)で各財の価格が外生的に与えられているため，$w, r$ の均衡値が求められる。さらに，求められた $w, r$ の値を(8)，(9)に代入すると，$s_1, s_2$ が決定される。このモデルでは，$\alpha_1, \alpha_2$ が与えられ，$s_1, s_2$ が内生的に決まる。式(3)－(20)の18本の式より，外生変数 $p_1, p_2, p_M, L, K, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ が与えられたもとで，18個の内生変数 $D_1, D_2, Y, w, r, X_1, X_2, M, I_{R1}, I_{R2}, R, R_1, R_2, S, S_1, S_2, s_1, s_2$ の値が決定される。

## Ⅲ．要素賦存量の変化の経済効果

この節では，要素賦存量の変化の経済効果を分析する。$Y_0 = wL + rK$ とおくと，(16)－(20)式より以下の式が成り立つ。

$$\begin{aligned} Y &= Y_0 - (S_1 + S_2) \\ &= Y_0 - \left(\frac{s_1\alpha_1\beta_1}{p_1} + \frac{s_2\alpha_2\beta_2}{p_2}\right) Y \end{aligned} \tag{21}$$

(21)の両辺を微分して整理すると，

$$\frac{dY}{dY_0}=1/\left(1+\sum_{i=1}^{2}\frac{s_i\alpha_i\beta_i}{p_i}\right)$$

と求められる。財の価格が一定であるため，$L$ または $K$ の変化に対して，$w, r, s_1, s_2$ は一定である。したがって，

$$dY_0=wdL+rdK$$

が成り立つ。まず労働賦存量 $L$ の変化について考えよう。$dK=0$ とすると，(21)より

$$\frac{dY}{dL}=\frac{dY}{dY_0}\cdot\frac{dY_0}{dL}\equiv\delta>0$$

が得られる。(10)－(13)式より，以下の式が成り立つ。

$$\frac{dI_{Ri}}{dL}=\frac{dI_{Ri}}{dY}\cdot\frac{dY}{dL}=\frac{\alpha_i\beta_i\delta}{p_i}>0$$

$$\frac{dR_i}{dL}=\frac{dR_i}{dY}\cdot\frac{dY}{dL}=\frac{\alpha_i\beta_i\delta}{a_{DiRipi}}>0$$

(4)と(5)式を全微分して整理すると，次の式が得られる。

$$\begin{bmatrix}a_{L1}&a_{L2}\\a_{K1}&a_{K2}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}dK_1\\dK_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1-A_L\\-A_K\end{bmatrix}dL+\begin{bmatrix}A_Lr/w\\1-A_Kr/w\end{bmatrix}dK \qquad (22)$$

ただし，ここで $A_L=\sum_{i=1}^{2}\frac{a_{LRi}\alpha_i\beta_i}{a_{DiRi}p_i}\cdot\delta$, $A_K=\sum_{i=1}^{2}\frac{a_{KRi}\alpha_i\beta_i}{a_{DiRi}p_i}\cdot\delta$ である。

労働賦存量 $L$ の変化に従い，消費財の生産量がどう変化するかをみる。$dK=0$ の下で，(22)式より，

$$\frac{dX_1}{dL}=\frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix}1-A_L&A_{L2}\\-A_K&a_{K2}\end{vmatrix}=\frac{1}{\Delta}[(1-A_L)a_{K2}+a_{L2}A_K] \qquad (23a)$$

$$\frac{dX_2}{dL}=\frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix}a_{L1}&1-A_L\\a_{K1}&-A_K\end{vmatrix}=\frac{1}{\Delta}[-a_{L1}A_K-a_{K1}(1-A_L)] \qquad (23b)$$

が求められる。ここで $\Delta=a_{L1}a_{K2}-a_{K1}a_{L2}$ であり，仮定より正となる。よって，$dX_i/dL$ の符号は角括弧の中の符号によって決まる。

また，労働賦存量の変化と同様に，資本の変化を分析すると，次のような結果が得られる。

$$\frac{dX_1}{dK}=\frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix}-A_Lr/w&a_{L2}\\1-A_Kr/w&a_{K2}\end{vmatrix}=\frac{1}{\Delta}[-A_La_{K2}r/w-a_{L2}(1-A_Kr/w)] \qquad (24a)$$

$$\frac{dX_2}{dK}=\frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix}a_{L1}&-A_Lr/w\\a_{K1}&1-A_Kr/w\end{vmatrix}=\frac{1}{\Delta}[a_{L1}(1-A_Kr/w)+a_{K1}A_Lr/w] \qquad (24b)$$

(23a)－(24b)より，次の命題を得る。

**命題 1** （i）中間財はいずれの消費財よりも資本集約的であるとき，労働賦存量が増加すると，労働集約的な消費財の生産量は増加し，資本集約的な消費財の生産量は減少する。すなわち，$a_{L1}/a_{K1}>a_{L2}/a_{K2}>a_{LRi}/a_{KRi}$（$i=1,2$）の下で，$dX_1/dL>0, dX_2/dL<0$ が成立する。

（ii）中間財はいずれの消費財より労働集約的であるとき，資本賦存量が増加すると，資本集約的な消費財の生産量は増加し，労働集約的な消費財の生産量は減少する。すなわち，$a_{LRi}/a_{KRi}>a_{L1}/a_{K1}>a_{L2}/a_{K2}$（$i=1,2$）の下で，$dX_1/dK<0, dX_2/dK>0$ が成立する。

（iii）一定の条件の下で，要素の賦存量が増加すると，その要素を集約的に使用する財の生産量が増加するが，その要素を集約的に使用しない財の生産量は減少する。すなわち，$0<A_L<\min\{1,w/r\}$，$0<A_K<\min\{1,w/r\}$ の場合では，$dX_1/dL>0$，$dX_2/dL<0$，

$dK_1/dK<0,\ dK_2/dK>0$ が成立する。

**証明**（i）(23a)の $a_{L2}A_K-a_{K2}A_L$ は次のように書き換えることができる。

$$a_{L2}A_K-a_{K2}A_L=(a_{L2}a_{KR1}-a_{K2}a_{LR1})\frac{\alpha_1\beta_1\delta}{a_{D1R1}p_1}+(a_{L2}a_{KR2}-a_{K2}a_{LR2})\frac{\alpha_2\beta_2\delta}{a_{D2R2}p_2} \quad (25)$$

$a_{L1}/a_{K1}>a_{L2}/a_{K2}>a_{LRi}/a_{KRi}$ の下で，(25)式が正になるため，(23a)式の括弧内の値も必ず正となる。したがって，$dX_1/dL>0$ がわかる。また要素集約性の仮定のもとで（23b)の $a_{L1}A_K-a_{K1}A_L$ も必ず正になるので，$dX_2/dL<0$ が確認できる。

(ii)(24a)の $a_{L2}A_K-a_{K2}A_L$ を整理すると，次のような式が求められる。。

$$a_{L1}A_K-a_{K1}A_L=(a_{K1}a_{LR1}-a_{L1}a_{KR1})\frac{\alpha_1\beta_1\delta}{a_{D1R1}p_1}+(a_{K1}a_{LR2}-a_{L1}a_{KR2})\frac{\alpha_2\beta_2\delta}{a_{D2R2}p_2} \quad (26)$$

$a_{LRi}/a_{Ri}>a_{L1}/a_{K1}>a_{L2}/a_{K2}$ の下で，式(26)の $a_{K2}A_L-a_{L2}A_K$ は必ず正となるため，(24a)の括弧内の値も必ず負となる。したがって，$dX_1/dK<0$ がわかる。またこの場合では，(24b)の $a_{K1}A_L-a_{L1}A_K$ も必ず正であるため，$dX_2/dK>0$ になる。

(iii)(23a)−(24b)式より，自明である。

証明終

この命題の結果は次のように解釈することができる。まず労働賦存量が増加した場合を考えてみよう。要素の増加により，所得が増加する。コブ・ダグラス型の効用関数より，各消費財の消費量が増加する。リサイクル率が一定であるため，回収される使用済み消費財の量も必ず増加する。要素賦存の増加よって，$w, r, s_i$ が不変であるため，単位生産に必要な要素投入も変化しない。よって，リサイクル部門の生産の増加によって，リサイクル部門の要素投入量が増加し，生産要素は消費財部門からリサイクル部門に移動しなければならない。消費財両部門から生産要素が移動すると，(i)の条件の下では，中間財の生産 $R_i$ は消費財より資本集約的であるため，消費財部門で労働は必ず過剰となる。よって，完全雇用の条件を満たすために，第 2 財の生産からリサイクル部門へ生産要素を移動すると同時に，一部の生産要素を第 1 財の生産に移動しなければならない。したがって，(i)の条件の下で労働賦存の増加より，第 1 財の生産は増加し，第 2 財の生産は減少することになる。この場合では，労働賦存量の増加の影響は通常のヘクシャー・オリーンモデルのリプチンスキー定理と一致する。資本賦存量が増加した場合は以上と同じように解釈できる。

(i), (ii)の条件はそれぞれ労働と資本の賦存量が増加したとき，各財の生産量の変化がリプチンスキー定理と一致するのを保証するための十分条件である。これら二つの条件は共通の部分を持たないため，もし一つが成立すれば，もう一つは必ず成立しないことになる。これによって，Tanigaki（2007）は二つの生産要素の賦存量の変化について，消費財の生産量の変化はともにリプチンスキー定理と一致することはないと結論づけた。しかし，(i), (ii)の条件は単なる十分条件なので，二つの要素の変化がともにリプチンスキー定理を成立させせることはないとは必ずしも言い切れない。そこで，どのような状況で，両要

素に関して，リプチンスキーの定理が同時に成り立つのか？ (iii)はこの問題に答えるものである。すなわち，(iii)の条件が成立するとき，すべての要素の賦存量の変化に関して，財の生産の変化はリプチンスキー定理と一致する。$A_L$ と $A_K$ の定義より，このような(iii)の条件は一単位の中間財の生産に必要使用済み消費財の量（$a_{DiRi}$）が大きいほど，また使用済み消費財の回収率（$\alpha_i$）が低いほど，成り立つ可能性が高い。

## Ⅳ．各財の価格変化の経済効果

### 1．最終財価格の変化の経済効果

中間財の価格 $p_M$ が一定であるとして，(6)，(7)を全微分して整理すると，いわゆる「変化率方程式」が以下のように求められる。

$$\theta_{L1}\hat{w}+\theta_{K1}\hat{r}=\hat{p}_1$$

$$\theta_{L2}\hat{w}+\theta_{K2}\hat{r}=\hat{p}_2$$

ここで，$\hat{y}\equiv dy/y$ で，任意の変数の成長率を表す。また，$\theta_{ij}$ は部門 $j$ における要素 $i$ のシェアである。これらの式より，最終財 $i$ の価格 $p_i$ が変化するとき，要素価格の変化について以下のことが確認できる。

$$\frac{\hat{w}}{\hat{p}_1}=\frac{\theta_{K2}}{\Omega}>0, \tag{27a}$$

$$\frac{\hat{r}}{\hat{p}_1}=-\frac{\theta_{L2}}{\Omega}<0 \tag{27b}$$

$$\frac{\hat{w}}{\hat{p}_2}=\frac{\theta_{K1}}{\Omega}>0, \tag{27c}$$

$$\frac{\hat{r}}{\hat{p}_2}=\frac{\theta_{L1}}{\Omega}>0 \tag{27d}$$

ただし，$\Omega=\theta_{L1}\theta_{K2}-\theta_{L2}\theta_{K1}$ である。仮定より $a_{L1}/a_{K1}>a_{L2}/a_{K2}$ が成立するため，$\Omega$ は正になる。以上の分析より，次の命題を得る。

**命題 2**　ある財の価格が上昇すると，その財の生産に集約的に使用されている生産要素の価格は上昇し，そうではない生産要素の価格は低下する。つまり，$a_{L1}/a_{K1}>a_{L2}/a_{K2}$ とすると，$\hat{w}/\hat{p}_1>0$, $\hat{w}/\hat{p}_2<0$, $\hat{r}/\hat{p}_1<0$, $\hat{r}/\hat{p}_2>0$ となる。

リサイクル部門が存在する 2 消費財 2 要素モデルにおいて，消費財の上昇の効果はは通常の 2 財 2 要素のヘクシャー・オリーンモデルと一致する。本稿のモデルでは，消費財の価格の効果は主に二つに分けられます。まず一つ目として，通常の 2 財 2 要素のヘクシャー・オリーンモデルと同じように，ある財の価格が上昇すると，一単位の財の生産に必要な生産要素の投入が前のままでは，その財の生産によって，利潤が得られるため，その財の生産は増加する。したがって，その財の生産に集約的に使用されている要素に対する需要が高まり，要素価格は上昇する。よって，もう一つの消費財の生産から，生産要素は価格の上昇した財の生産に移動する。その結果，価格が変化しない財が集約的に使用する要素が過剰するので，要素市場をクリアするために，その価格は低下しなければならない。

二つ目の効果として，本稿のモデルでは，中間財の生産（リサイクル部門）も労働と資本を使用するため，消費財の価格の変動は中間財の生産量の変動を通じて，要素価格に影響を及ぼす。消費財価格の変化が中間財の生産に与える影響を見るために，(17)と(18)より，以下の式が得られる。

$$\frac{dR_i}{dp_i}=\frac{1}{a_{DiRi}}\cdot\frac{dI_{Ri}}{dp_i}-I_{Ri}(a_{DiRi})^2\cdot\frac{da_{DiRi}}{dp_i}$$

$$=\frac{\alpha_i}{a_{DiRi}}\cdot\frac{dD_i}{dp_i}-I_{Ri}(a_{DiRi})^2\cdot\frac{da_{DiRi}}{dp_i}$$

中間財の生産量の変化は生産要素の配分を通

じて，さらに要素価格に影響する。中間財の生産量の変化が要素価格に与える影響は明らかではないが，しかし，その効果は命題 2 で示されるように通常のヘクシャー・オリーンモデルにおけるストルパー・サミュエルソン定理に影響を与えることはない。

次に，消費財 $p_i$ の変化が補助金 $s_i$ に与える効果を考える。(8)，(9)より，

$$\theta_{LR1}\hat{w}+\theta_{KR1}\hat{r}=\theta_{D1R1}\hat{s}_1$$

$$\theta_{LR2}\hat{w}+\theta_{KR2}\hat{r}=\theta_{D2R2}\hat{s}_2$$

が得られる。要素の変化 $\hat{w}$，$\hat{r}$ と補助金の変化 $\hat{s}_i$ の関係について解いて，さらに (27a)−(27d)を代入すると，以下のような結果が求められる。

$$\theta_{D1R1}\frac{\hat{s}_1}{\hat{p}_1}=\frac{\theta_{LR1}\theta_{K2}-\theta_{KR1}\theta_{L2}}{\Omega}$$

$$\theta_{D2R2}\frac{\hat{s}_2}{\hat{p}_1}=\frac{\theta_{LR2}\theta_{K2}-\theta_{KR2}\theta_{L2}}{\Omega}$$

$$\theta_{D1R1}\frac{\hat{s}_1}{\hat{p}_2}=\frac{-\theta_{LR1}\theta_{K1}+\theta_{KR1}\theta_{L1}}{\Omega}$$

$$\theta_{D2R2}\frac{\hat{s}_2}{\hat{p}_2}=\frac{-\theta_{LR2}\theta_{K1}+\theta_{KR2}\theta_{L1}}{\Omega}$$

よって，$\dfrac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}>\dfrac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}$ のもとで，以下の関係が成立する。

$$\frac{\theta_{LR1}}{\theta_{KR1}}\gtrless\frac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}\Longleftrightarrow\frac{\hat{s}_1}{\hat{p}_1}\gtrless 0$$

$$\frac{\theta_{LR2}}{\theta_{KR2}}\gtrless\frac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}\Longleftrightarrow\frac{\hat{s}_2}{\hat{p}_1}\gtrless 0$$

$$\frac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}\gtrless\frac{\theta_{LR1}}{\theta_{KR1}}\Longleftrightarrow\frac{\hat{s}_1}{\hat{p}_2}\gtrless 0$$

$$\frac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}\gtrless\frac{\theta_{LR2}}{\theta_{KR2}}\Longleftrightarrow\frac{\hat{s}_2}{\hat{p}_2}\gtrless 0$$

以上の結果を表にしたものは，表 1 である。以上の結果より，次の命題 3 を得る。

| | $\hat{s}_1/\hat{p}_1$ | $\hat{s}_1/\hat{p}_2$ | $\hat{s}_2/\hat{p}_1$ | $\hat{s}_2/\hat{p}_2$ |
|---|---|---|---|---|
| $\frac{\theta_{LRi}}{\theta_{KRi}}<\frac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}<\frac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}$ | − | + | − | + |
| $\frac{\theta_{LR1}}{\theta_{KR1}}<\frac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}<\frac{\theta_{LR2}}{\theta_{KR2}}<\frac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}$ | − | + | + | + |
| $\frac{\theta_{LR1}}{\theta_{KR1}}<\frac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}<\frac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}<\frac{\theta_{LR2}}{\theta_{KR2}}$ | − | + | + | − |
| $\frac{\theta_{LR2}}{\theta_{KR2}}<\frac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}<\frac{\theta_{LR1}}{\theta_{KR1}}<\frac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}$ | + | + | − | + |
| $\frac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}<\frac{\theta_{LRi}}{\theta_{KRi}}<\frac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}$ | + | + | + | + |
| $\frac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}<\frac{\theta_{LR1}}{\theta_{KR1}}<\frac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}<\frac{\theta_{LR2}}{\theta_{KR2}}$ | + | + | + | − |
| $\frac{\theta_{LR2}}{\theta_{KR2}}<\frac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}<\frac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}<\frac{\theta_{LR1}}{\theta_{KR1}}$ | + | − | − | + |
| $\frac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}<\frac{\theta_{LR2}}{\theta_{KR2}}<\frac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}<\frac{\theta_{LR1}}{\theta_{KR1}}$ | + | − | + | + |
| $\frac{\theta_{L2}}{\theta_{K2}}<\frac{\theta_{L1}}{\theta_{K1}}<\frac{\theta_{LRi}}{\theta_{KRi}}$ | + | − | + | − |

**表 1　消費財価格の変化が補助金に与える影響**

**命題 3**　$p_i$ の変化が $s_i$ に与える効果は表 1 のようにまとめられる。

## 2. 中間財価格の変化の経済効果

次に，中間財価格 $p_M$ の変化（すなわち $\hat{p}_i=0,\ \hat{p}_M>0$）が各変数に与える効果を見ていこう。(6)，(7)式を全微分して整理すると，以下の関係が得られる。

$$\theta_{L1}\hat{w}+\theta_{K1}\hat{r}=\theta_{M1}\hat{p}_M$$

$$\theta_{L2}\hat{w}+\theta_{K2}\hat{r}=\theta_{M2}\hat{p}_M$$

これらの式より，要素価格 $r, w$ の $p_m$ の変化に対する変化を求めると，

$$\frac{\hat{w}}{\hat{p}_M}=\frac{\theta_{M1}\theta_{K2}-\theta_{M2}\theta_{K1}}{\Omega} \tag{28a}$$

$$\frac{\hat{r}}{\hat{p}_M}=\frac{\theta_{L1}\theta_{M2}-\theta_{M1}\theta_{L2}}{\Omega} \tag{28b}$$

が得られる。よって，

$$\frac{\theta_{M1}}{\theta_{K1}}\gtrless\frac{\theta_{M2}}{\theta_{K2}}\Longleftrightarrow\frac{\hat{w}}{\hat{p}_M}\gtrless 0$$

$$\frac{\theta_{M2}}{\theta_{L2}}\gtrless\frac{\theta_{M1}}{\theta_{L1}}\Longleftrightarrow\frac{\hat{r}}{\hat{p}_M}\gtrless 0$$

が確認できる。(8)，(9)式より，

$$\theta_{LR1}\hat{w}+\theta_{KR1}\hat{r}-\hat{p}_M=\theta_{D1R1}\hat{s}_1 \tag{29a}$$

$$\theta_{LR2}\hat{w}+\theta_{KR2}\hat{r}-\hat{p}_M=\theta_{D2R2}\hat{s}_2 \tag{29b}$$

と求められる。これらの式に(28a)，(28b)を代入して整理すると，

$$\begin{aligned}
&\theta_{D1R1}\cdot\frac{\hat{s}_1}{\hat{p}_M}\\
&=\frac{\theta_{LR1}(\theta_{M1}\theta_{K2}-\theta_{M2}\theta_{K1})+\theta_{LR1}(\theta_{M2}\theta_{K1}-\theta_{M1}\theta_{L2})}{\Omega}-1\\
&=\frac{\theta_{M1}(\theta_{LR1}\theta_{K2}-\theta_{KR1}\theta_{L2})+\theta_{M2}(\theta_{KR1}\theta_{L1}-\theta_{LR1}\theta_{K1})}{\Omega}-1
\end{aligned} \tag{30a}$$

$$\begin{aligned}
&\theta_{D1R1}\cdot\frac{\hat{s}_1}{\hat{p}_M}\\
&=\frac{\theta_{LR2}(\theta_{M1}\theta_{K2}-\theta_{M2}\theta_{K1})+\theta_{KR2}(\theta_{M2}\theta_{L1}-\theta_{M1}\theta_{L2})}{\Omega}-1\\
&=\frac{\theta_{M1}(\theta_{LR2}\theta_{K2}-\theta_{KR2}\theta_{L2})+\theta_{M2}(\theta_{KR2}\theta_{L1}-\theta_{LR2}\theta_{K1})}{\Omega}-1
\end{aligned} \tag{30b}$$

と求められる。これら 2 つの式の右辺第 1 項の分子の第 1 括弧は $\hat{w}/\hat{p}_M$, $\hat{r}/\hat{p}_M$ の符号を決める式であり，第 2 括弧は $\hat{s}_i/\hat{p}_j(i,j=1,2)$ の符号を決める式であることがわかる。以上によって，以下の命題が得られる。

**命題 4**　各財の資本労働投入比率 $a_{L1}/a_{K1}$ と $a_{L2}/a_{K2}$ の大小関係とは関係なく，以下のことが成立する。

（i）中間財の価格の変化に伴う補助金の変化（$\hat{s}_i/\hat{p}_M$）は，中間財の価格の変化に伴う要素価格の変化（$\hat{w}/\hat{p}_M$, $\hat{r}/\hat{p}_M$）に関係する。中間財の価格の上昇につれて要素価格が低下する（$\hat{w}/\hat{p}_M$, $\hat{r}/\hat{p}_M<0$）なら，補助金も必ず低下する（$\hat{s}_i/\hat{p}_M<0$）。

（ii）中間財の価格の変化に伴う補助金の変化（$\hat{s}_i/\hat{p}_M$）は，最終財の価格の変化に伴う補助金の変化（$\hat{s}_i/\hat{p}_j(i,j=1,2)$）に関係する。最終財の価格の上昇につれて補助金が低下する（$\hat{s}_i/\hat{p}_j<0$）なら，中間財の価格の上昇につれて，補助金も必ず低下する（$\hat{s}_i/\hat{p}_M<0$）。

この命題の内容は以下のように直感的に解釈できる。$p_M$ の上昇に伴い，$r, w$ はともに低下するなら，一単位の $M$ 財を生産するための生産要素のコストは必ず下落する。仮定より，このコストは $p_M$ より高く，その差は補助金によって賄われる。$p_M$ の上昇と $r, w$ の低下は補助金の減少を意味する。

また，消費財生産の投入物である中間財の価格 $p_M$ の上昇は必ず消費財のコストの上昇，さらに消費財の価格 $p_i$ の上昇をもたらす。消費財の価格 $p_i$ の上昇によって，一単位の補助金が増加するなら，中間財の価格 $p_M$ の上昇は必ず補助金を上昇させることになる。

## V．回収率の変化が厚生に与える影響

### 1. 回収率の変化が所得に与える影響

この節で $\alpha_i$ が変化した場合をを見てみる。$\alpha_i$ が変化したとき，各財の価格は一定なので，各要素および補助金の大きさも一定である。(1)，(2)，(13)，(16)－(18)式より，以下の式が求められる。

$$p_1D_1=\beta_1(wL+rK)-\beta_1\alpha_1s_1D_1-\beta_1\alpha_2s_2D_2$$

$$p_2D_2=\beta_2(wL+rK)-\beta_2\alpha_1s_1D_1-\beta_2\alpha_2s_2D_2$$

$\alpha_i$ の変化に対する $D_i$ の変化を見るため，上の 2 つの式を全微分して整理すると，

$$\begin{pmatrix} p_1+\beta_1\alpha_1s_1 & \beta_1\alpha_2s_2 \\ \beta_2\alpha_1s_1 & p_2+\beta_2\alpha_2s_2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} dD_1 \\ dD_2 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} \beta_1s_1D_1 \\ \beta_2s_1D_1 \end{pmatrix}d\alpha_1+\begin{pmatrix} -\beta_1s_2D_2 \\ -\beta_2s_2D_2 \end{pmatrix}d\alpha_2$$

が得られる。この式の左辺の正方行列の行列式を $\Phi$ と定義すると，

$$\Phi=p_1p_2+p_1\beta_2\alpha_2s_2+p_2\beta_1\alpha_1s_1>0$$

となるので，$\alpha_i$ の変化に対する $D_i$ の変化は次のように求めることができる。

$$\frac{dD_1}{d\alpha_1} = -\frac{p_2\beta_1 s_1 D_1}{\Phi} < 0 \qquad (31a)$$

$$\frac{dD_2}{d\alpha_1} = -\frac{p_1\beta_2 s_1 D_1}{\Phi} < 0 \qquad (31b)$$

$$\frac{dD_1}{d\alpha_2} = -\frac{p_2\beta_1 s_2 D_2}{\Phi} < 0 \qquad (31c)$$

$$\frac{dD_2}{d\alpha_2} = -\frac{p_1\beta_2 s_2 D_2}{\Phi} < 0 \qquad (31d)$$

さらに，$Y = p_1D_1 + p_2D_2$ と $\beta_1 + \beta_2 = 1$ を用いて，

$$\frac{dY}{d\alpha_1} = p_1\frac{dD_1}{d\alpha_1} + p_2\frac{dD_2}{d\alpha_1} = -\frac{p_1p_2s_1D_1}{\Phi} < 0 \qquad (32a)$$

$$\frac{dY}{d\alpha_2} = p_1\frac{dD_1}{d\alpha_2} + p_2\frac{dD_2}{d\alpha_2} = -\frac{p_1p_2s_2D_2}{\Phi} < 0 \qquad (32b)$$

が確認できる。よって，次の命題が得られる。

**命題 5**　回収率が上昇した場合，消費財の消費量や国民所得は減少する。

リサイクル率の上昇によって，消費が一定であるとすると，使用済みの消費財の回収量も必ず上昇する。財の価格が変化しない限り，1単位のリサイクル生産に必要な生産要素の量も一定であるため，回収する消費済みの消費財の増加分をリサイクルする場合，補助金が増加しなければならない。リサイクル率の上昇によって，各財の要素投入率は変化しないので，補助金の増加は必ず所得の減少をもたらす。

### 2. 回収率の変化が生産に与える影響

まず $\alpha_1$ が変化した場合を考える。消費財と中間財の価格が一定であるから，要素価格および補助金も一定である。これを考慮にいれて，(17)式を全微分して $dD_1$ を(31a)，(31b)を代入して整理すると，

$$dS_1 = s_1\alpha_1 dD_1 + s_1D_1 d\alpha_1 = \frac{s_1D_1(p_1p_2 + p_1\beta_2s_2\alpha_2)}{\Phi}d\alpha_1 \qquad (33a)$$

$$dS_2 = s_2\alpha_2 dD_2 = \frac{-p_1\beta_2s_2\alpha_2s_1D_1}{\Phi}d\alpha_1 \qquad (33b)$$

が求められる。(12)，(13)式より，

$$dR_1 = \frac{1}{s_i a_{DiRi}} dS_i$$

と求められるため，これに(33a)，(33b)を代入して整理すると，次の結果が得られる。

$$\frac{dR_1}{d\alpha_1} = \frac{p_1D_1(p_2 + \beta_2s_2\alpha_2)}{a_{D1R1}\Phi} > 0 \qquad (34a)$$

$$\frac{dR_2}{d\alpha_1} = \frac{p_1D_1(p_2 + \beta_2s_2\alpha_2)}{a_{D1R1}\Phi} < 0 \qquad (34b)$$

上と同様にして，$\alpha_2$ が変化した場合の結果は以下のように求められる。

$$\frac{dR_1}{d\alpha_2} < 0$$

$$\frac{dR_2}{d\alpha_2} > 0$$

これらの結果より，次の命題を得る。

**命題 6**　ある消費財の回収率が上昇すると，その財のリサイクルによる中間財の生産量は上昇する一方，もう一種類の消費財のリサイクルによる中間財の生産量は低下する。

上ですでに述べたように，リサイクル率の上昇より，所得は必ず低下する。コブ・ダグラス型の効用関数より，両財の需要量は必ず減少する。リサイクル率が上昇した財に関して，消費財に対する需要が減少するが，回収率が上昇したため，使用済みの消費財の回収

量がかえって増加する。そのため，この消費財のリサイクルも必ず増加する。もう一つの消費財に関しては，需要が減少したうえ，回収率が一定であるため，リサイクルによる中間財の生産量が必ず減少する。

最後に，$\alpha_i$ の上昇が最終財の生産に与える影響を見てみよう。(4)，(5)を全微分して

$$\begin{pmatrix} a_{L1} & a_{L2} \\ a_{K1} & a_{K2} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} dX_1 \\ dX_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{LR1} & a_{LR2} \\ a_{KR1} & a_{KR2} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} dR_1 \\ dR_2 \end{pmatrix} \tag{35}$$

となる。(34a)，(34b)を整理すると，

$$\begin{pmatrix} \dfrac{dR_1}{d\alpha_1} \\ \dfrac{dR_2}{d\alpha_1} \end{pmatrix} = \frac{p_1D_1}{\Phi}\begin{pmatrix} \dfrac{p_2+\beta_2s_2\alpha_2}{a_{D1R1}} \\ -\dfrac{\beta_2s_1\alpha_2}{a_{D2R2}} \end{pmatrix} \tag{35}$$

と書き換えられる。(35)の両辺を $d\alpha_1$ で割って，さらに(36)を代入すると，以下の式が得られる。

$$\begin{pmatrix} a_{L1} & a_{L2} \\ a_{K1} & a_{K2} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \dfrac{dX_1}{d\alpha_1} \\ \dfrac{dX_2}{d\alpha_1} \end{pmatrix}$$

$$= \frac{p_1D_1}{\Phi}\begin{pmatrix} a_{LR1} & a_{LR2} \\ a_{KR1} & a_{RK2} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \dfrac{p_2+\beta_2s_2\alpha_2}{a_{D1R1}} \\ -\dfrac{\beta_2s_1\alpha_2}{a_{D2R2}} \end{pmatrix}$$

$$= \frac{p_1D_1}{\Phi}\begin{pmatrix} \dfrac{a_{LR1}}{a_{D1R1}}(p_2+\beta_2s_2\alpha_2)-\dfrac{a_{LR2}}{a_{D2R2}}\beta_2s_1\alpha_2) \\ \dfrac{a_{KR1}}{a_{D1R1}}(p_2+\beta_2s_2\alpha_2)-\dfrac{a_{KR2}}{a_{D2R2}}\beta_2s_1\alpha_2) \end{pmatrix}$$

$$= \frac{p_1D_1}{\Phi}\begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix}$$

ただし，ここで $A_1=\dfrac{a_{LR1}}{a_{D1R1}}(p_2+\beta_2s_2\alpha_2)-\dfrac{a_{LR2}}{a_{D2R2}}\beta_2s_1\alpha_2$, $A_2=\dfrac{a_{KR1}}{a_{D1R1}}(p_2+\beta_2s_2\alpha_2)-\dfrac{a_{KR2}}{a_{D2R2}}\beta_2s_1\alpha_2$ と定義する。よって，

$$\frac{dX_1}{d\alpha_1} = \frac{p_1D_1}{\Phi}\cdot\frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} A_1 & a_{L2} \\ A_2 & a_{K2} \end{vmatrix}$$

$$= \frac{p_1D_1}{\Phi}\cdot\frac{1}{\Delta}\left[\left(\frac{a_{K2}a_{LR1}}{a_{D1R1}}-\frac{a_{L2}a_{KR1}}{a_{D2R2}}\right)(p_2+\beta_2s_2\alpha_2) + \left(\frac{a_{L2}a_{KR2}}{a_{D2R2}}-\frac{a_{K2}a_{LR2}}{a_{D2R2}}\right)\beta_2s_1\alpha_2\right] \tag{37}$$

が成立する。同様にして，$dX_2/d\alpha_1$ を求めると，

$$\frac{dX_2}{d\alpha_1} = \frac{p_1D_1}{\Phi}\cdot\frac{1}{\Delta}\begin{vmatrix} a_{L1}A_1 & A_1 \\ a_{K1}A_2 & A_2 \end{vmatrix}$$

$$= \frac{p_1D_1}{\Phi}\cdot\frac{1}{\Delta}\left[\left(\frac{a_{L1}a_{KR1}}{a_{D1R1}}-\frac{a_{K1}a_{LR1}}{a_{D1R1}}\right)(p_2+\beta_2s_2\alpha_2) + \left(\frac{a_{K2}a_{LR2}}{a_{D2R2}}-\frac{a_{L2}a_{KR1}}{a_{D2R2}}\right)\beta_2s_1\alpha_2\right] \tag{38}$$

が得られる。以上の分析より，次の命題を得る。

**命題 7**　消費財の回収率の変化がその財の生産に与える効果は，各財の要素集約率の大小関係と大きく関係する。消費財 $i(i=1, 2, i \neq j)$ の回収率 $\alpha_i$ が上昇すると，$a_{LRi}/a_{KRi} > a_{Li}/a_{Ki} > a_{Lj}/a_{Kj} > a_{LRj}/a_{KRj}$ が成り立つとき，消費財 $i$ の生産量は必ず上昇する一方，消費財 $j$ の生産量は必ず低下する。また，$a_{LRj}/a_{KRj} > a_{Li}/a_{Ki} > a_{Lj}/a_{Kj} > a_{LRi}/a_{KRi}$ が成り立つとき，消費財 $j$ の生産量は必ず上昇する一方，財 $i$ の生産量は必ず低下する。

**証明**　(37)より，$a_{LR1}/a_{KR1} > a_{L1}/a_{K1} > a_{L2}/a_{K2} > a_{LR2}/a_{KR2}$ ならば，$dX_1/d\alpha_1 > 0$ となり，一方，$a_{LR2}/a_{KR2} > a_{L1}/a_{K1} > a_{L2}/a_{K2} > a_{LR1}/a_{KR1}$ ならば，$dX_1/d\alpha_1 < 0$ となる。同様にして，$dX_2/d\alpha_1$ を求めると，(38)より $a_{LR2}/a_{KR2} > a_{L1}/a_{K1} > a_{L2}/a_{K2} > a_{LR1}/a_{KR1}$ ならば，$dX_2/d\alpha_1 > 0$，$a_{LR1}/a_{KR1} > a_{L1}/a_{K1} > a_{L2}/a_{K2} > a_{LR2}/a_{KR2}$ ならば $dX_2/d\alpha_1 < 0$ が確認できる。上の結果を式で，

$$a_{LR1}/a_{KR1} > a_{L1}/a_{K1} > a_{L2}/a_{K2} > a_{LR2}/a_{KR2} \Rightarrow dX_1/d\alpha_1 > 0,\ dX_2/d\alpha_1 < 0$$

$$a_{LR2}/a_{KR2} > a_{L1}/a_{K1} > a_{L2}/a_{K2} > a_{LR1}/a_{KR1} \Rightarrow dX_1/d\alpha_1 < 0,\ dX_2/d\alpha_1 > 0$$

と表される。また，第2財の回収率についても同様に分析できる。モデルは対称的であるため，上の二つの式の結果の1と2を入れ替えると，第2財の場合の結果となる。

証明終

命題6より，回収率 $\alpha_i$ が上昇すると，$i$ 財のリサイクル生産量 $R_i$ は上昇し，$j$ 財のリサイクル生産量 $R_j$ は減少することが確認できた。そのため，回収率 $\alpha_i$ の上昇によって，生産要素は $j$ 財のリサイクル生産から放出される一方，$i$ 財のリサイクル生産に移動する。$\alpha_i$ の上昇によって消費財の生産が受ける影響は各財の生産の要素集約率によって決定される。要素集約率の組み合わせのすべてのケースについて結果を明らかにすることはできないが，(37)と(38)より，命題7の条件が満たされたとき，消費財の生産が受ける影響を確認することが出来る。

### 3. 回収率の変化と経済厚生

5.1節での分析より，使用済み消費財の回収率 $\alpha_i$ の上昇によって，所得は必ず減少するとの結果が得られた。そるすると，なぜ実際各国は積極的にリサイクルを進めるのかは疑問視される。この問題を答えるため，本節は回収率の変化が経済厚生に与える影響について考え，リサイクル政策を促進する必要性を検証する。社会厚生関数 $W$ を次のように定義する。

$$W = Y - C_1((1-\alpha_1)(D_1) - C_2((1-\alpha_2)D_2) \tag{39}$$

ここで，$C_i$ は使用済みの消費財の廃棄処分の社会コストを表す。このコストは，使用済みの消費財の処分にかかる費用と理解してもよいし，処分に伴う汚染排出による厚生水準の低下とも理解出来る。使用済みの消費財の処分の量の増加につれて，社会コストが上昇すると仮定し，$C_i' > 0$, $C_i'' > 0$ とする。まず，財1の回収率 $\alpha_1$ が上昇した場合を考えよう。(39)を $\alpha_1$ について微分すると，

$$\frac{dW}{d\alpha_1} = \frac{dY}{d\alpha_1} - \Big[C_1'(1-\alpha_1)\cdot\frac{dD_1}{d\alpha_1} + C_2'(1-\alpha_2)\cdot\frac{dD_2}{d\alpha_1} - C_1'D_1\Big] \tag{40}$$

と求められる。ここで，右辺の第一項と角括弧の項はそれぞれ，回収率の上昇による国民所得の低下と回収率の上昇がもたらす使用済み消費財の処分の社会コストの低下を表す。この社会コストの低下は国民所得の低下より大きければ，回収率の上昇は厚生水準を上昇させる。(19)，(20)，(32a)を用いて，(40)を

$$\begin{aligned}\frac{dW}{d\alpha_1} &= \frac{dY}{d\alpha_1} - \Big[C_1'(1-\alpha_1)\cdot\frac{\beta_1}{p_1}\cdot\frac{dY}{d\alpha_1} + C_2'(1-\alpha_2)\cdot\frac{\beta_2}{p_2}\cdot\frac{dY}{d\alpha_1} + C_1'\cdot\frac{p_1p_2s_1D_1}{\Phi}\cdot\frac{dY}{d\alpha_1}\Big] \\ &= \Big[C_1'(1-\alpha_1)\cdot\frac{\beta_1}{p_1} - C_1'\cdot\frac{p_1p_2s_1D_1}{\Phi} + C_2'(1-\alpha_2)\cdot\frac{\beta_2}{p_2} - 1\Big]\Big(-\frac{dY}{d\alpha_1}\Big)\end{aligned} \tag{41}$$

と書き直すことが出来る。$dY/d\alpha_1$ は負なので，角括弧の中の項が正であるとき，1財の回収率の上昇は必ず厚生水準の向上をもたらす。2財についても同様に分析できる。

## Ⅵ. まとめ

本稿では，リサイクル部門が存在する2要素2消費財の小国モデルを構築し，伝統的な

国際貿易の定理が成立するかどうかや回収率の上昇などの外生変化の経済効果について理論分析を行った。分析により，以下のことが示された。リサイクル部門が存在する 2 要素 2 消費財の経済では，一定の条件が満たされた場合でのみ，各要素の賦存量の増加について，標準のヘクシャー・オリーンモデルでのリプチンスキー定理と一致する結果が得られる。そして，リサイクル部門が存在するモデルにおいても，リサイクル部門の要素集約率に関わらず，消費財の価格の変化に関して，サミュエルソン定理と一致するような結果が得られる。一方，中間財の価格の変化がリサイクルに対する補助金及び要素価格に与える影響は，各財の生産の要素集約度と深く関係する。また，ある消費財の回収率の上昇によって，その財のリサイクルによる中間財の生産は上昇するが，もう一つの財のリサイクルによる中間財の生産は低下する。さらに，消費財の回収率の変化がその財に生産に与える効果は，各財の要素集約率の大小関係と大きく関係する。最後に，消費財の回収率の上昇は必ず国民所得の低下をもたらすが，廃棄物の減少による廃棄物処分コストの低下の効果が大きければ，厚生水準を上昇させる可能性がある。

## 参考文献

Bertolini, Gerald (2003), “Extra- and Intra-European Union Exchanges of Recovered Materials and Products,” *Resources Policy*, Vol.29, pp.153-164.

Grace, Richard, R., Kerry Turner, and Ingo Walter (1978), “ Secondary Materials and International Trade, ” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.5, pp.172-186.

Jones, R. W. (1965), “The Structure of Simple General Equilibrium Models,” *Journal of Political Economy*, Vol.73, pp.557-72.

Tanigaki,Kazunori (2007), “ Recycling and International Trade Theory,” *Review of Development Economics*, Vol.11, No.1, pp.1-12.

Van Beukering, P. J. H. and M. N. Bouman (2001), “Empirical Evidence on Re-cycling and Trade of Papers and Lead in Developed and Developing Countries, ” *World Development*, Vol.29, pp.1717-37.

Yohe, Gary W. (1978), “Secondary Materials and International Trade: A Comment on Domestic Market, ” *Journal of Environmental Economics and Management,* Vol.6, pp.199-203.

（名古屋大学大学院経済学研究科博士後期課程）
（名古屋大学大学院経済学研究科）