

付論 1 2 部門モデルによる農業保護縮小の 環境へのインパクト試算

にし ざわ せい いち ろう
西 澤 榮 一 郎

1. はじめに

農業支持・保護の削減で農業生産が減少した場合、それまで農業において使用されていた労働、資本、土地といった生産要素は他産業で使われることになる。このとき、農業に起因する環境汚染は減少するが、他の部門での経済活動の増加に伴い、その部門からの環境汚染は増える可能性がある。農業支持・保護の削減による農業活動の低下が全体として環境に正の影響を与えるかどうかは、農業と非農業部門との相対的な環境汚染への寄与度、および農業支持・保護の削減後の経済活動のあり方によって決まってくる。

本論では、まず簡単な農工2部門モデルを構築して、農業支持・保護の削減が全体として環境に負の影響を与える場合があることを比較静学によって示し、つぎに数値例として、日本経済を単純な2部門モデルで近似し、農業支持・保護の削減が環境に与える影響についてシミュレーションを試みる。

2. モデル

ここでは簡単な2部門モデルを構築する。一国の経済が農業と工業の2部門からなるものとする。両部門は生産要素として労働と資本を使うものとし、この国の生産要素の総量は一定であると仮定する。環境汚染は各部門の生産量の関数であり、各部門からの汚染量の和がこの国全体の汚染量となるものと仮定する。生産物の価格は国際市場あるいは政府

によって決定されるものとし、生産者は所与の価格で好きなだけ生産物を販売できるものとする。要するに、生産技術を表す生産関数と所与の生産物価格によって生産要素の各部門への配分と要素価格が決まり、それによって各部門の産出量とそれに伴う環境汚染量が決定する、というのがこのモデルのメカニズムである。

各部門の生産関数をそれぞれ

$$f=f(l_a, k_a) \quad (1)$$

$$g=g(l_b, k_b) \quad (2)$$

とおく。ここで、

f =農産物

g =工業製品

l_i = i 部門で使われる労働 ($i=a, b$ 。 a は農業部門を、 b は工業部門を表す。)

k_i = i 部門で使われる資本 ($i=a, b$)。

以下の比較静学分析のために、 f および g は凹関数、すなわち

$$f_l \geq 0, f_k \geq 0, f_{ll} \leq 0, f_{kk} \leq 0,$$

$$f_{ll}f_{kk} - f_{lk}^2 \geq 0,$$

$$g_l \geq 0, g_k \geq 0, g_{ll} \leq 0, g_{kk} \leq 0,$$

$$g_{ll}g_{kk} - g_{lk}^2 \geq 0,$$

と仮定する。また、 $f_{lk} \geq 0, g_{lk} \geq 0$ を仮定する。ただし、ここで下付添字は当該要素に関する偏微分を表す。

生産要素に関する制約式はつぎの2式で表される。

$$L=l_a+l_b \quad (3)$$

$$K=k_a+k_b \quad (4)$$

さらに、環境汚染総量 E は次式によって決まるものと仮定する。

$$E=e^a(f) + e^b(g) \quad (5)$$

ここで、 $\partial e^a/\partial f = e^{a'} > 0$, $\partial e^b/\partial g = e^{b'} > 0$, つまり生産量が増えれば汚染量も増えるものと仮定する。

農産物価格の工業製品価格に対する比率を p とし、賃金を w , 資本のレンタル価格を r とおくと、市場均衡において両部門の生産者は以下の4式を満たすように生産要素を投入する。

$$pf_i = w \quad (6)$$

$$pf_k = r \quad (7)$$

$$g_i = w \quad (8)$$

$$g_k = r \quad (9)$$

これらの式は限界生産物価値と要素価格の均等化を示している。

3. 比較静学

農産物価格の工業製品価格に対する比率 p は、農業支持・保護の水準とみなすことができる。このとき、農業支持・保護の削減は p の低下で表される。農業支持・保護の削減の環境への影響をみるためには、(3)~(9)式を連立方程式体系として比較静学を行えばよい。この方程式体系の未知数は、 E , l_a , l_b , k_a , k_b , w , r の七つであり、パラメータは L , K , および p である。(3)~(9)式を全微分して $dK = dL = 0$ とおき、行列演算を行うと次式が得られる。

$$\frac{dE}{dp} = \frac{(e^{b'} g_i - e^{a'} f_i) \{p(f_{f_{kk}} - f_{kf_{ik}}) + f_{g_{kk}} - f_{kg_{ik}}\} + (e^{b'} g_k - e^{a'} f_k) \times \{p(f_{kf_{ii}} - f_{if_{ik}}) + f_{kg_{ii}} - f_{ig_{ik}}\}}{p^2(f_{if_{kk}} - f_{ik}^2) + (g_{ig_{kk}} - g_{ik}^2) + p(f_{ig_{kk}} + f_{kk}g_{ii} - 2f_{ik}g_{ik})} \quad (10)$$

dE/dp は、限界的に農産物価格が上昇した場合に環境汚染総量はどう変化するかを表す。

2で置いた仮定だけでは(10)式の右辺の分子、分母とも符号を決定することはできない。分子、分母のそれぞれの符号について検討を加えていくことにする。

分子は二つの項からなっており、それぞれ二つの要素の積になっている。それぞれの項の二番目の要素は上記の仮定からいずれも負であることがわかる。残りの二つの要素はつぎのように解釈できる。

$$\begin{aligned} e^{b'} g_i - e^{a'} f_i &= \partial e^b/\partial g \cdot \partial g/\partial l_b - \partial e^a/\partial f \cdot \partial f/\partial l_a \\ &= \partial e^b/\partial g \cdot \partial g/\partial l_b + \partial e^a/\partial f \cdot \partial f/\partial l_b \\ &= \partial E/\partial l_b \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} e^{b'} g_k - e^{a'} f_k &= \partial e^b/\partial g \cdot \partial g/\partial k_b - \partial e^a/\partial f \cdot \partial f/\partial k_a \\ &= \partial E/\partial k_b \end{aligned} \quad (12)$$

この式変形において、制約条件式(3), (4)が使われている。つまり、上記の二つの要素は、労働および資本が農業部門から工業部門へ一単位移動した場合の環境への影響である。これらが正、つまり労働および資本が農業部門に投下されるときに比べ工業部門に投下されるときの方がより環境に悪影響を及ぼす場合に分子は負となり、反対の場合、分子は正となる。なお、環境汚染量が生産量の関数であるという(5)の定式化では、(11), (12)の左辺からわかるように、農業部門からの生産量一単位あたりの汚染量が工業部門からのそれよりも多くても、工業部門の限界生産性が高ければ、(11), (12)は正、つまり(10)式の右辺の分子は負になりうる。

(10)式の右辺の分母は最終項 $(-2f_{ik}g_{ik})$ のみが負である。この項の絶対値が残りの項の和より大きいとき、分母は負となる。産業レベルの生産関数については、規模に関して収穫一定の仮定をおくことが多いが、考察を進めるためにここでもこの仮定を採用すると、

$$f_{if_{kk}} - f_{ik}^2 = g_{ig_{kk}} - g_{ik}^2 = 0,$$

$$f_{ik} = f f_k / \sigma_f$$

$$g_{ik} = g g_k / \sigma_g$$

となる。ただし、 σ_i は i 部門 ($i=a, b$) の生産要素の代替の弾力性である。代替の弾力性と f_{ik} , g_{ik} は反比例の関係にあるので、代替の弾力性が小さいとき分母は負になり、反対の場合、分母は正となる。

分子・分母の符号が一致しない場合に

dE/dp は負、つまり p が上昇するとき E は減少する。逆にいうと、農業支持の減少が環境汚染の増加をもたらす。したがって、両部門の生産要素の代替の弾力性が小さく、生産要素が農業部門から工業部門へ一単位移動したとき環境が悪化する場合、あるいは両部門の代替の弾力性が大きく、生産要素が農業部門から工業部門へ一単位移動したとき環境が改善される場合、農業支持・保護の削減が環境汚染の増加を引き起こすといえる。

4. 数 値 例

ここでは、3 のモデルに基づき日本経済を近似し、農業支持・保護のレベルと環境汚染との関係について簡単なシミュレーションを試みる。使用するモデルは山口 [1] に準拠している。

日本経済を農林水産業とその他の部門からなるものとし、それぞれの部門における生産関数をコブ・ダグラス型で以下のようにおく。

$$f = T_a l_a^{0.6} k_a^{0.15} A^{0.25} \quad (13)$$

$$g = T_b l_b^{0.65} k_b^{0.35} \quad (14)$$

A は耕地面積であり、外生変数であるとする。各要素の指数は要素分配率を表し、それらの和は1であるので、両部門は規模に関して収穫一定という性質を持っている。これらの要素分配率については最近の数値が得られ

なかったため、山口 [1] の直近時 (1965～1970) の値を参考にした。 $f, g, l_a, l_b, k_a, k_b, A$ については第1表に示す数値を用いた。 T_a, T_b については、第1表の数値から計算した。3 と同様、労働と資本の総量は一定であると仮定している。

$$L = l_a + l_b \quad (15)$$

$$K = k_a + k_b \quad (16)$$

つぎに、各部門の均衡要素価格を次式で算出した。

$$pf_i = w_a \quad (17)$$

$$pf_k = r_a \quad (18)$$

$$g_l = w_b \quad (19)$$

$$g_k = r_b \quad (20)$$

p については第1表を参照されたい。均衡要素価格は両部門で一致しない。そこで、

$$m_1 = w_b/w_a \quad (21)$$

$$m_2 = r_b/r_a \quad (22)$$

とおき、各生産要素の両部門での価格比が一定に保たれると仮定する。

最後に、環境汚染の決定式について検討する。ここでは二酸化炭素 (CO_2) の発生量を環境汚染として取り上げる。環境庁が推計した部門別 CO_2 発生量 (1990 年) を GDP (国内総生産) で除し、各部門の生産額 10 億円当たりの CO_2 発生量を求め、次式を得た。

$$E = 0.891f + 0.775g \quad (23)$$

E は CO_2 発生量 (千炭素トン) であり、各部門の生産額一単位当たりの CO_2 発生量は

第1表 データ

記号	数値	内 容	対 象 年
f	9977	農林水産業名目国内総生産 (10 億円)	1993 年
g	426679	その他産業名目国内総生産 (10 億円)	1993 年
l_a	383	農林水産業就業人口 (万人)	1993 年平均
l_b	5858	(非農林水産業マイナス公務) 就業人口 (万人)	1993 年平均
k_a	34325	農家の純固定資産 (10 億円)	1993 年度末
k_b	707091	民間部門純固定資産マイナス k_a (10 億円)	1993 年末
A	5124	耕地面積 (千 ha)	1993 年 8 月
p	0.99	農林水産物卸売物価指数/工業製品卸売物価指数	1993 年平均

第2表 シミュレーション結果

p	f	g	$f+g$	E	E^*
0.99	9969	426805	436774	339656	335021
0.90	7507	434798	442305 (1.27)	343657 (1.18)	340166 (1.54)
0.80	5282	441297	446579 (2.24)	346711 (2.08)	349255 (2.76)
0.70	3543	445781	449324 (2.87)	348637 (2.64)	346989 (3.57)

注(1) () 内は基準ケース ($p=0.99$) と対比した増加分を%で示している。

(2) 基準ケースの f, g はシミュレーションの結果であるため、第1表の数字と一致しない。

(3) E^* は農業部門の排出係数を 0.426 とおいた場合の値である。

定であると仮定している。

方程式体系 (13)~(23) において、 p が 0.99 から 0.9, 0.8, 0.7 に変化した場合の計算結果が第2表である。

GDP 一単位当たりの CO_2 発生量はその他部門に比べて農業部門のほうが多いものの、 p の低下、すなわち農業保護・支持の削減によって農業部門が縮小し、生産要素が他の部門に移動することによって GDP の総体が増加し、それに伴って CO_2 発生量も増えるという結果になった。GDP 一単位当たりの CO_2 発生量はその他部門のほうが少ないため、GDP の増加率に比べると CO_2 発生量の伸びは小さい。

なお、第1章で議論しているように、(19) 式の f の係数は過大であるかもしれない。0.891 の代わりに 0.426 を用いたときの CO_2 発生量も計算した。それが第2表の E^* である。この場合は、GDP の伸びを上回って CO_2 発生量が増加するという結果になる。

5. ま と め

本論では、農業支持・保護の削減による農業活動の低下が全体として環境に正の影響を

与えるかどうかについて、簡単な2部門モデルを使って検討を行った。比較静学による分析では、両部門の生産要素の代替の弾力性が小さく、生産要素が農業部門から工業部門へ一単位移動したとき環境が悪化する場合、あるいは両部門の代替の弾力性が大きく、生産要素が農業部門から工業部門へ一単位移動したとき環境が改善される場合、農業支持・保護の削減が環境汚染の増加を引き起こすということがわかった。つぎに、日本経済を2部門モデルによって近似し、農産物価格の下落の環境への影響を、 CO_2 発生量を例にとりシミュレーションを行った。GDP 一単位当たりの CO_2 発生量はその他部門に比べて農業部門のほうが多いものの、GDP 全体の増加に伴って CO_2 の総発生量は増加するという結果が得られた。したがって、他の条件が一定のもとで農業支持・保護を削減したとき、他部門を考慮に入れば全体としては環境に負の影響がある場合があるということが指摘できた。

【参 考 文 献】

- (1) 山口三十四『産業構造の変化と農業』有斐閣、1994年。