

4. モデルの定式化

簡略化のため、以下のような勘定表を考える。ここでは、生産活動 j として部門 a 、部門 b と廃棄物処理部門を、財 i として財 1 及び財 2、それぞれ財 i と代替が可能な再生品 i ($=1, 2$) に分割されているとする。生産要素は資本 K と労働 L である。環境負荷として、 z ($=w, x$) で示される廃棄物、土地 J 、大気汚染 AP 、水質汚濁 WP 、取水量 WW を対象とする。

		産業部門		廃棄物 処理	最終 消費	固定資 本形成	輸出	輸入	生産	賦存量	価格	式
		部門 a	部門 b									
活動水準		Q_a	Q_b	Q_r	U							
投入	財 1	X_{1a}	X_{1b}	X_{1r}	C_1	I_1	EX_1	$-IM_1$	Y_1		P_1	③-1
	財 2	X_{2a}	X_{2b}	X_{2r}	C_2	I_2	EX_2	$-IM_2$	Y_2		P_2	
	資本	K_a	K_b	K_r						K^*	P_K	④
	労働	L_a	L_b	L_r						L^*	P_L	
	再生品 受入	1	R_{1a}	R_{1b}	R_{1r}	R_{1h}				S_1		P_{S1}
	2	R_{2a}	R_{2b}	R_{2r}	R_{2h}				S_2		P_{S2}	
産出	財 1	Y_{a1}	Y_{b1}						Y_1		P_1	③-2
	財 2	Y_{a2}	Y_{b2}						Y_2		P_2	
	廃棄物 受入	w			Z_w				Z_w		P_w	⑥-1
		x			Z_x				Z_x		P_x	
	廃棄物 再生	1			S_1				S_1		P_{S1}	⑤-2
	2			S_2				S_2		P_{S2}		
環境 負荷	廃棄物 排出	w	G_{aw}	G_{bw}		G_{hw}			Z_w		P_w	⑥-2
		x	G_{ax}	G_{bx}		G_{hx}			Z_x		P_x	
	廃棄物 最終処分	w			F_w					F^*	P_F	⑦
		x			F_x							
	土地		J_a	J_b	J_r	J_h				J^*	P_J	
	大気汚染		AP_a	AP_b	AP_r	AP_h				AP^*	P_{AP}	
	水質汚濁		WP_a	WP_b	WP_r	WP_h				WP^*	P_{WP}	
取水量		WW_a	WW_b	WW_r	WW_h				WW^*	P_{WW}		
		②			①	⑫						
		⑨			⑧		⑩	⑪				

【上記の勘定表の記号について】

j : 部門 a 、部門 b 及び廃棄物処理部門

i : 財 1、財 2

h : 最終消費部門

Q_j : 部門 j における活動水準。

X_{ij} : 部門 j における財 i の中間消費量。

C_i : 財 i の最終消費量。

EX_i : 財 i の輸出量。

Y_i : 財 i の生産量。

K_j : 部門 j に投入される資本。

U : 最終消費部門における効用水準。

I_i : 財 i の固定資本形成。

IM_i : 財 i の輸入量。

Y_{ji} : 部門 j で生産される財 i 。

L_j : 部門 j に投入される労働。

R_{ij} : 部門 j に投入される財 i と代替可能な再生品。

R_{ih} : 最終消費部門に投入される財 i と代替可能な再生品。

S_i : 財 i と代替可能な再生品の生産量。

Z_z : 廃棄物処理部門において産出される廃棄物種 z の処理サービス量。受け入れる廃棄物量に相当。

G_{jz} : 部門 j が廃棄物処理部門から購入する廃棄物種 z の処理サービス量。部門 j から排出される廃棄物量に相当。

G_{hz} : 最終消費部門が廃棄物処理部門から購入する廃棄物種 z の処理サービス量。最終消費部門から排出される廃棄物量に相当。

F_z : 最終処分される廃棄物種 z 。

J_j : 部門 j に投入される土地。

AP_j : 部門 j から排出される大気汚染。

WP_j : 部門 j から排出される水質汚濁。

WW_j : 部門 j の取水量。

K^* : 資本の賦存量。

F^* : 最終処分量の上限。

AP^* : 大気汚染物質の排出上限。

WW^* : 水の賦存量。

P_i : 財 i の価格。

P_L : 労働の価格。

P_z : 廃棄物種 z の価格。

P_J : 土地の価格。

P_{WP} : 水質汚濁物質の価格。

J_h : 最終消費部門に投入される土地。

AP_h : 最終消費部門から排出される大気汚染。

WP_h : 最終消費部門から排出される水質汚濁。

WW_h : 最終消費部門の取水量。

L^* : 労働の賦存量。

J^* : 土地の賦存量。

WP^* : 水質汚濁物質の排出上限。

P_{S_i} : 再生品 i の価格。

P_K : 資本の価格。

P_F : 最終処分地の価格。

P_{AP} : 大気汚染物質の価格。

P_{WW} : 水の価格

「生産」: 国内での生産量の合計。

「賦存量」: 利用可能な資源の量。最終需要部門に賦存されていると想定する。環境に関しては、環境負荷量の上限に相当する。賦存量を上回る需要が潜在的に発生すると、正の価格が発生する。

「価格」: それぞれの財に対する価格。需要 = 供給の時には価格は正の値、需要 < 供給の場合には価格は 0 となる。

【勘定表の各項目の関係について】

① 効用関数

$$U = u(C_1, C_2, R_{1h}, R_{2h}, G_{hw}, G_{hx}, J_h, AP_h, WP_h, WW_h) \rightarrow Max$$

u : 効用関数

② 生産活動(生産関数)

$$\text{部門} a: Q_a = f_a(X_{1a}, X_{2a}, K_a, L_a, R_{1a}, R_{2a}, G_{aw}, G_{ax}, J_a, AP_a, WP_a, WW_a) = g_a(Y_{a1}, Y_{a2})$$

$$\text{部門} b: Q_b = f_b(X_{1b}, X_{2b}, K_b, L_b, R_{1b}, R_{2b}, G_{bw}, G_{bx}, J_b, AP_b, WP_b, WW_b) = g_b(Y_{b1}, Y_{b2})$$

$$\text{廃棄物処理部門}: Q_r = f_r(X_{1r}, X_{2r}, K_r, L_r, R_{1r}, R_{2r}, F_w, F_x, J_r, AP_r, WP_r, WW_r) = g_r(Z_w, Z_x, S_1, S_2)$$

f_j :活動水準と投入量の関係, g_j :活動水準と産出量の関係

③ 財の需給均衡

$$\text{財1: } X_{1a} + X_{1b} + X_{1r} + C_1 + I_1 + EX_1 - IM_1 \leq Y_1 = Y_{a1} + Y_{b1}$$

$$\text{財2: } X_{2a} + X_{2b} + X_{2r} + C_2 + I_2 + EX_2 - IM_2 \leq Y_2 = Y_{a2} + Y_{b2}$$

④ 生産要素の均衡

$$\text{資本: } K_a + K_b + K_r \leq K^*$$

$$\text{労働: } L_a + L_b + L_r \leq L^*$$

⑤ 再生品の需給均衡

$$\text{財1の再生品: } R_{1a} + R_{1b} + R_{1r} + R_{1h} \leq S_1$$

$$\text{財2の再生品: } R_{2a} + R_{2b} + R_{2r} + R_{2h} \leq S_2$$

⑥ 処理される廃棄物のフロー

$$\text{廃棄物w: } G_{aw} + G_{bw} + G_{hw} \leq Z_w$$

$$\text{廃棄物x: } G_{ax} + G_{bx} + G_{hx} \leq Z_x$$

⑦ 環境負荷のフロー

$$\text{廃棄物最終処分: } F_w + F_x \leq F^*$$

$$\text{土地: } J_a + J_b + J_r + J_h \leq J^*$$

$$\text{大気汚染: } AP_a + AP_b + AP_r + AP_h \leq AP^*$$

$$\text{水質汚濁: } WP_a + WP_b + WP_r + WP_h \leq WP^*$$

$$\text{取水量: } WW_a + WW_b + WW_r + WW_h \leq WW^*$$

⑧ 家計の収支

$$\begin{aligned} & C_1 \cdot P_1 + C_2 \cdot P_2 + I_1 \cdot P_1 + I_2 \cdot P_2 + R_{1h} \cdot P_{S1} + R_{2h} \cdot P_{S2} \\ & + J_h \cdot P_J + G_{hw} \cdot P_w + G_{hx} \cdot P_x + AP_h \cdot P_{AP} + WP_h \cdot P_{WP} + WW_h \cdot P_{WW} \\ & = K^* \cdot P_K + L^* \cdot P_L + F^* \cdot P_F + J^* \cdot P_J + AP^* \cdot P_{AP} + WP^* \cdot P_{WP} + WW^* \cdot P_{WW} \end{aligned}$$

⑨ 各部門の収支

$$\begin{aligned} \text{部門a: } & Y_{a1} \cdot P_1 + Y_{a2} \cdot P_2 \\ & = X_{1a} \cdot P_1 + X_{2a} \cdot P_2 + K_a \cdot P_K + L_a \cdot P_L + R_{1a} \cdot P_{S1} + R_{2a} \cdot P_{S2} + G_{aw} \cdot P_w + G_{ax} \cdot P_x + J_a \cdot P_J \\ & + AP_a \cdot P_{AP} + WP_a \cdot P_{WP} + WW_a \cdot P_{WW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{部門b: } & Y_{b1} \cdot P_1 + Y_{b2} \cdot P_2 \\ & = X_{1b} \cdot P_1 + X_{2b} \cdot P_2 + K_b \cdot P_K + L_b \cdot P_L + R_{1b} \cdot P_{S1} + R_{2b} \cdot P_{S2} + G_{bw} \cdot P_w + G_{bx} \cdot P_x + J_b \cdot P_J \\ & + AP_b \cdot P_{AP} + WP_b \cdot P_{WP} + WW_b \cdot P_{WW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{廃棄物処理部門: } & Z_w \cdot P_w + Z_x \cdot P_x + S_1 \cdot P_{S1} + S_2 \cdot P_{S2} \\ & = X_{1r} \cdot P_1 + X_{2r} \cdot P_2 + K_r \cdot P_K + L_r \cdot P_L + R_{1r} \cdot P_{S1} + R_{2r} \cdot P_{S2} + (F_w + F_x) \cdot P_F + J_r \cdot P_J \\ & + AP_r \cdot P_{AP} + WP_r \cdot P_{WP} + WW_r \cdot P_{WW} \end{aligned}$$

⑩ 輸出

$$\text{財1: } EX_1 = ex_1 \cdot Y_1$$

$$\text{財2: } EX_2 = ex_2 \cdot Y_2$$

ex_i : 財 i の国内生産に占める輸出の比率

⑪ 輸入

$$\text{財1: } IM_1 = im_1 \cdot (X_{1a} + X_{1b} + X_{1r} + C_1 + I_1)$$

$$\text{財2: } IM_2 = im_2 \cdot (X_{2a} + X_{2b} + X_{2r} + C_2 + I_2)$$

im_i : 財 i の国内需要に対する輸入の比率

⑫ 固定資本形成

$$\text{財1: } I_1 = k_1 \cdot K^*$$

$$\text{財2: } I_2 = k_2 \cdot K^*$$

k_i : 資本を維持するために必要な固定資本形成

モデルのパラメータは、カリブレーション法により設定している。

生産関数は、基本的にはレオンチェフ関数(代替弾力性が 0)を採用しており、資本と労働の関係など一部については他の代替関係を定義している(資本と労働は代替弾力性が 1 のコブダグラス関数など)。家計の需要関数のうち、非エネルギー財の消費についてはコブダグラス関数を、エネルギー消費についてはレオンチェフ関数を想定している。エネルギー消費については、既に設置されている機器により、活動あたりのエネルギー消費量が決まっているとみなしている。

物質収支をとる必要がある部分の財の代替については、代替弾力性を 0 もしくは無限大と定めている。上記の例では、廃棄物のみ発生、除去、排出を明示しているが、他の汚染についても同様である。活動水準と環境負荷の発生、除去については、代替弾力性を 0 と定義している。つまり、活動水準が α 倍になると、環境負荷の発生も α 倍になる。ただし、想定されている技術によって、活動水準が α 倍になっても環境負荷の発生が β 倍となることもなるが、この定数 β は 2050 年に設置する技術の組み合わせによってあらかじめ設定されるものである。また、発生、除去の変化を考慮して排出係数を調整する。

