

## 1. はじめに

本稿では、分権的市場機構の下で、混雑現象を引き起こす生産要素である社会的共通資本の使用に対して、料金を課す問題を考察する。なかでも、社会的共通資本を広く“環境”と解釈して、開放経済における環境税のあり方について理論的に検討する。この目的に対して、宇沢（1972）の社会(的)共通資本の混雑現象をモデル化した枠組みを利用する。すなわち、社会的共通資本の生産面での役割を重視し、私的資本とともに、生産要素として用いられると想定する。宇沢（1972）が生産される財の種類が1つの1財モデルなのに対して、本稿では、2種類の財が存在する2部門マクロモデルに拡張する。

このモデルでは、私的資本と社会的共通資本を生産要素として、2種類のアウトプットを産出する。私的資本については、短期的に所与とされる資本ストックが、両部門で完全雇用されるように配分される。社会的共通資本の使用にともなっては混雑現象が引き起こされるが、具体的には期待産出量の減少としてあらわれる。混雑現象の尺度となるのは、社会的共通資本の総使用水準とストックの賦与水準の比率で定義される混雑度である。本稿での社会的共通資本は、生産力効果を発揮するという意味では、宇沢(1994)が分類する社会的共通資本の中では社会資本（インフラ）に近いものである。しかしながら、同時に、地球温暖化問題なども射程内に含める自然資本の理論的枠組みとしても解釈可能なものであり、本稿で社会的共通資本を広く“環境”と解釈するのも、そのような現実経済の問題の解明に役立てようとの心積もりからである。

さて、2部門マクロモデルでは生産物が2種類存在するために、それらの相対価格が問題となる。この相対価格は一般的には混雑度と要素相対価格の動向に依存するが、単純化の仮定の下では要素相対価格には依存しなくなる。単純化の仮定は2つの場合がある。1つは、両部門での社会的共通資本・私的資本比率が同じ場合であり、もう1つは、各部門でそれぞれこの比率を一定に保とうとする場合である。これらの場合には、社会的共通資本の使用料金率（環境税）を上昇させると、混雑度が減少する。

本稿の第2節と第3節が、以上のようなモデルの設定と準備的考察に当てられる。続いて第4節では、環境税率の水準によってこの経済の実質国内総生産額がどのような影響を受けるかを考察する。その結果は、混雑現象による限界的社会費用に等しい環境税率を課す際に、実質国内総生産額が最大となることが示される。ただし、この場合の限界的社会費用は、環境税によって誘発される相対価格の変化を反映したものでなければならない。

第5節では、2部門マクロモデルを開放経済に拡張し、社会的共通資本が無料で使用できる状況から自由貿易の下で開放経済に移行する場合に、経済厚生がどのように変化するか

を考察する。その結果、混雑現象によって産出量減少効果を大きく受ける財を輸出する場合には、その国の経済厚生は必ず減少することが証明される。このような場合には、関税をかけて保護貿易にするのが有利になるが、それは最善の策ではなく、社会的共通資本の使用に対して環境税を課すのが望ましい。すなわち、この環境税率を国内生産にともなう限界的社会費用に等しくすれば、自由貿易によって厚生水準が上昇する。さらに、貿易後の国内消費量をあたかも自国で生産しているかのように見做し、その場合に対応する限界的社会費用に等しく環境税率を決めてやれば、経済厚生が最大になることが証明される。

第6節は本稿の結論部分である。なお本稿は、浅子(1974)以来 Asako(1979)や 浅子・阿部・篠原(1997)と折にふれ断片的に追求してきた、環境問題と貿易に関する理論的考察の成果の一部である。

## 2. 閉鎖経済モデル

宇沢(1972)の定式化による社会的共通資本は、Samuelson(1956)の定式化による純粋公共財と2つの点で異なる。1つは、社会的共通資本のサービスを利用する場合には、各経済主体が自由に選択して使用できる点であり、他は、社会的共通資本の総使用水準が高くなると、混雑現象が生じ、経済活動に支障をきたす点である。以下では、宇沢モデルを2部門マクロモデルに拡張して展開する。

### 2. 1 2部門マクロモデル

生産される財は2種類であり、第1財  $Q_1$  と第2財  $Q_2$  とする。第  $i$  部門 ( $i=1,2$ ) では、生産要素として私的資本  $K_i$  と社会的共通資本のサービス  $X_i$  を用いる。労働は明示的に考慮しないが、一般性を失わず、私的資本と同様に導入することは可能である。

社会的共通資本使用にともなっては、両部門の合計使用量  $X$  と賦与された総資本ストックの水準  $V$  によっては混雑現象が生じ、各部門の産出量が減少する。そこで、第  $i$  部門の生産関数は、一般的には  $K_i, X_i, X, V$  の関数となる。しかしながら、以下では分析を容易にするために、この生産関数は分離可能であり

$$(1) \quad Q_i = G_i(X, V) F_i(K_i, X_i) \quad (i=1,2)$$

と書けるものとする。さらに  $G_i(X, V)$  の部分は  $X$  と  $V$  について0次同次、 $F_i(K_i, X_i)$  の部分は  $K_i$  と  $X_i$  について1次同次であると仮定する。このとき、生産関数は、

$$(2) \quad Q_i = g_i(s) f_i(x_i) K_i \quad (i=1,2)$$

と表せる。ただし、

$$(3) \quad X = X_1 + X_2$$

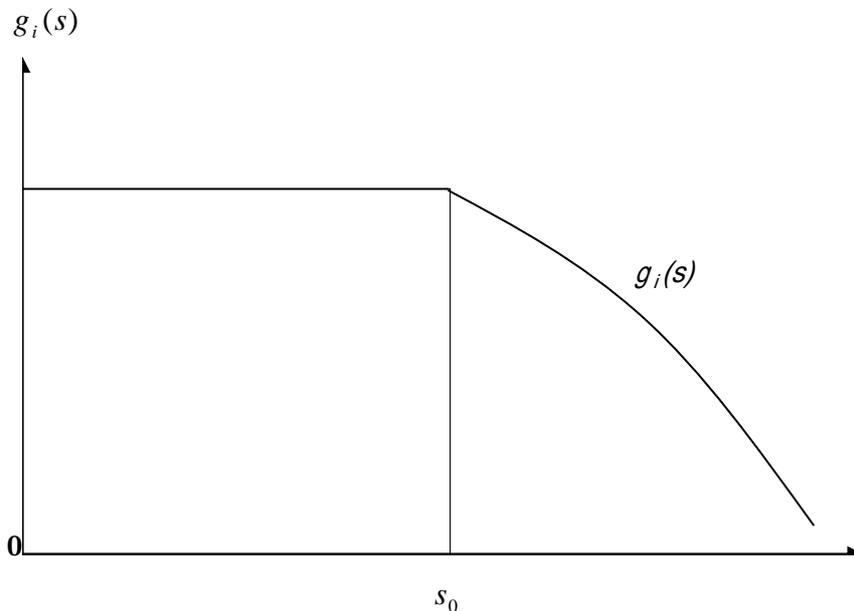
$$(4) \quad s = \frac{X}{V}$$

$$(5) \quad x_i = \frac{X_i}{K_i} \quad (i=1,2)$$

である。 $X$ は2つの部門で使用される社会的共通資本サービスの総使用量、 $s$ は社会的共通資本の総使用量と賦与されているストック量の比率であり、混雑度の指標となる。 $x_i$ は第*i*部門での社会的共通資本・私的資本比率である。

(1)において、 $K_i$ 、 $X_i$ に関しては通常限界代替率逓減を仮定する。また、 $g_i(s)$ は0から1の間の値をとり、混雑度が小さく、混雑現象が無視できるときには1に等しく、混雑度が大きくなるにつれて減少し始め、0に近づくものとする。また、この減少の程度は、混雑度が増加するにつれて大きくなる。すなわち、第1図にあるように、混雑度が $s_0$ の水準までは混雑現象が無視できるとすれば、 $g_i(s)$ については、次のような性質がある。

$$(6) \quad 0 < g_i(s) \leq 1, \quad g_i(s_0) = 1, \quad g_i'(s) < 0, \quad g_i''(s) < 0 \quad (s > s_0)$$



第1図 混雑現象の図

次に、生産関数(1)あるいは(2)にもとづいて私的資本と社会的共通資本の限界生産性

を求めてみよう。 $K_i, X_i$ について偏微分すると、

$$(7) \quad \frac{\partial Q_i}{\partial K_i} = g_i(s) \frac{\partial F_i}{\partial K_i} = g_i(s) [f_i(x_i) - x_i f_i'(x_i)]$$

$$(8) \quad \frac{\partial Q_i}{\partial X_i} = (1 - \eta_i) g_i(s) \frac{\partial F_i}{\partial X_i} = (1 - \eta_i) g_i(s) f_i'(x_i)$$

となる。ただし、

$$(9) \quad \eta_i = - \frac{\partial g_i / g_i}{\partial F_i / F_i}$$

であり、これは第  $i$  部門において社会的共通資本のサービスの使用量を増加させて、プラスの産出量増加効果  $F_i(K_i, X_i)$  が 1% 増加する際に、同時に起こる混雑度  $s$  の増加によって産出量減少効果の部分  $g_i(s)$  が何%減少するかを表す弾力性を絶対値で評価したものである。 $\eta_i$  の値は通常は 1 よりも小さいと考えられるが、混雑度が非常に高くなると、1 よりも大きくなる可能性もある。 $\eta_i$  が 1 よりも大きくなると、社会的共通資本の限界生産性は負になる。

結局、1 次同次性を仮定したことから、(7)、(8)により、私的資本と社会的共通資本の限界生産性は、混雑度  $s$  および社会的共通資本・私的資本比率  $x_i$  に依存することが分る。

## 2. 2 社会的共通資本の環境税

さて、私的資本のレンタル・プライスを  $r$ 、社会的共通資本のサービスの使用に際しては  $\theta$  だけの使用料（以下、環境税と呼ぶ）が課せられるものとしよう。すなわち、社会的共通資本のサービスにも市場価格が付けられたことになる。 $p_i$  を第  $i$  財の市場価格とした場合、第  $i$  部門では、その利潤  $\pi_i$

$$(10) \quad \pi_i = p_i Q_i - r K_i - \theta X_i$$

が最大になるように、産出量  $Q_i$ 、私的資本  $K_i$  および社会的共通資本の使用量  $X_i$  を決定する。この際、第  $i$  部門の産出量は混雑度  $s$  の値によっても左右され、これは自らの社会的共通資本の使用量に加えて他部門の使用量にも依存する。したがって、厳密に考えるならば、最適な社会的共通資本の使用量を決定するには、他部門での使用量も考慮する必要がある。しかしながら、ここではこの外部性は明示的に考慮しないものとする。その理由は 2 つある。

その 1 は、2 部門マクロモデルとはいえ、その背景では各部門ともに多くの生産主体が競

争状態にあり、分権的な市場機構の下では、それぞれの生産者が占める割合は小さく、混雑度に対する限界的な影響は無視できると考えてしまうからである。第 2 に、他の経済主体の影響を考慮する戦略的行動を前提としても、相手の行動は不変と想定する **Nash** 均衡タイプの取り扱いを出発点とするならば、それは、ここでは混雑度を不変とするものだからである。

さて、(10)で与えられる利潤  $\pi_i$  を最大にするには、本来は、私的資本および社会的共通資本の使用量は、それぞれの限界生産性が実質レンタル率  $\frac{r}{p_i}$ 、および実質環境税  $\frac{\theta}{p_i}$  に等しくなるような水準に決めるのがよい。すなわち(7)、(8)を用いれば、

$$(11) \quad p_i \frac{\partial Q_i}{\partial K_i} = p_i g_i(s) \frac{\partial F_i}{\partial K_i} = p_i g_i(s) [f_i(x_i) - x_i f_i'(x_i)] = r$$

$$(12) \quad p_i \frac{\partial Q_i}{\partial X_i} = p_i (1 - \eta_i) g_i(s) \frac{\partial F_i}{\partial X_i} = p_i (1 - \eta_i) g_i(s) f_i'(x_i) = \theta$$

の成立を考える。ところが、既述のように、社会的共通資本については分権的な市場機構の下では混雑現象を考慮しないと考えられることから、(12)は成立せず、代わりに

$$(13) \quad p_i g_i(s) \frac{\partial F_i}{\partial X_i} = p_i g_i(s) f_i'(x_i) = \theta$$

が成立するように行動する。このときには利潤  $\pi_i$  は最大とはならず、第  $i$  部門の社会的共通資本の使用量は、ネットの限界生産性にもとづいて行動する場合よりも過大になる。公共財についてよく指摘される“コモンズの悲劇”の一例である。

次に、要素価格比率を  $w$  とすれば、(11),(13)より、

$$(14) \quad w = \frac{r}{\theta} = \frac{f_i(x_i)}{f_i'(x_i)} - x_i$$

となり、これより、第  $i$  部門の社会的共通資本・私的資本比率  $x_i$  は要素価格比率  $w$  だけから決まる。さらに、(13)より、第 1 財の価格をニューメールとした相対価格を  $p$  とすれば

$$(15) \quad p = \frac{p_2}{p_1} = \frac{g_1(s) f_1'(x_1)}{g_2(s) f_2'(x_2)}$$

となり、第  $i$  部門の社会的共通資本・私的資本比率  $x_1, x_2$ 、および混雑度  $s$  と関数関係にあることが分る。

### 2. 3 2部門経済の一般均衡体系

ここで、この2部門経済の一般均衡体系を整理する。この経済における生産要素は、私的資本と社会的共通資本の2つであり、私的資本は私有されているが社会的共通資本は私有されていない。私的資本は短期的には $K$ で所与であり、2部門で完全雇用される。つまり、私的資本の生産要素市場では、需要と供給が一致するように、レンタル・プライスの変化を通じて均衡が達成される。社会的共通資本にはこのような制限はなく、両部門で使用するサービスの合計が、短期的には所与とされる社会的共通資本のストック $V$ と相俟って、混雑現象となってマイナスの影響を及ぼす。各生産要素を第 $i$ 部門でどのくらい需要するかは、限界生産性が実質要素価格に等しい条件、(11)、(13)から得られる。

生産物の供給条件は生産関数(1)あるいは(2)で与えられた通りである。これと、生産物の需要の定式化次第で相対価格が決まる。第1財および第2財に対する社会全体としての需要量 $D_1, D_2$ は、それなりのミクロ的基礎付けを行うならば、第1財および第2財の市場価格 $p_1, p_2$ と国民純生産額に依存すると考えることができよう。

以上を整理すれば、このモデルの一般均衡は次のような方程式体系となる。なお、このモデルでは絶対価格水準は問題とならないために、ニューメレール財である第1財の価格を $p_1 = 1$ として基準化する。数式番号は、改めて付けなおす。

$$(16) \quad Q_i = g_i(s)f_i(x_i)K_i \quad (i=1,2)$$

$$(17) \quad s = \frac{X}{V}$$

$$(18) \quad K_1 + K_2 = K$$

$$(19) \quad X_1 + X_2 = X$$

$$(20) \quad x_i = \frac{X_i}{K_i} \quad (i=1,2)$$

$$(21) \quad g_1(s)[f_1(x_1) - x_1 f_1'(x_1)] = p g_2(s)[f_2(x_2) - x_2 f_2'(x_2)] = r$$

$$(22) \quad g_1(s)f_1'(x_1) = p g_2(s)f_2'(x_2) = \theta$$

$$(23) \quad Q = Q_1 + pQ_2$$

$$(24) \quad D_i = D_i(p, Q) \quad (i=1,2)$$

$$(25) \quad D_i = Q_i \quad (i=1,2)$$

(16)はいうまでもなく、第 $i$ 財の生産関数である。(17)は混雑度の定義式であり、(18)は私的資本の需給均衡条件式、(19)は社会的共通資本の総使用量 $X$ の定義式、(20)は社会的共通資本・私的資本比率の定義式である。(21)と(22)は、私的資本と社会的共通資本の限界生産性が、第1財の価格をニューメレールとした場合の要素価格に等しいという、生産要素

の需要側を規定する式である。(23)は、第 1 財ではかった実質国内総生産額  $Q$  の計算式である。(24)は第  $i$  財の需要関数、(25)は第  $i$  財市場の需給均衡式である。この経済では、2 つの財しか存在しないことから、ワルラス法則により、(25)のうち 1 個は独立ではない。つまり、1 つの財の市場で需給均衡が成立すれば、他の財の市場でも、必ず需給均衡が成立する。

さて、(16)から(25)には、独立でない 1 個の式を除けば、結局 15 個の方程式ないし定義式があることになる。一方、未知数の数は、 $Q_1, Q_2, D_1, D_2, Q, K_1, K_2, X_1, X_2, x_1, x_2, X, s, r, p$  の 15 個であり、式の数と一致する。すなわち、短期的には所与とされる  $K$  と  $V$  が与えられ、政策的に  $\theta$  を決めてやれば数学的には解が一義的に決まり、モデルが確定する。

## 2. 環境税と相対価格の動き

以下では、社会的共通資本の使用に対して、既に  $\theta$  だけの環境税が課せられており、その  $\theta$  を変化させた場合の相対価格の動きをみる。(15)の相対価格の両辺を  $\theta$  で対数微分すると

$$(26) \quad \frac{1}{p} \frac{dp}{d\theta} = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \frac{1}{s} \frac{ds}{d\theta} + \frac{f_1'' dx_1}{f_1' d\theta} + \frac{f_2'' dx_2}{f_2' d\theta}$$

が得られる。ここで、(14) および (14) を全微分して得られる

$$(27) \quad dw = -\frac{f_i f_i''}{f_i^{3/2}} dx_i$$

の関係を用いて整理すれば、

$$(28) \quad \frac{1}{p} \frac{dp}{d\theta} = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \frac{1}{s} \frac{ds}{d\theta} + \frac{x_1 - x_2}{(w + x_1)(w + x_2)} \frac{dw}{d\theta}$$

となり、相対価格  $p$  の動きは、右辺第 1 項の混雑度  $s$  の変化を通す部分と、第 2 項のように要素相対価格  $w$  の変化を通じる部分に分かれる。ただし、環境税  $\theta$  を変化させたときの、混雑度および要素相対価格の動きには、第 1 部門の社会的共通資本の需要を律する

$$g_1(s) f_1'(x_1) = \theta$$

を  $\theta$  について微分し、(27)を用いると

$$(29) \quad -\varepsilon_1 \frac{1}{s} \frac{ds}{d\theta} - \frac{1}{w+x_1} \frac{dw}{d\theta} = \frac{1}{\theta}$$

となるから、 $\theta > 0$ である限り一定の関係がある。(29)からは、要素相対価格が不変なのは、 $\theta$ に対する混雑度  $s$  の弾力性が絶対値で  $\varepsilon_1$  の逆数になるときであることがわかる。

しかしながら、この両者を考慮する場合には以下の分析は複雑になるので、主として混雑現象に焦点をあてるために、(28)の右辺第2項がゼロになる場合について考察を進める。これが成立するのは、2つの場合に分けて考えることができる。その1つは、第1部門と第2部門の社会的共通資本・私的資本比率が等しい場合であり、他は、環境税率  $\theta$  を変化させても、要素相対価格  $w$  が変化しない場合である。

まず、前者の場合について考察する。この場合には  $x_1 = x_2 = x$  とおけば、

$$X = X_1 + X_2 = x(K_1 + K_2) = xK$$

であり、混雑度  $s$  は、

$$s = \frac{X}{V} = x \cdot \frac{K}{V}$$

となる。 $K$  も  $V$  も所与であるから、

$$\frac{ds}{d\theta} = \frac{K}{V} \cdot \frac{dx}{d\theta}$$

となり、(27)より

$$\frac{dw}{d\theta} = -\frac{f_1 f_1''}{f_1'^2} \frac{dx}{d\theta} = -\frac{f_1 f_1''}{f_1'^2} \cdot \frac{V}{K} \frac{ds}{d\theta}$$

が得られる。これを(29)に代入して整理すれば、

$$(30) \quad \frac{ds}{d\theta} = \frac{1}{\left(-\varepsilon_1 \frac{1}{s} + \frac{f_1'' V}{f_1' K}\right)\theta} < 0$$

となる。

次に、要素相対価格が変化しない場合について考察する。要素相対価格が変化しないのであるから、(14)からも明らかのように、このときには第  $i$  部門での社会的共通資本・私的資本比率も変化しない。これを、次のように解釈する。すなわち、私的資本と社会的共通資本には、要素相対価格に応じて生産要素として最適な組み合わせがあり、生産者はこの組み合わせを保とうとする。ともに供給が有限な2生産要素の完全雇用モデルでは、この最適な比率は、要素相対価格の変化にともなって、比率自体が変化して、2つの生産要素が完全雇用されるようになるが、社会的共通資本についてはこのような制限がない。すなわち、使用したいだけ使用できる2部門モデルでは、環境税率  $\theta$  が変化した場合にも、最適な生産要素の組み合わせが保たれるように、私的資本のレンタル・プライス  $r$  が、要素相対価格が変化しないように調整され、結果的には、社会的共通資本の総使用水準が変化することになると考えるのである。この場合、生産の規模が決まるのは、混雑現象の制約を

受けるからである。

さて、社会的共通資本・私的資本比率を変化させないという仮定のもとでは、環境税率  $\theta$  を変化させた場合の混雑度  $s$  の動きは、(29)より、

$$(31) \quad \frac{ds}{d\theta} = -\frac{s}{\varepsilon_1 \theta} < 0$$

となる。

(30)、(31)より、いずれの場合にも、環境税率  $\theta$  を上げると、混雑度ないし社会的共通資本の総使用水準は低下し、 $\theta$  を下げると、総使用水準は増加する。

このようにして(28)の右辺第2項を無視して考えることができる場合には、

$$(32) \quad \frac{dp}{d\theta} = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \frac{p}{s} \frac{ds}{d\theta}$$

となり、(30)、(31)いずれの場合にも  $\frac{ds}{d\theta}$  は負であるから、 $\varepsilon_2$  の方が  $\varepsilon_1$  よりも大きい場合には、料金率  $\theta$  の上昇によって、第1財をニューメレールとした相対価格は低下する。 $\varepsilon_1$  の方が  $\varepsilon_2$  よりも大きいならば、逆に上昇する。これは、 $\theta$  の上昇によって、混雑度が減少するとき、混雑現象による産出量減少効果の大きい部門の産出量は、相対的に増加することになるために、その財の価格が相対的に低下するからである。

### 3. 1 要素使用量の変化

要素相対価格が変化しない場合には料金率  $\theta$  を変化させた場合の、各部門での、 $K_i, X_i$  の変化をみることもできる。

$$\frac{dx_i}{d\theta} = \frac{1}{K_i} \left( \frac{dX_i}{d\theta} - x_i \frac{dK_i}{d\theta} \right) = 0$$

$$\frac{dK_1}{d\theta} + \frac{dK_2}{d\theta} = 0$$

$$\frac{dX_1}{d\theta} + \frac{dX_2}{d\theta} = V \frac{ds}{d\theta}$$

であることを利用し、(31)も代入すれば、

$$\begin{aligned}
(33) \quad \frac{dK_1}{d\theta} &= \frac{1}{x_1 - x_2} V \frac{ds}{d\theta} = \frac{-1}{x_1 - x_2} \cdot \frac{sV}{\varepsilon_1 \theta} \\
\frac{dK_2}{d\theta} &= \frac{-1}{x_1 - x_2} V \frac{ds}{d\theta} = \frac{1}{x_1 - x_2} \cdot \frac{sV}{\varepsilon_1 \theta} \\
\frac{dX_1}{d\theta} &= \frac{x_1}{x_1 - x_2} V \frac{ds}{d\theta} = \frac{-x_1}{x_1 - x_2} \cdot \frac{sV}{\varepsilon_1 \theta} \\
\frac{dX_2}{d\theta} &= \frac{-x_2}{x_1 - x_2} V \frac{ds}{d\theta} = \frac{x_2}{x_1 - x_2} \cdot \frac{sV}{\varepsilon_1 \theta}
\end{aligned}$$

となる。第 2 部門の方が、社会的共通資本に集約的であるとすれば、すなわち、 $x_2$  の方が  $x_1$  よりも大きいことを仮定すれば、環境税率  $\theta$  を上昇させると、第 1 部門では、 $K_1$  も  $X_1$  も増加し、第 2 部門では  $K_2$  も  $X_2$  も減少する。 $\theta$  の上昇によって、混雑度も減少するから、混雑現象による産出量減少効果も小さくなるので、この場合には、第 1 部門では、産出量は必ず増加する。一方、第 2 部門では、 $K_2, X_2$  が減少する反面、混雑現象も少なくなるので実際の産出量がどうなるかは不定となる。

### 3. 2 産出量の変化

各部門の産出量については、次のようにして厳密に考えることができる。すなわち、生産関数(1)を用いて、 $\theta$  が変化した場合の産出量の変化をみると、(33) を代入して整理すれば

$$\frac{dQ_1}{d\theta} = \left( \frac{\varepsilon_1 Q_1}{s} + \frac{r + \theta x_1}{x_2 - x_1} V \right) \cdot \frac{s}{\varepsilon_1 \theta} > 0$$

と必ず正になることがわかる。同様にして、

$$\frac{dQ_2}{d\theta} = \left( \frac{\varepsilon_2 Q_2}{s} - \frac{r + \theta x_2}{x_2 - x_1} \cdot \frac{V}{p} \right) \cdot \frac{s}{\varepsilon_2 \theta} \geq 0$$

となり、この符合は一概にはいえない。以上のことは、本質的には、リプチンスキーの命題と同じである。

### 4. 実質国内総生産額の動き

さて、以上をふまえて、分権的市場機構の下での社会的共通資本に対して環境税  $\theta$  を課し、そ

の  $\theta$  を変化させた場合に

$$Q = Q_1 + pQ_2$$

で与えられる第1財ではかった実質国内総生産額がどのように変化するかをみてみよう。 $Q$ は $\theta, K, V$ に依存して決まってくるが、 $K$ と $V$ は一定として、 $\theta$ を動かしてみると、

$$\begin{aligned} \frac{dQ}{d\theta} &= \frac{dQ_1}{d\theta} + p \frac{dQ_2}{d\theta} + \frac{dp}{d\theta} Q_2 \\ &= (g_1' F_1 + p g_2' F_2) \frac{ds}{d\theta} + g_1 \frac{\partial F_1}{\partial K_1} \frac{dK_1}{d\theta} + p g_2 \frac{\partial F_2}{\partial K_2} \frac{dK_2}{d\theta} \\ &\quad + g_1 \frac{\partial F_1}{\partial X_1} \frac{dX_1}{d\theta} + p g_2 \frac{\partial F_2}{\partial X_2} \frac{dX_2}{d\theta} + \frac{dp}{d\theta} Q_2 \end{aligned}$$

となる。この式に、主体均衡条件式(21)、(22)、および相対価格の変化を表す(32)を代入すれば、

$$\begin{aligned} \frac{dQ}{d\theta} &= -(\varepsilon_1 Q_1 + \varepsilon_2 p Q_2) \frac{1}{s} \frac{ds}{d\theta} + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) p Q_2 \frac{1}{s} \frac{ds}{d\theta} + \theta \frac{dX}{d\theta} \\ &= -\varepsilon_1 (Q_1 + p Q_2) \frac{1}{s} \frac{ds}{d\theta} + \theta V \frac{ds}{d\theta} \\ &= (\theta - \varepsilon_1 \frac{Q}{sV}) V \cdot \frac{ds}{d\theta} \end{aligned}$$

となる。

ここで、 $\varepsilon_i \frac{Q_i}{sV}$  は、社会的共通資本への環境税率  $\theta$  の変化に従って相対価格が変化する場合の、第1財ではかった限界的社会費用 (marginal social cost, MSC) である。それは、次のような意味である。すなわち、 $\varepsilon_i$  は(28)で与えられるものであったから、

$$\varepsilon_i \frac{Q_i}{sV} = \varepsilon_i \frac{Q_i}{s} \cdot \frac{1}{V} = (-g_i' F_i) \frac{1}{V} = -\frac{\partial Q_i}{\partial s} \cdot \frac{\partial s}{\partial X}$$

となり、 $\varepsilon_i \frac{Q_i}{sV}$  は、社会的共通資本の総使用水準が限界的に増加し混雑現象を惹き起こすときに、第  $i$  部門の産出量が限界的にどれだけ減少するかをあらわすものだからである。相対価格が変化しない場合にはMSCは第1財ではかって、

$$\varepsilon_1 \frac{Q_1}{sV} + \varepsilon_2 \frac{pQ_2}{sV}$$

となるが、(32)をふまえれば、

$$\varepsilon_1 \frac{Q}{sV} = \varepsilon_1 \frac{Q_1}{sV} + \varepsilon_2 \frac{pQ_2}{sV} - (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \frac{pQ_2}{sV}$$

は相対価格が変化する場合のMSCであると考えることができるのである。あるいは第1財ではかった総社会費用(total social cost, TSC)は、

$$TSC = (1 - g_1(s))F_1(K_1, X_1) + p(1 - g_2(s))F_2(K_2, X_2)$$

として与えられるから、相対価格が変化しない場合には、限界的社会費用は、

$$\frac{\partial(TSC)}{\partial s} \cdot \frac{\partial s}{\partial X} = (-g_1'F_1 - g_2'pF_2) \frac{1}{V} = \varepsilon_1 \frac{Q_1}{sV} + \varepsilon_2 \frac{pQ_2}{sV}$$

となることから、以上の議論は正当化される。したがって

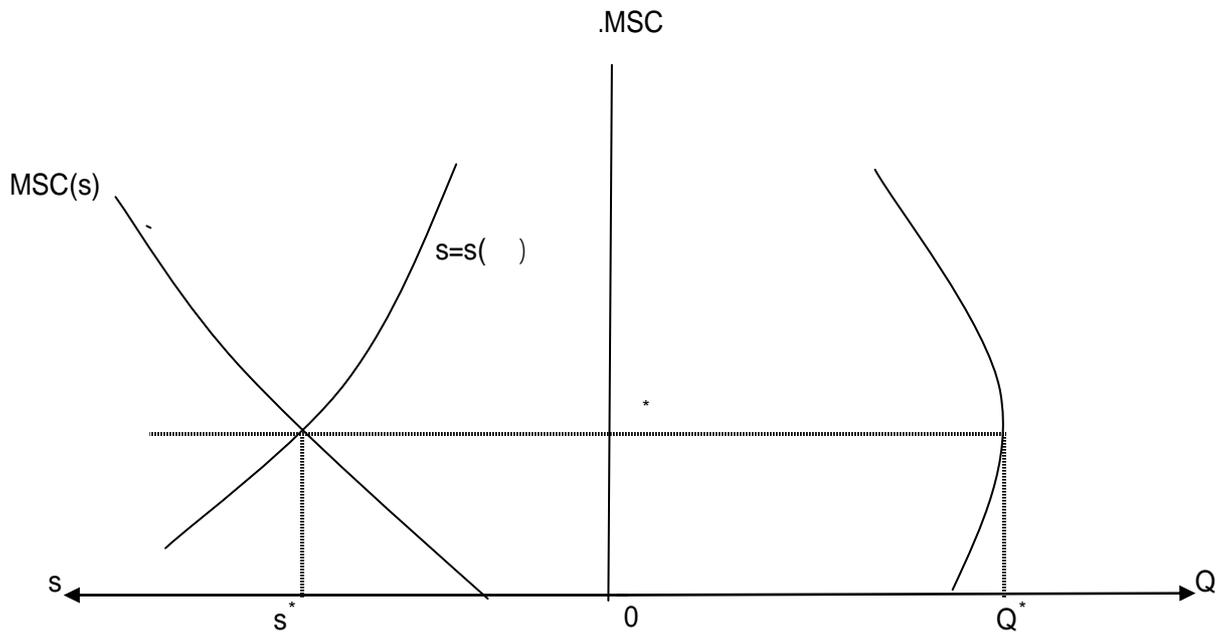
$$\frac{dQ}{d\theta} = (\theta - MSC)V \frac{ds}{d\theta}$$

とあらわすことができる。

第1部門と第2部門の社会的共通資本・私的資本比率が等しい場合か、あるいは等しくなくとも、その比率が環境税率  $\theta$  が変化しても一定の場合には、(30),(31)より、 $\frac{ds}{d\theta}$  は負である。したがって、

$$\theta \geqslant MSC \Leftrightarrow \frac{dQ}{d\theta} \geqslant 0$$

となる。すなわち、第2図のように、 $\theta$  に対応して社会的共通資本の総使用量が決まるが、その際の混雑現象に対応するMSCが  $\theta$  よりも大きい場合には、 $\theta$  をより高くすることにより実質国内総生産額  $Q$  を増加させることができる。



第2図 環境税と実質国内総生産額

逆に、MSCが $\theta$ よりも小さい場合には、 $\theta$ を上昇させると $Q$ は減少する。MSCが $\theta$ よりも小さい場合には、 $\theta$ を低下させることによって、 $Q$ を高めることができる。このようにして、社会的共通資本への環境税率 $\theta$ をMSCに等しくなる水準に決定した場合に、分権的な市場機構に委ねて実現される実質国内総生産額は最大となる。図では、 $\theta^*$ において実質国内総生産額が $Q^*$ となって最大となっている。

このようにして、社会的共通資本のサービスを無料で使用できる場合には、市場機構に委ねておくと、そのときに実現される実質国内総生産額は最大とはならず、むしろ、環境税率 $\theta$ を0から上昇させて行くにつれて、実質国内総生産額は増加し、社会的共通資本の使用にともなう混雑現象から惹き起こされる限界的社会費用に等しい額の環境税を課した場合に、そのときに実現される実質国内総生産額が最大となる。

しかしながら、上の命題は、第 $i$ 部門で社会的共通資本を生産要素として需要する場合に、自ら惹き起こす混雑度の増加を考慮にいれずに、その限界生産性を環境税率に等しくなるまで需要すると想定したときに、既に暗黙のうちに前提されてしまったことなのである。すなわち、もし第 $i$ 部門で、ネットの限界生産性を考慮して社会的共通資本を需要する場合には、主体的均衡条件は(12)で与えられるが、(9)の $\eta_i$ の定義からも分るように、

$$-\eta_i g_i \frac{\partial F_i}{\partial X_i} = g_i' F_i \frac{\partial s}{\partial X_i} = -\varepsilon_i \frac{Q_i}{sV}$$

となるのであって、これを用いて、同じ計算をすると

$$\begin{aligned}\frac{dQ}{d\theta} &= -(\varepsilon_1 Q_1 + \varepsilon_2 p Q_2) \frac{1}{p} \cdot \frac{ds}{d\theta} + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) p Q_2 \cdot \frac{1}{s} \cdot \frac{ds}{d\theta} + \left\{ \theta + (\varepsilon_1 Q_1 + \varepsilon_2 p Q_2) \frac{1}{sV} \right\} \frac{dX}{d\theta} \\ &= \left\{ \theta + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \frac{pQ}{sV} \right\} V \frac{ds}{d\theta}\end{aligned}$$

となり、 $\varepsilon_2$ と $\varepsilon_1$ が同じ値で、相対価格が変化しない場合には、 $\theta$ がゼロのときに、実質国内総生産額は最大となる。すなわち、相対価格が変化しない場合には、社会的共通資本の料金率が無料でも、第 $i$ 部門の生産者が、ネットの限界生産性にもとづいて行動する場合には、そのときに実現される実質国内総生産額は最大となるのである。

## 5. 自由貿易の下での経済厚生

前節までの2部門モデルを用いて、社会的共通資本のサービスを無料で使用できるときに、閉鎖経済から自由貿易のもとで開放経済に移行した場合に、経済厚生がどのように変化するかを考える。この国では、世界価格に比べて、第2財の価格が相対的に低く、第1財の価格が相対的に高いものとする。すなわち、自由貿易のもとでは第2財を輸出し、第1財を輸入する。したがって、貿易の開始によって、第1財をニューメールとした国内相対価格は上昇する。

この過程で、この国の厚生水準がどのように変化するかをみる。なお、貿易収支は常に均衡しているものとする。輸出財・輸入財ともに、私的資本と社会的共通資本のサービスを生産要素として用いて生産され、社会的共通資本については、混雑現象が生じることも、前節までと同じである。

経済厚生は、第1財および第2財の消費量に依存するものとする。すなわち、この国の社会的厚生関数は

$$(34) \quad U = U(C_1, C_2)$$

で与えられる。 $C_1, C_2$ は、それぞれ第1財および第2財の国内消費量であり、 $Q_1, Q_2$ を第1財、第2財の国内産出量、 $E$ を第2財ではかった貿易量とすると

$$(35) \quad C_1 = Q_1 + pE$$

$$(36) \quad C_2 = Q_2 - E$$

となる。ただし、 $Q_1, Q_2$ は、生産関数(1)で与えられるのは、前と同じである。

さて、貿易の開始によって、相対価格が上昇するときに、経済厚生がどのように変化するかをみる。(34)を相対価格 $p$ について微分すると、

$$(37) \quad \frac{dU}{dp} = U_{c_1} \frac{dC_1}{dp} + U_{c_2} \frac{dC_2}{dp}$$

が得られる。ただし、

$$U_{c_i} = \frac{\partial U}{\partial C_i}$$

である。国内の消費者の合理的行動により限界効用の比は相対価格に等しくなるから、

$$U_{c_2} / U_{c_1} = p$$

となる。

また、(35)、(36)を用いれば、(37)は

$$\frac{1}{U_{c_1}} \cdot \frac{dU}{dp} = \frac{dQ_1}{dp} + E + p \frac{dE}{dp} + p \left( \frac{dQ_2}{dp} - \frac{dE}{dp} \right)$$

となり、生産関数は(1)で与えられるから

$$\begin{aligned} \frac{1}{U_{c_1}} \cdot \frac{dU}{dp} = & -(\varepsilon_1 Q_1 + \varepsilon_2 p Q_2) \frac{1}{s} \cdot \frac{ds}{dp} + g_1 \frac{\partial F_1}{\partial K_1} \cdot \frac{dK_1}{dp} + p g_2 \frac{\partial F_2}{\partial K_2} \cdot \frac{dK_2}{dp} \\ & + g_1 \frac{\partial F_1}{\partial X_1} \frac{dX_1}{dp} + p g_2 \frac{\partial F_2}{\partial X_2} \cdot \frac{dX_2}{dp} \end{aligned}$$

となる。ここに、(21)、(22)同様

$$\begin{aligned} g_1 \frac{\partial F_1}{\partial K_1} &= p g_2 \frac{\partial F_2}{\partial K_2} = r \\ g_1 \frac{\partial F_1}{\partial X_1} &= p g_2 \frac{\partial F_2}{\partial X_2} = \theta \end{aligned}$$

を代入し、私的資本については、その総量は所与として考えれば、

$$(38) \quad \frac{1}{U_{c_1}} \cdot \frac{dU}{dp} = -(\varepsilon_1 Q_1 + \varepsilon_2 p Q_2) \frac{1}{s} \cdot \frac{ds}{dp} + E + \theta V \frac{ds}{dp}$$

$$= \left\{ \theta - \frac{\varepsilon_1 Q_1 + \varepsilon_2 p Q_2}{sV} \right\} V \frac{ds}{dp} + E$$

となる。

さらに、環境税率の変化によっても要素相対価格が一定に保たれる状況を前提として(32)を用いれば、(38)は(35), (36)をふまえると

$$(39) \quad \frac{1}{U_{c_1}} \frac{dU}{dp} = \frac{-(\varepsilon_1 C_1 + \varepsilon_2 p C_2)}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)} + \theta \cdot V \frac{ds}{dp}$$

$$= \left\{ \theta - \frac{\varepsilon_1 C_1 + \varepsilon_2 p C_2}{sV} \right\} \frac{sV}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)p}$$

となる。これは、 $\varepsilon_2$ の方が、 $\varepsilon_1$ よりも大であるかぎり、必ず負になる。すなわち、社会的共通資本のサービスが無料で生産要素として用いられている場合に、混雑現象により産出量減少効果を大きく受ける財を輸出し、あまり受けない財を輸入すると、自由貿易のもとでは、その国の経済厚生は必ず低下する。逆に $\varepsilon_1$ の方が $\varepsilon_2$ よりも大きい場合には、すなわち、混雑現象による産出量減少効果の小さい財を輸出し、大きい財を輸入する場合には、経済厚生は必ず上昇する。

以上より、 $\varepsilon_2$ の方が $\varepsilon_1$ よりも大きい下で、第2財を輸出し、第1財を輸入しているときには、この国にとっては、関税をかけることが有利となり、保護貿易が正当化される。しかし、これは最善の策ではない。社会的共通資本の使用に対して、環境税を課すことの方が好ましい。環境税率を $\theta$ とすると、(38)からは

$$(40) \quad \theta = \varepsilon_1 \frac{Q_1}{sV} + \varepsilon_2 \frac{pQ_2}{sV}$$

となるように $\theta$ を決めてやれば、貿易量Eが多ければ多いほど、この国の経済厚生は増加する。そして(39)から得られるように

$$(41) \quad \theta = \varepsilon_1 \frac{C_1}{sV} + \varepsilon_2 \frac{pC_2}{sV}$$

と $\theta$ を決めてやれば、経済厚生は最大になる。

(40)は $\theta$ を国内の産出量に対応するMSCに等しくすることを示し、(41)は $\theta$ を国内の消費量に対応するMSCに等しくすることを示している。すなわち、自由貿易のもとで、経済厚生を最大にするには、国内の消費量をあたかも自国で生産しているように考え、その場合に対応するMSCに等

しく、環境税率  $\theta$  を決めてやればよいのである。

## 6. おわりに

本稿では、分権的市場機構の下で、社会的共通資本の使用に対して環境税を課すときに、資源配分にどのような影響が及ぶかを考察した。この際、宇沢(1972)モデルを2部門経済に拡張した枠組みを利用したが、2種類の財が存在するためにその相対価格の動きが重要な役割を果たすことがわかった。たとえば、混雑現象による限界的社会費用に等しい環境税率を課す際に、実質国内総生産額が最大となることが示されたが、この際の限界的社会費用は、環境税によって誘発される相対価格の変化を反映したものでなければならない。

第5節では、開放経済での最適環境税の問題を分析したが、その結果、混雑現象によって産出量減少効果を大きく受ける財を輸出する場合には、その国の経済厚生は必ず減少することが証明された。このような場合には、関税をかけて保護貿易にするのが有利になるが、それは最善の策ではなく、社会的共通資本の使用に対して環境税を課するのが望ましい。すなわち、この環境税率を国内生産にともなう限界的社会費用に等しくすれば、自由貿易によって厚生水準が上昇する。さらに、貿易後の国内消費量をあたかも自国で生産しているかのように見做し、その場合に対応する限界的社会費用に等しく環境税率を決めてやれば、経済厚生が最大になることが証明された。言い換えると、一国の経済厚生を最大化する環境税は、国内の生産水準よりも消費水準に対応して課税するものであることがわかった。

もっとも、本稿の分析には、さまざまな単純化の仮定がなされたことはいうまでもない。それらには、生産関数を特殊な形に特定したこと、相対価格の変化は混雑度の変化を通じる部分だけを問題とし、要素相対価格の変化を通じる部分は考慮しなくてもすむ場合だけを考察したことが含まれる。また、本稿では、私的資本や社会的共通資本の資本ストックが一定とされる、短期的な状況だけを問題とした。混雑現象を伴う社会的共通資本の枠組みで、資本ストックが経済成長の過程で長期的に蓄積されていく動学的分析としては、宇沢(1972)(1997)やAsako(1991)などの試みがあるが、問題自体が技術的にも困難な面があり未だ十分な分析が行われているとはいえない。これらは、今後に残された課題である。

## 引用文献

浅子和美(1974)「社会的共通資本と混雑現象」東京大学大学院経済学研究科入学試験提出論文。

ASAKO, Kazumi (1979), “Environmental Pollution in an Open Economy,” *The Economic Record*, Vol.55 No.151, pp. 359-367.

ASAKO, Kazumi (1991), “Optimal Programs of Economic Growth with Social Overhead Capital and Its Congestion,” *Economia* (Journal of the Economic Society of Yokohama National University), Vol.42 No.1 Series No.109: pp. 1-18.

浅子和美, 阿部顕三, 篠原総一 (1997) 「社会的共通資本と貿易」, N I R A 研究報告書 No. 970102 『環境と経済に関する研究 (第 2 期)』 (総合研究開発機構), 59-71 頁。

宇沢弘文(1972) 「社会共通資本の理論的分析(1),(2)」 『経済学論集』第 38 巻第 1 号, 2-16 頁, 第 3 号, 14-27 頁。

宇沢弘文(1994) 「社会的共通資本の概念」, 宇沢弘文・茂木愛一郎(編) 『社会的共通資本 : コモンズと都市』 (日本開発銀行設備投資研究所 *Economic Affairs* 4, 東京大学出版会), 15-45 頁。

宇沢弘文 (1997) 「社会的共通資本の一般的理論」, N I R A 研究報告書 No. 970102 『環境と経済に関する研究 (第 2 期)』 (総合研究開発機構), 5-46 頁。

SAMUELSON, Paul A. (1954), “The Pure Theory of Public Expenditures,” *Review of Economics and Statistics*, Vol.36, pp. 387-389.