[本格修正版] 再生可能資源の産地と不完全な規制 (副題:魚の水域と技術的規制)

小川健（Takeshi OGAWA）
広島修道大学・経済科学部・助教

2013 年 3 月 24 日

概要

本論文では各国の領海内や池・湖などの魚を念頭に置いた再生可能資源に関して、産地による選好の違いを考える。その上で再生可能資源に関する規制でよく起きる不完全な規制について取り上げる。魚の産地が異なると、同じ種類の財でも消費者にとって選好が異なる場合があるが、技術等の改良によって同じ質のものに近づけられる工業品と異なり、資源財ではその違いは簡単には埋められない。各国保有の再生可能資源を基に貿易を考える上ではこの点が欠かせない。また、再生可能資源の管理は大事であるという意識は国家レベルでは比較的浸透しているものの、国家による管理が必ずしもうまくいくわけではない。そこでこの論文では昔から取られてきた技術的規制という不完全な規制による再生可能資源の管理を考えて、その影響を扱う。産地による選好が異なる場合、よく起きる両国共不完全特化で産業内貿易が成立する場合、資源財の純輸出国でも貿易利益を得る可能性が残されている。貿易後に各国が独自に技術水準を調整すれば、定常の資源量を貿易前と各々変えることない状況が達成できる。その水準は未来を非常に大事にする状況では漁獲量を最大にする MSY に限りなく近づく。それにも関わらず、資源財の純輸出国において国産の資源財を貿易後も消費し続ける人は、貿易で損失を被ることになる。

1　はじめに

同じ種類の財でも生産国・産地によって消費者が受ける効用への影響は変わることが多い。その原因は生産国の技術水準・生産環境による財の品質、安全性、地産地消意識など様々である。そのため、同じ種類の財でも産地によって異なる価格がつくことが多い。技術の改善を重ねれば殆ど同じものが作れる通常の工業品と異なり、この意識は木材や魚等、再生可能資源と呼ばれるものに関しては特に顕著である。例えば木材はその原産国の気候によって、人の手では対処できない大きな品質の違いが現れる。魚についてはもっとはっきりしていて、海域・水域などで住む魚が異なっている場合もあれば、同じ種類の魚でも住む環境の汚れなどに違いがある場合も多い。更には生鮮食品として扱われる魚を考えると、輸入した魚は輸送の分だけ時間経過に伴う品質の劣化が見られる。従って、産地による違いを本来は考慮に入れる必要がある。この産地の違いを重視する傾向は農林水産省の平成 16 年の食料品消費モニター調査である農水省 (2005) などでも明らかになっている。また、森田・馬奈木 (2010) や行本等 (2011, ESRI DP) など多くの消費者に対するアンケート調査などでも、産地の違いを気にする傾向が現れている。

そして魚などの再生可能資源は貿易が盛んであり、FAO(2009) によると世界の 194 か国が魚・漁業生産物の輸出を行っていて、その量は魚・漁業生産物全体の 37% にも上る。しかも 1996 年から 2006 年までの 10 年間で世界全体の総輸出額は 62.7% も伸びている。これだけ多くの国が輸出を行うということは、魚・漁業

生産物について輸入している国も輸出をするいわゆる産業内貿易が行われていると考えるのが自然である。しかし、Brander and Taylor(1998, JIE) に代表される一般均衡を利用した再生可能資源のモデル分析では前提にリカード・モデルがあるため、産業内貿易を含めることが通常は難しい。

こうした魚や木材に代表される再生可能資源はその獲り過ぎが懸念されているが、適切な管理を行うことで持続的な利用が可能であり、Clark(2006) や Worm et al.(2009, Science) など適切な管理が数多くのところで叫ばれていて、資源保護の意識は世界的に少しずつ高まりつつある。しかし、本来的に望ましい資源管理と言われている IQ, IFQ, ITQ などの産出量割当による産出量管理を十分に実施できている国はノルウェーやニュージーランドなどまだ数が少ないのが実情である。FAO(2009) によると伝統的に行われてきた手法は、漁業でいえば網の目の粗さやエンジンの馬力、ギア、漁業水域、漁法の制限と言った効率性を犠牲にする技術的規制である。こうした技術的規制は他にも木材におけるチェーンソーの使用の時間制限などが知られている。これらの中には必ずしも資源管理の目的でないものも含まれるが、技術的規制は数多くの所で行われ、究極的にはその技術的規制によって（何らかの他の目的を通してでも）国の厚生を高めるために国は規制をかけるというのが自然である。こうした技術的規制については勝川 (2010) によると現実には色々使われてきたものの、理論的な研究は共有再生可能資源について国際協調の可能性をうたった Takarada(2010, RIETI DP) が事実上初めてと言える。こうした技術的規制を本格的な管理である産出量管理や投入量管理と同じ小国 2 財モデルで自給自足・貿易後共に比較した論文としては小川等 (2012) がある。小川等 (2012) によると、こうした技術的規制は本格的な管理が実現できないときに次善的な手法として意味を持つが、貿易後に技術水準を調整すると、定常の資源量が貿易前と変わらない形になる。この場合、財価格が変われば基本的に貿易利益につながるが、資源量と財価格が連動していると捉えると、資源量が変わらなければ貿易利益が得られないような印象を受ける。

先行研究の 1 つ、Brander and Taylor(1998, JIE) では両国不完全特化の場合、資源財の輸出国は貿易により定常での資源量を減らしてしまうので貿易損失を被るとされていた。Brander and Taylor(1998, JIE) の問題意識が基で、Brander and Taylor(1997, REE) に始まる資源財の輸出国における貿易損失をいかに防ぐかを考えた管理に関する先行研究が登場してきた。

本論文では各国が保有する再生可能資源を含む 2 国・2 財の経済における一般均衡分析を扱う。産地による選好への影響を考え、両国不完全特化でも資源財の産業内貿易が起きれば、貿易利益が資源財の純輸出国でも生まれる可能性を指摘する。これは資源財の純輸出国でも産業内貿易により輸入資源財を消費できる人が出てくるからである。従って、両国不完全特化ならば一概に資源財の純輸出国は必ず全ての消費者が損をする、ということを前提とした政策提言は見直されることが求められる。その上で、技術的規制を行うことで、open-loop 解では各国が独自に調整をしても貿易前の定常資源量を達成し、その水準は未来を非常に大切にする場合には漁獲量を最大にする MSY に限りなく近づくことを示す。しかし、資源財の純輸出国において、国産資源財を貿易後も消費し続ける人は貿易で損失を被る。これは所得・定常資源量が変わらないのに資源財純輸出国の国産資源財価格は上昇するからである。しかも両国で国際協調を技術的規制に関して行っても open-loop 解の非協力の場合と状況が全く変わらないことが示される。政策的提言としては、せめて技術的規制くらい行うべきであるが、資源財のみに着目すると MSY を目指すような政策がよく取られるものの、MSY だけ達成できればそれでよいわけではないことを示している。漁獲量規制のような産出量管理や減船などの投入量管理などの本格的な管理が求められる。

本論文の構成は以下の通りである。次章で基本的なモデルを設定し、その自給自足における状況と技術的規制について確認する。第 3 章で技術水準を止めたまま開国をし、その資源量に与える影響と経済厚生について、両国不完全特化の場合について扱う。第 4 章で前章を受けて貿易後に技術水準を各国が独自に再度調整

し、その資源量に与える影響と経済厚生について分析する。終章は本文のまとめとする。

2 モデル

2.1 基本的なモデル設定

Brander and Taylor(1998, JIE) のモデルを基本に、2 国 (自国・外国)・2 財 (資源財 H・工業品 M)・1 要素 (労働 L) で、各国が再生可能資源 S を保有する経済を考える。工業品を価値基準財とし、工業品の生産量 M_P は工業品への労働投入量 L_M に対し線形な $M_P = L_M$ とする。賃金を w とすれば、工業品企業の利潤 π^M の最大化と 0 利潤条件は各々

$$\max_{L_M \geq 0} \pi^M = L_M - wL_M. \quad \therefore w = 1 \quad \text{if} \quad L_M > 0.$$

となる。資源財の生産量 H_P は資源量 S と資源財への労働投入量 L_H に比例する $H_P = qSL_H$ とする。但しここで q は技術係数とする。資源財の価格を p とし、資源財企業は資源量 S を与件とした近視眼的とすると、資源財企業の利潤 π^H の最大化と 0 利潤条件は各々

$$\max_{L_H \geq 0} \pi^H = pqSL_H - wL_H. \quad \therefore pqS = w \quad \text{if} \quad L_H > 0.$$

となる。労働賦存量を L とすると、労働賦存量制約は $L_H + L_M = L$ と書ける。各国の資源の回復量 $G(S)$ については小川等 (2012) にならって、2 階連続微分可能で準凹・単峰な連続関数、$G(0) = G(K) = 0$、$0 < S < K$ で $G(S) > 0$ とし、さらに pure compensation の仮定

$$\frac{d}{dS}\frac{G(S)}{S} = \frac{1}{S}\left\{G'(S) - \frac{G(S)}{S}\right\} < 0, \tag{1}$$

を満たすとする。資源量 S に関する動学方程式は

$$\dot{S} = G(S) - qSL_H.$$

と書ける。$\dot{S}$ は S の時間変動である。初期の資源量を S_0 とする。産地による資源財の選好への違いを考えるために、自国の資源財の消費量 H_D、外国の資源財の消費量 h_D とする。資源財の部分効用 v を $v = bH_D + (1-b)h_D$ とする。但し $b \in [0,1]$ は各国の資源財の選好に対する強さの違いを表すものとしている。工業品の需要量 M_D として、瞬時効用 u を対数線形である $u = \beta \ln v + (1-\beta)\ln M_D$ とする。但し $0 < \beta < 1$ とする。β は両国で同じとする。外国には $*$ を付けて同様に考えるものとする。本論文では b は [0,1] の一様分布とする。予算制約式は所得 $I^{(*)}$ を利用して $pH_D^{(*)} + p^*h_D^{(*)} + M_D^{(*)} = I^{(*)}$ となる。本論文では資源管理に影響を与える技術的規制を後から考える。

2.2 自給自足

まずは自給自足を考える。自給自足においては他国の資源財の消費ができないので、Brander and Taylor(1998, JIE) と同じ形になる。外国も同様なので自国だけ記載する。両国共両財を生産する必要があるので、賃金 $w = 1$ となり、0 利潤条件 $pqS = 1$ が満たされるので、所得 I は $I = L$ となる。従って両財の消費量は予算制約式が $pH_D + M_D = L$ となることから、

$$H_D = \frac{\beta L}{p} = \beta qSL, \quad h_D = 0, \quad M_D = (1-\beta)L, \tag{2}$$

となる。これがそのまま自給自足では生産量となるので、労働投入量は

$$L_H = \beta L, \quad L_M = (1-\beta)L, \tag{3}$$

となる。このとき資源量 S の動学方程式と定常資源量 $\bar{S}$ は、$\bar{S} > 0$ を仮定することで

$$\begin{aligned} \dot{S} &= G(S) - \beta qSL, \quad 0 = G\left(\bar{S}\right) - \beta q\bar{S}L, \\ \frac{\dot{S}}{S} &= \frac{G(S)}{S} - \beta qL \gtreqless 0 \quad \Leftrightarrow \quad S \lesseqgtr \bar{S}, \end{aligned} \tag{4}$$

となるので、q が止まっている場合の収束性も満たす。$\bar{S}$ については $\bar{S}_\beta < 0,\ \bar{S}_q < 0,\ \bar{S}_L < 0$ が満たされる。部分効用 v は $v = bH_D$ なので、瞬時効用 u は

$$u = \beta \ln b + \beta \ln \beta + \beta \ln q + \beta \ln S + (1-\beta)\ln(1-\beta) + \ln L, \tag{5}$$

と書ける。

2.3 自給自足における技術的規制

資源に対する危機意識は Clark(2006), Worm et al.(2009, Science) などにより浸透してきたが、現在多くの論文で検討・提唱されている産出量管理については導入が進んできたものの、十分機能している所はまだ多くない。そこで本論文では Takarada(2010, RIETI DP), 小川等 (2012) にそって、伝統的な管理方法である技術的規制に焦点を当てて議論を進める。技術的規制では国家が技術水準 q を規制することで、効率性を犠牲にした管理方法であり、資源管理以外にも様々な目的で利用されることが多い。ここでは厚生を最大化するように技術的規制を行うとする。ここでも外国は同様なので引き続き自国のみ記載する。時間 t の選好率 (割引率) を両国共通の ρ として、q を動かして効用を最大化するものとする。q, S に無関係な部分を除くと、

$$\max_{q \geq 0} \int_0^{+\infty} e^{-\rho t}(\ln q + \ln S)dt \quad \text{s.t.} \quad \dot{S} = G(S) - \beta qSL, \quad S(0) = S_0. \tag{6}$$

となる。乗数を λ として、経常価値ハミルトン関数 $\mathcal{H}(q, S, \lambda)$ と横断性条件は

$$\mathcal{H}(q, S, \lambda) = \ln q + \ln S + \lambda\{G(S) - \beta qSL\}, \quad \lim_{t \to +\infty} e^{-\rho t}\mathcal{H}(q, S, \lambda) = 0,$$

となる。ポントリャーギンの最大値原理による 1 階の必要条件は変形すると

$$\frac{1}{q} - \lambda\beta SL = 0, \quad \therefore \lambda = \frac{1}{\beta qSL}, \quad -\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} = \frac{\dot{q}}{q} + \frac{\dot{S}}{S}, \tag{7}$$

$$\frac{1}{S} + \lambda G'(S) - \lambda\beta qL = -\dot{\lambda} + \rho\lambda, \quad \therefore -\frac{\dot{\lambda}}{\lambda} + \rho = G'(S) + \frac{1}{\lambda S} - \beta qL, \tag{8}$$

となる。以上を利用して整理すると、q, S に関する

$$\frac{\dot{S}}{S} = \frac{G(S)}{S} - \beta qL, \quad \frac{\dot{q}}{q} = G'(S) - \frac{G(S)}{S} + \beta qL - \rho, \tag{9}$$

の 2 つの動学方程式が収束すればよい。線形近似すると、

$$\begin{bmatrix} d\left(\dfrac{\dot{S}}{S}\right) \\ d\left(\dfrac{\dot{q}}{q}\right) \end{bmatrix} = \Delta \begin{bmatrix} dS \\ dq \end{bmatrix}, \quad \Delta = \begin{bmatrix} \dfrac{d}{dS}\dfrac{G(S)}{S} & -\beta L \\ G''(S) - \dfrac{d}{dS}\dfrac{G(S)}{S} & \beta L \end{bmatrix}, \tag{10}$$

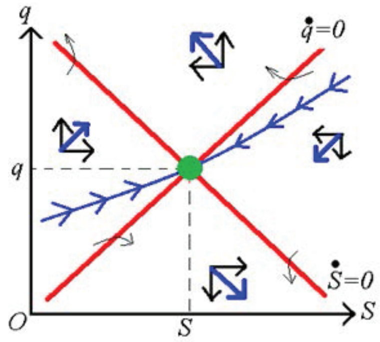
のように書ける。trace$\Delta < 0$ が満たされ、さらには

$$\det \Delta = \det \begin{bmatrix} \dfrac{d}{dS}\dfrac{G(S)}{S} & -\beta L \\ G''(S) & 0 \end{bmatrix} = \beta L G''(S) \gtreqless 0 \quad \Leftrightarrow \quad G''(S) \gtreqless 0, \tag{11}$$

が満たされる。正の定常の値を $\hat{S}, \hat{q}$ とすれば、

$$G'(\hat{S}) = \rho, \quad \hat{q} = \frac{G(\hat{S})}{\beta \hat{S} L}, \tag{12}$$

が満たされる。$G''(\hat{S}) < 0$ のときは局所鞍点、ロジスティック型のように任意の S で $G'' < 0$ ならば大域鞍点になるが、$G''(\hat{S}) > 0$ のときは定常の周りであれば q によらず収束するため、q の値が確定しなくなる。ロジスティック型のときは次のような収束の位相図が描ける。



以上を踏まえて

$$G''(\hat{S}) < 0; \qquad G'(S) \gtreqless \rho \quad \Leftrightarrow \quad S \lesseqgtr \hat{S}(> 0), \tag{13}$$

を以降は仮定すると一意な局所鞍点の均衡になる。特に $\hat{S}_\rho < 0,\ \hat{q}_S < 0,\ \hat{q}_\beta < 0,\ \hat{q}_L < 0$ が満たされる。以降は自給自足であることを添え字の A で示し、$\hat{S}$ を S_A、$\hat{q}$ を q_A と表すことにする。

3　管理の利益を含まない貿易による利益・損失

次に、貿易均衡について考える。資源管理が含まれる世界における貿易を扱うので Takarada et al.(2012, WP) に倣って、貿易の利益と管理の利益を分けて扱うと理解がし易い。そのため、技術水準を先の自給自足の値に止めたまま、開国だけした上での貿易利益を扱い、その後に技術的規制を変更した影響を扱う。Brander and Taylor(1998, JIE) に倣って、貿易パターンを自国が工業品 M を輸出する側に設定する。この設定は必要ならば自国・外国の名称を取り替えることで、殆ど一般性を失うことはない。今回は産地による資源財の性質の違いがあるので、選好次第では産業内貿易である両国共資源財を輸出入することが想定される。$b \in [0, 1]$ の中には極端な選好を持つ人もいるので、両国とも資源財を生産せざるを得なくなるため、工業品への特化はないと考えてよい。生産パターンは次の 2 通りに絞られる [*1]。

1. 両国共不完全特化により資源財・工業品の両財共生産。
2. 自国:不完全特化により資源財・工業品の両財共生産、外国:資源財に特化生産。

[*1] この設定は自国も資源財を輸出している点を除いて、Brander and Taylor(1998, JIE) の結果と整合的になる。

本論文では特に重要な両国とも不完全特化の状況を考える。なお、本節では $q_A^{(*)}$ 以外の技術水準 $q^{(*)}$ が出てこないことから、$q_A^{(*)}$ の A は本節では省略する。

両国共不完全特化により資源財・工業品の両財共生産する場合について考える。このとき、賃金は $w = w^* = 1$ が成り立つので、所得は $I^{(*)} = L^{(*)}$ となり、工業品の需要は $M_D^{(*)} = (1-\beta)L^{(*)}$ となる。これらは貿易前と何も変わらない。従って、予算制約式は $pH_D^{(*)} + p^* h_D^{(*)} = \beta L^{(*)}$ と書ける。そのため、自国消費者は部分効用最大化

$$\max_{H_D \geq 0, h_D \geq 0} v = bH_D + (1-b)h_D \quad \text{s.t.} \quad pH_D + p^* h_D = \beta L, \tag{14}$$

を考えればよい。このとき、0 利潤条件 $p^{(*)} q^{(*)} S^{(*)} = 1$ つまり $p^{(*)} = \dfrac{1}{q^{(*)} S^{(*)}}$ は成り立つ。$p > p^*$ つまり $qS < q^* S^*$ は仮定する。

$$\frac{H_D}{qS} + \frac{h_D}{q^* S^*} = \beta L \quad \Leftrightarrow \quad H_D = qS\left(\beta L - \frac{h_D}{q^* S^*}\right),$$

を利用すると

$$v = bqS\left(\beta L - \frac{h_D}{q^* S^*}\right) + (1-b)h_D = bqS \cdot \beta L + \left(1 - b - \frac{bqS}{q^* S^*}\right) h_D,$$

となるので、

$$1 - b - \frac{bqS}{q^* S^*} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad b = \frac{q^* S^*}{qS + q^* S^*},$$

となる境界の部分を除いて、

$$0 \leq b < \frac{q^* S^*}{qS + q^* S^*} \quad \Rightarrow \quad H_D = 0, \quad h_D = \beta q^* S^* L, \quad v = (1-b)\beta q^* S^* L, \tag{15}$$

$$\frac{q^* S^*}{qS + q^* S^*} < b \leq 1 \quad \Rightarrow \quad H_D = \beta qSL, \quad h_D = 0, \quad v = b\beta qSL \tag{16}$$

となる。従って集計需要 $\bar{H}_D, \bar{h}_D$ は

$$\bar{H}_D = \left(1 - \frac{q^* S^*}{qS + q^* S^*}\right)\beta qSL = \frac{\beta (qS)^2 L}{qS + q^* S^*}, \tag{17}$$

$$\bar{h}_D = \frac{q^* S^*}{qS + q^* S^*} \cdot \beta q^* S^* L = \frac{\beta \left(q^* S^*\right)^2 L}{qS + q^* S^*} \tag{18}$$

となる。外国も同様に

$$\max_{H_D^* \geq 0, h_D^* \geq 0} v^* = b^* H_D^* + (1-b^*)\, h_D^* \quad \text{s.t.} \quad pH_D^* + p^* h_D^* = \beta L^*, \tag{19}$$

となる。同じ計算方法で

$$1 - b^* - \frac{b^* qS}{q^* S^*} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad b^* = \frac{q^* S^*}{qS + q^* S^*},$$

となる境界の部分を除いて、

$$0 \leq b^* < \frac{q^* S^*}{qS + q^* S^*} \quad \Rightarrow \quad H_D^* = 0, \quad h_D^* = \beta q^* S^* L^*, \quad v^* = (1-b^*)\,\beta q^* S^* L^*, \tag{20}$$

$$\frac{q^* S^*}{qS + q^* S^*} < b^* \leq 1 \quad \Rightarrow \quad H_D^* = \beta qSL^*, \quad h_D^* = 0, \quad v^* = b^* \beta qSL^*, \tag{21}$$

となる。従って集計需要 $\bar{H}_D^*, \bar{h}_D^*$ は

$$\bar{H}_D^* = \left(1 - \frac{q^* S^*}{qS + q^* S^*}\right) \beta q S L^* = \frac{\beta (qS)^2 L^*}{qS + q^* S^*}, \tag{22}$$

$$\bar{h}_D^* = \frac{q^* S^*}{qS + q^* S^*} \cdot \beta q^* S^* L^* = \frac{\beta \left(q^* S^*\right)^2 L^*}{qS + q^* S^*} \tag{23}$$

となる。

自国・外国の資源財の需給均衡式から

$$\frac{\beta (qS)^2 L}{qS + q^* S^*} + \frac{\beta (qS)^2 L^*}{qS + q^* S^*} = qSL_H \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\beta q S \left(L^* + L^*\right)}{qS + q^* S^*} = L_H, \tag{24}$$

$$\frac{\beta \left(q^* S^*\right)^2 L}{qS + q^* S^*} + \frac{\beta \left(q^* S^*\right)^2 L^*}{qS + q^* S^*} = q^* S^* L_H^* \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\beta q^* S^* \left(L + L^*\right)}{qS + q^* S^*} = L_H^*, \tag{25}$$

のように労働投入量が決まることになる。従って、資源量 S, S^* の動学方程式は

$$\dot{S} = G(S) - \frac{\beta (qS)^2 \left(L^* + L^*\right)}{qS + q^* S^*}, \quad S(0) = S_A, \tag{26}$$

$$\dot{S}^* = G^*\left(S^*\right) - \frac{\beta \left(q^* S^*\right)^2 \left(L + L^*\right)}{qS + q^* S^*}, \quad S^*(0) = S_A^*, \tag{27}$$

となる。この式の安定性を考えるために、

$$\begin{aligned} \frac{\dot{S}}{S} &= \frac{G(S)}{S} - \frac{\beta q^2 S \left(L^* + L^*\right)}{qS + q^* S^*}, \\ \frac{\dot{S}^*}{S^*} &= \frac{G^*\left(S^*\right)}{S^*} - \frac{\beta \left(q^*\right)^2 S^* \left(L + L^*\right)}{qS + q^* S^*}, \end{aligned}$$

を線形近似しよう。

$$\begin{bmatrix} d\left(\dfrac{\dot{S}}{S}\right) \\ d\left(\dfrac{\dot{S}^*}{S^*}\right) \end{bmatrix} = \Delta \begin{bmatrix} dS \\ dS^* \end{bmatrix}, \tag{28}$$

となる。ここで Δ は次の形で定義される。

$$\Delta \stackrel{\text{dfn}}{=} \begin{bmatrix} \dfrac{d}{dS}\dfrac{G(S)}{S} - \beta q^2 \left(L^* + L^*\right) \cdot \dfrac{q^* S^*}{\left(qS + q^* S^*\right)^2} & -\dfrac{\beta q^2 q^* S \left(L^* + L^*\right)}{\left(qS + q^* S^*\right)^2} \\ -\dfrac{\beta q \left(q^*\right)^2 S^* \left(L + L^*\right)}{\left(qS + q^* S^*\right)^2} & \dfrac{d}{dS^*}\dfrac{G^*\left(S^*\right)}{S^*} - \beta \left(q^*\right)^2 \left(L + L^*\right) \cdot \dfrac{qS}{\left(qS + q^* S^*\right)^2} \end{bmatrix},$$

この Δ は全ての成分が負で、$\mathrm{trace}\Delta < 0,\ \det \Delta > 0$ を満たすので、収束性などで利用されるラウス=フルヴィッツの定理から、大域的に安定であることが分かる。

今回は自国が資源財純輸入型になるように貿易パターンを決めたので、

$$L - \frac{\beta q S \left(L^* + L^*\right)}{qS + q^* S^*} > (1 - \beta) L \quad \Leftrightarrow \quad \frac{qS \left(L + L^*\right)}{qS + q^* S^*} < L,$$

が満たされる。この式を変形すると

$$\frac{qS}{L} < \frac{q^* S^*}{L^*}, \tag{29}$$

となる。これは外国が資源財純輸入型となる条件

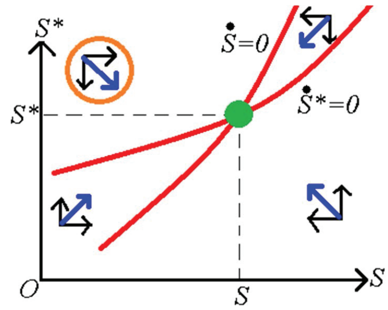
$$L^* - \frac{\beta q^* S^* (L + L^*)}{qS + q^* S^*} < (1-\beta) L^* \quad \Leftrightarrow \quad \frac{q^* S^* (L + L^*)}{qS + q^* S^*} > L^*$$

と整合的になる。この条件式には S, S^* が含まれるので、S, S^* に関する動学方程式と組み合わせて条件式となる。

さて、資源量と資源財価格の変動を考えると $L_H < L_{HA},\ L_H^* > L_{HA}^*$ から

$$\begin{aligned}
\frac{\dot{S}}{S} &= \frac{G(S)}{S} - qL_H > \frac{G(S)}{S} - qL_{HA} = \frac{G(S)}{S} - \frac{G(S_A)}{S_A}, \quad \therefore S > S_A, \quad \therefore p < p_A, \\
\frac{\dot{S}^*}{S^*} &= \frac{G^*(S^*)}{S^*} - q^* L_H^* < \frac{G^*(S^*)}{S^*} - q^* L_{HA}^* = \frac{G^*(S^*)}{S^*} - \frac{G^*(S_A^*)}{S_A^*}, \quad \therefore S^* < S_A^*, \quad \therefore p^* > p_A^*,
\end{aligned}$$

となる。簡単化のため、$S^* > 0$ を仮定する。資源財純輸入国である自国は資源財への労働投入が減少するので、定常資源量が増加し、資源財価格が下がる。対して資源財純輸出国である外国は資源財への労働投入が増加するので、定常資源量が減少し、資源財価格が上がる。資源量の変動を表す位相図は次のように描ける。



貿易利益・損失について考える。今回、所得・工業品の価格は変わらないので、経済厚生への影響は資源財価格の増減と選択肢の増加・減少等で説明できる。資源財純輸入国である自国から考える。自国で国産資源財を消費し続ける人は、国産資源財である自国の資源財価格が下がるので、厚生が上がり、貿易利益を得る。自国で輸入資源財に乗り換える人は、国産資源財よりよい選択肢として輸入資源財を選択するので、厚生はさらに上がり、貿易利益を得る。従って、資源財純輸入国である自国の経済厚生は上がり、貿易利益を得る。$u > u_A$ が成り立つ。

対して外国は次のような影響が現れる。外国で国産資源財を消費し続ける人は、国産資源財である外国の資源財価格が上がるので、厚生は下がり、貿易で損失を被る。外国で輸入資源財に乗り換える人は次のように選択肢が分かれることになる。まず、外国で開国直後の資源量が変動していない段階から輸入消費財に乗り換える人は、開国直後の資源量・資源財価格が変わらない状況下でよりよい選択を求めて輸入資源財に乗り換えるので、開国直後に貿易利益が生まれる。その後輸入資源財である自国の資源財価格は資源量の増加に伴い下がっていくので、貿易利益はどんどん大きくなる。次に、外国で開国直後は国産資源財を消費するが、途中で輸入資源財に乗り換える人は、開国直後の状況では貿易利益・損失の影響はないが、外国の資源量の減少に伴い資源財価格が高まるので、耐え切れずに輸入資源財に乗り換えることになる。そのため、乗り換えた直後は自給自足に比べて経済厚生は下がることになり、貿易利益を得るには十分自国資源財が回復し、自国資源財の価格が十分下がらなければならない。従って、貿易利益・損失はこれだけでは確定しない。

国としての部分効用の集計値 $\bar{v}, \bar{v}^*$ を考えよう。

$$\bar{v} = \int_0^1 vdb = \int_0^{\frac{q^*S^*}{qS+q^*S^*}} (1-b)\beta q^*S^*Ldb + \int_{\frac{q^*S^*}{qS+q^*S^*}}^1 b\beta qSLdb$$
$$= \beta q^*S^*L\left\{\frac{q^*S^*}{qS+q^*S^*} - \frac{1}{2}\left(\frac{q^*S^*}{qS+q^*S^*}\right)^2\right\} + \frac{\beta qSL}{2}\cdot\left\{1-\left(\frac{q^*S^*}{qS+q^*S^*}\right)^2\right\}$$
$$\frac{\bar{v}}{\beta L} = \frac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*} + \frac{qS}{2} - \frac{(q^*S^*)^2}{2(qS+q^*S^*)}$$

つまり

$$\frac{2\bar{v}}{\beta L} = \frac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*} + qS, \tag{30}$$

となる。同様に

$$\bar{v}^* = \int_0^1 v^*db^* = \beta q^*S^*L^*\int_0^{\frac{q^*S^*}{qS+q^*S^*}} (1-b^*)\,db^* + \beta qSL^*\int_{\frac{q^*S^*}{qS+q^*S^*}}^1 bdb$$
$$\frac{\bar{v}^*}{\beta L^*} = q^*S^*\left\{\frac{q^*S^*}{qS+q^*S^*} - \frac{1}{2}\left(\frac{q^*S^*}{qS+q^*S^*}\right)^2\right\} + \frac{qS}{2}\left\{1-\left(\frac{q^*S^*}{qS+q^*S^*}\right)^2\right\}$$
$$= \frac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*} + \frac{qS}{2} - \frac{(q^*S^*)^2}{2(qS+q^*S^*)}$$

となるので、

$$\frac{2\bar{v}^*}{\beta L^*} = \frac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*} + qS\left(=\frac{2\bar{v}}{\beta L}\right), \tag{31}$$

が満たされる。$\bar{v}, \bar{v}^*$ の違いは外生的な労働賦存量の違いだけである。

自国は厚生が上がることを確認しているので、外国に関して取り上げてみよう。外国の集計的な部分効用は自給自足の場合、$\bar{v}_A^* = \dfrac{\beta q^*S_A^*L^*}{2}$ と計算できる。まずは資源量の変動を無視した部分として、q^*S^* と $\dfrac{2\bar{v}^*}{\beta L^*}$ とを比較する。

$$q^*S^* < \frac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*} + qS \quad\Leftrightarrow\quad qSq^*S^* + (q^*S^*)^2 < (q^*S^*)^2 + (qS)^2 + qSq^*S^* \quad\Leftrightarrow\quad 0 < (qS)^2$$

となるので、

$$\bar{v}_A^* < \bar{v}^*\Big|_{S=S_A, S^*=S_A^*}, \quad \bar{v}_A^*\Big|_{S_A^*=S^*} < \bar{v}^*, \tag{32}$$

となり、貿易開始当初は外国全体としては貿易利益を得ている。しかし、そのあと定常資源量が外国は減少し、自国は増加する。この結果、定常までの資源量変動の影響を加味した総合的な厚生への影響は不明確である。しかし Brander and Taylor(1998, JIE) の場合には両国共不完全特化の場合、必ず資源財の純輸出国は貿易で損失を被ることが示されていた。産地による違いの影響で産業内貿易が生まれると、資源財の純輸出国にも貿易利益の可能性は残されることになる。

Proposition 1. 産地による違いの影響で産業内貿易が生まれると、両国共不完全特化の場合でも資源財の純輸出国にも貿易で利益が生まれる可能性がある。資源財の純輸出国の資源量は貿易により定常では減少している。

Brander and Taylor(1998, JIE) の場合と比較してこの命題の解釈をすると次のようになる。両国共不完全特化の場合は所得が変わることはない。従って Brander and Taylor(1998, JIE) の形では、資源財の輸出国に着目すると資源量の減少による価格上昇の影響だけが資源財の輸出国には影響し、資源財の消費量だけが下がって貿易損失を必ず被ることが分かっている。しかし、産地による選好の違いがある場合には、所得が同じでも資源財の純輸出国も、産業内貿易で資源財の純輸入国から資源財も輸入することになる。貿易開始段階で引き続き資源財の純輸出国において国内資源財を欲している人には当初貿易利益はないが、輸入した資源財を消費する人には当初から貿易利益がうまれる。その後で資源の量が減ることから、その分資源財の純輸出国では資源財の価格が上がって、資源財の純輸出国での国内資源財を消費する人には貿易損失の影響は残るが、輸入した資源財を消費する人は資源財の価格が下がるので貿易利益が生まれることになる。このため、貿易利益・損失は必ずしも確定しない。資源財の純輸出国においては価格の変動から一部の人は国産資源財から輸入資源財に乗り換えることになる。この乗り換えは資源財の純輸入国においては、一部の人が輸入資源財から国産資源財に戻す動きとなる。

4 貿易均衡における技術的規制

ここでは貿易均衡における技術的規制について考える。各国は割引現在価値を考えて各々の国の経済厚生を最大にするように技術水準 q, q^* を調節するが、自国の資源量の変動も外国の資源量の変動も自国・外国両方の経済厚生に大きな影響を与える。従って、自国の資源量の変動と外国の資源量の変動に関する 2 本の動学方程式を共通の制約として各国は経済厚生を最大化することになる。しかし、両国の経済厚生の影響の差は外生的な労働賦存量の差だけであり、技術水準の決定においては事実上無視できるものである。まず、自国の経済厚生最大化について考えよう。影響ない所を省略すると、

$$\begin{aligned}
&\max_{q\geq 0}\int_0^{+\infty} e^{-\rho t}\ln\left[\frac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*}+qS\right]dt\\
\text{s.t.}\quad &\dot{S}=G(S)-\frac{\beta(qS)^2\left(L^*+L^*\right)}{qS+q^*S^*},\quad S(0)=S_A,\\
&\dot{S}^*=G^*\left(S^*\right)-\frac{\beta\left(q^*S^*\right)^2\left(L+L^*\right)}{qS+q^*S^*},\quad S^*(0)=S_A^*,
\end{aligned}\tag{33}$$

となる。乗数を λ, λ^* として経常価値 Hamilton 関数 $\mathcal{H}\left(q, S, S^*, \lambda, \lambda^*; q^*\right)$ は

$$\begin{aligned}
\mathcal{H}&\stackrel{\text{dfn}}{=}\ln\left[\frac{\left(q^*S^*\right)^2}{qS+q^*S^*}+qS\right]+\lambda\left\{G(S)-\frac{\beta(qS)^2\left(L^*+L^*\right)}{qS+q^*S^*}\right\}+\lambda^*\left\{G^*\left(S^*\right)-\frac{\beta\left(q^*S^*\right)^2\left(L+L^*\right)}{qS+q^*S^*}\right\}\\
&=\ln\left[\frac{\left(q^*S^*\right)^2}{qS+q^*S^*}+qS\right]+\lambda G(S)+\lambda^*G^*\left(S^*\right)-\beta\left(L^*+L^*\right)\cdot\frac{\lambda(qS)^2+\lambda^*\left(q^*S^*\right)^2}{qS+q^*S^*},
\end{aligned}\tag{34}$$

と書ける。そのため、open-loop 解における条件式は

$$\frac{-\dfrac{\left(q^*S^*\right)^2S}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}+S}{\dfrac{\left(q^*S^*\right)^2}{qS+q^*S^*}+qS}-\beta\left(L+L^*\right)\cdot\frac{2\lambda qS^2\left(qS+q^*S^*\right)-\left\{\lambda(qS)^2+\lambda^*\left(q^*S^*\right)^2\right\}S}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}=0,\tag{35}$$

$$-\beta\left(L+L^*\right)\cdot\frac{2\lambda q^2 S\left(qS+q^*S^*\right)-\left\{\lambda(qS)^2+\lambda^*\left(q^*S^*\right)^2\right\}q}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}$$

$$+\frac{-\dfrac{\left(q^*S^*\right)^2 q}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}+q}{\dfrac{\left(q^*S^*\right)^2}{qS+q^*S^*}+qS}+\lambda G'(S)=-\dot{\lambda}+\rho\lambda, \tag{36}$$

$$-\beta\left(L^*+L^*\right)\cdot\frac{2\lambda^*\left(q^*\right)^2 S^*\left(qS+q^*S^*\right)-\left\{\lambda(qS)^2+\lambda^*\left(q^*S^*\right)^2\right\}q^*}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}$$

$$+\frac{\left(q^*\right)^2\cdot\dfrac{2S^*\left(qS+q^*S^*\right)-\left(S^*\right)^2 q^*}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}}{\dfrac{\left(q^*S^*\right)^2}{qS+q^*S^*}+qS}+\lambda^* G^{*\prime}\left(S^*\right)=-\dot{\lambda}^*+\rho\lambda^*, \tag{37}$$

となる。なお、資源財を生産しなければならないので、$q=0$ は解になりえない。簡単化のため、十分条件としての横断性条件

$$\lim_{t\to+\infty} e^{-\rho t}\lambda S=0,\quad \lim_{t\to+\infty} e^{-\rho t}\lambda^* S^*=0, \tag{38}$$

を仮定する。簡単化のため、これで解が決まることを仮定する。(35)$\times q\div S$ を (37) に当てはめると、

$$G'(S)=-\frac{\dot{\lambda}}{\lambda}+\rho.\quad \therefore\dot{\lambda}=0\quad\Rightarrow\quad S=S_A<S_{\mathrm{MSY}}, \tag{39}$$

が満たされる。定常の資源量 S は変わらない。しかし、

$$\frac{\dot{S}}{S}=\frac{G(S)}{S}-qL_H,\quad L_H<L_{HA},\quad S=S_A\quad\Rightarrow\quad q>q_A, \tag{40}$$

というように、定常の資源量が変わらないのに資源財への労働投入量は減るので、その分技術水準を引き上げなければならない。しかし、不完全特化なので 0 利潤条件が成り立たなければならず、

$$pqS=1,\quad S=S_A,\quad q>q_A\quad\Rightarrow\quad p<p_A, \tag{41}$$

となり、資源財純輸入国である自国の資源財価格は自給自足に比べて下落する。ここから、貿易利益・損失を考えると、単純な開国時同様、資源財純輸入国は国産資源財の価格が下落するので、厚生が上がり、貿易利益を得る。輸入資源財を消費する人は国産資源財より厚生が上がるからと選択した結果なので、同様に貿易利益を得る。従って、

$$u>u_A, \tag{42}$$

が成り立つ。

外国の経済厚生最大化も同様に考えてみよう。単純化のため ρ を各国共通にしておいた点を確認しておく。影響ない所を省略すると、

$$\max_{q^*\geq 0}\int_0^{+\infty} e^{-\rho t}\ln\left[\frac{\left(q^*S^*\right)^2}{qS+q^*S^*}+qS\right]dt$$

$$\text{s.t.}\quad \dot{S}=G(S)-\frac{\beta(qS)^2\left(L^*+L^*\right)}{qS+q^*S^*},\quad S(0)=S_A,$$

$$\dot{S}^*=G^*\left(S^*\right)-\frac{\beta\left(q^*S^*\right)^2\left(L+L^*\right)}{qS+q^*S^*},\quad S^*(0)=S_A^*, \tag{43}$$

となる。乗数を μ, μ^* とし、経常価値 Hamilton 関数 $\mathcal{H}^*(q^*, S, S^*, \mu, \mu^*; q)$ は

$$\mathcal{H}^* \overset{\text{dfn}}{=} \ln\left[\frac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*}+qS\right]+\mu\left\{G(S)-\frac{\beta(qS)^2(L^*+L^*)}{qS+q^*S^*}\right\}+\mu^*\left\{G^*(S^*)-\frac{\beta(q^*S^*)^2(L+L^*)}{qS+q^*S^*}\right\}$$
$$=\ln\left[\frac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*}+qS\right]+\mu G(S)+\mu^*G^*(S^*)-\beta(L^*+L^*)\cdot\frac{\mu(qS)^2+\mu^*(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*}, \tag{44}$$

と書ける。そのため、open-loop 解における条件式は

$$-\beta(L^*+L^*)\cdot\frac{2\mu^*(S^*)^2q^*(qS+q^*S^*)-\left\{\mu(qS)^2+\mu^*(q^*S^*)^2\right\}S^*}{(qS+q^*S^*)^2}+\frac{(S^*)^2\cdot\dfrac{2q^*(qS+q^*S^*)-(q^*)^2S^*}{(qS+q^*S^*)^2}}{\dfrac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*}+qS}=0, \tag{45}$$

$$-\beta(L+L^*)\cdot\frac{2\mu q^2S(qS+q^*S^*)-\left\{\mu(qS)^2+\mu^*(q^*S^*)^2\right\}q}{(qS+q^*S^*)^2}+\frac{-\dfrac{(q^*S^*)^2q}{(qS+q^*S^*)^2}+q}{\dfrac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*}+qS}+\mu G'(S)=-\dot{\mu}+\rho\mu, \tag{46}$$

$$-\beta(L^*+L^*)\cdot\frac{2\mu^*(q^*)^2S^*(qS+q^*S^*)-\left\{\mu(qS)^2+\mu^*(q^*S^*)^2\right\}q^*}{(qS+q^*S^*)^2}+\frac{(q^*)^2\cdot\dfrac{2S^*(qS+q^*S^*)-(S^*)^2q^*}{(qS+q^*S^*)^2}}{\dfrac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*}+qS}+\mu^*G^{*\prime}(S^*)=-\dot{\mu}^*+\rho\mu^*, \tag{47}$$

となる。なお、資源財を生産しなければならないので、$q^*=0$ は解になりえない。簡単化のため、十分条件としての横断性条件

$$\lim_{t\to+\infty}e^{-\rho t}\mu S=0,\quad \lim_{t\to+\infty}e^{-\rho t}\mu^*S^*=0, \tag{48}$$

を仮定する。簡単化のため、これで解が決まることを仮定する。(45)$\times q^*\div S^*$ を (47) に当てはめると、

$$G^{*\prime}(S^*)=-\frac{\dot{\lambda}^*}{\lambda^*}+\rho.\quad \therefore \dot{\lambda}^*=0 \quad\Rightarrow\quad S^*=S_A^*<S_{\text{MSY}}^*, \tag{49}$$

が満たされる。定常の資源量 S^* は変わらない。しかし、

$$\frac{\dot{S}^*}{S^*}=\frac{G^*(S^*)}{S^*}-q^*L_H^*,\quad L_H^*>L_{HA},\quad S=S_A \quad\Rightarrow\quad q^*<q_A^*, \tag{50}$$

というように、定常の資源量が変わらないのに資源財への労働投入量は増えるので、その分技術水準を引き下げなければならない。しかし、不完全特化なので 0 利潤条件が成り立たなければならず、

$$p^*q^*S^*=1,\quad S^*=S_A^*,\quad q^*<q_A^*\quad\Rightarrow\quad p^*>p_A^*, \tag{51}$$

となり、資源財純輸出国である外国の資源財価格は自給自足に比べて高騰する。ここから、貿易利益・損失を考えると、単純な開国時同様、資源財純輸出国は国産資源財の価格が上昇するので、定常資源量が貿易前の量を維持出来ているにも関わらず、国産資源財を消費する人は厚生が下がり、貿易損失を被る。輸入資源財に乗り換える人については、国産資源財の価格が変わらなくても乗り換える人は貿易利益を得るが、国産資源財の価格がもし変わらなければ乗り換えない人は被害を多少補っているだけで貿易損失を被っているといえる。

以上のことは次の Proposition にまとめられる。

Proposition 2. 貿易後も技術的規制を非協力的にかけて、両国不完全特化で産業内貿易が成立したとする。*Open-loop* 解では両国の定常資源量は貿易前と全く変わらず、その水準は将来を非常に重んじる極限で *MSY* に限りなく近づく。資源財純輸入国（純輸出国）は資源財への労働投入量の減少（増加）を打ち消すように技術水準を上昇（下降）させ、その影響で資源財価格は貿易前に比べて下落（高騰）する。資源財純輸入国は貿易利益を得る。資源財純輸出国は定常資源量を維持できているにも関わらず、国産資源財消費者を中心に貿易損失を被る人が存在する一方で、輸入資源財消費者の一部は貿易利益を得る。資源財純輸出国全体の貿易利益・損失は一般には確定しない。

本 Proposition には次のような説明が付け加わる。まずは厚生変動と資源量の関係である。一方で、Brander and Taylor(1998, JIE) では両国不完全特化の場合、資源財の輸出国は資源量が貿易によって食いつぶされ、資源財価格が高騰して貿易損失を被っていた。従って、貿易利益を得るには資源財輸出国における資源保護を考える必要がある、という政策的インプリケーションが存在した。この結果はある意味魚の保護のみを焦点にしている場合などと非常に整合性が取れ、これに伴って資源財の輸出国をどう守るか、が焦点であった。本命題では定常資源量は貿易前と変わらなく、しかも将来を重んじれば MSY に近づくのに、貿易で得をしている人も損失を被っている人もいる。これは資源量を保護するのに技術水準を下げてしまっていることが原因であり、資源量を維持しても限界生産性を下げてしまっているので、その分資源財価格が高騰してしまうのであり、国産資源財に拘る資源財純輸出国の人を中心に貿易損失を被ることになる。

他方で、資源財純輸出国が貿易利益を上げているのは Brander and Taylor(1998, JIE) と整合的である。しかし、Brander and Taylor(1998, JIE) と大きく異なる点として、資源財純輸入国の定常資源量は貿易で増えていないことが上がる。本来は開国後に資源財への労働投入を減らしているので、資源財純輸入国の定常資源量は増えそうなものである。しかし、今回は定常の資源量を維持するために資源財純輸入国は技術水準を引き上げているのである。資源量が変わらなければ、技術水準を引き上げて限界生産性を高めた方が効率的な生産が可能になり、資源財価格減少にも反映される。その結果、貿易利益を得ていることになる。

本研究は技術的規制という側面から Takarada et al.(2010, RIETI DP) と比較してみよう。Takarada et al.(2010, RIETI DP) は国際的に共有された再生可能資源であった。国際的に共有された再生可能資源では、資源量の変動の影響が両国共通に関わってくる。非協力均衡において貿易利益を得ていた資源財輸出国が強気になって技術水準を引き上げにかかり、あおりを受けた資源財輸入国が資源量減少を食い止めるために技術水準を引き下げ、貿易損失を被るという形になっていた。今回は各国保有の資源なので、資源の食いつぶしの影響はその国にしか及ばないので、資源財純輸出国が技術水準を引き下げ、資源財純輸入国が技術水準を引き上げることになり、技術水準の上げ下げが逆転する。しかし、貿易利益を確実に得ている国が技術水準を引き上げにかかり、貿易損失を被る可能性のある国が技術水準を引き下げにかかるという点では共通の影響が出ている。但し産地による選好の違いがあるので、貿易損失は資源財純輸出国の全ての人に及ぶわけではなく、輸入資源財に乗り換える人の中には貿易利益を得る人もいる。

そして、なぜ定常の資源量が貿易前後で変わらないのかを考えてみよう。本来、自国・外国とも自国の資源

量の変動の影響も外国の資源量の変動の影響も両方受けるため、その影響を加味して技術水準を決めるように見える。ここでティンバーゲンの定理を思い出すと、再生可能資源という 1 つの外部性によるねじれを防ぐ意味では、1 つの政策があれば本来は十分である。それが本来は労働投入量であるが、今回はその調整がうまくいかない。代わりに技術的水準を調整するわけであるが、技術水準で調整できるのはあくまで資源財の生産量だけである。従って、厚生最大化につながる、資源財の生産量最大化を考えて技術的規制では MSY を狙うのである。しかし正の割引率があるので、将来より現在を少し重んじた結果、資源量は MSY より少し食いつぶす。この構図が貿易前も後も変わらないので、貿易の前後で定常の資源量が変わらないのである。

この定常資源量が変わらないことをもたらしている仕掛けとしては、Schaefer 型生産関数と企業に資源財の価格支配力がないことが挙げられる。この 2 つが重なると両国不完全特化では、0 利潤条件は資源財価格の逆数が技術水準と資源量の掛け算で決まることになり、しかも所得が外生的に決まってくる。資源量や技術水準は直接厚生に影響するわけではなく、資源財価格を通して間接的にしか厚生に影響しないことから、成長関数に関する部分、割引率に関する部分以外は技術水準と資源量の掛け算の形でしかモデルに含まれないことになる。そのため、open-loop 解では定常資源量が貿易前と後で変わらないことになる。

今回 open-loop 解を選択した理由として、q が今回は政府の政策変数となっている点が挙がる。各消費者や各企業の機敏な動作と異なり、政府の政策は外交・防衛的課題を除き、1 度方針を決めたらその通りに突っ走る可能性が他の変数に比べて高い。そのため、相手国の動きを見ながら、という状況よりは、このときにこうする、という open-loop 解の方が妥当性の得られる場合もあると考えられる。

しかし、この状況では資源量は維持できても、貿易で損失を被っている人は存在することになる。そこで、次は国際的協調管理を考えて、各国の資源量の調整を行うことにする。

5 国際的協調管理

ここでは国際的協調管理を考えて、各国の行動を扱うことにする。先の目的関数は余分なところを省略すると自国も外国も同じ厚生関数を実際には最大化すればよかったので、

$$\begin{aligned}
&\max_{q\geq 0, q^*\geq 0} \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \ln\left[\frac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*}+qS\right] dt \\
&\text{s.t.} \quad \dot{S} = G(S) - \frac{\beta (qS)^2 (L^*+L^*)}{qS+q^*S^*}, \quad S(0)=S_A, \\
&\qquad \dot{S}^* = G^*(S^*) - \frac{\beta (q^*S^*)^2 (L+L^*)}{qS+q^*S^*}, \quad S^*(0)=S^*_A,
\end{aligned} \tag{52}$$

となる。乗数を ν, ν^* として経常価値 Hamilton 関数 $\Phi(q, q^*, S, S^*, \nu, \nu^*)$ は

$$\begin{aligned}
\Phi &\overset{\text{dfn}}{=} \ln\left[\frac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*}+qS\right] + \nu\left\{G(S) - \frac{\beta(qS)^2(L^*+L^*)}{qS+q^*S^*}\right\} + \nu^*\left\{G^*(S^*) - \frac{\beta(q^*S^*)^2(L+L^*)}{qS+q^*S^*}\right\} \\
&= \ln\left[\frac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*}+qS\right] + \nu G(S) + \nu^* G^*(S^*) - \beta(L^*+L^*)\cdot\frac{\nu(qS)^2+\nu^*(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*},
\end{aligned} \tag{53}$$

と書ける。そのため、Pontryagin の最大値原理を利用した条件式は

$$\frac{-\dfrac{(q^*S^*)^2 S}{(qS+q^*S^*)^2}+S}{\dfrac{(q^*S^*)^2}{qS+q^*S^*}+qS} - \beta(L+L^*)\cdot\frac{2\nu qS^2(qS+q^*S^*) - \left\{\nu(qS)^2+\nu^*(q^*S^*)^2\right\}S}{(qS+q^*S^*)^2} = 0, \tag{54}$$

$$-\beta\left(L^*+L^*\right)\cdot\frac{2\nu^*\left(S^*\right)^2q^*\left(qS+q^*S^*\right)-\left\{\nu(qS)^2+\nu^*\left(q^*S^*\right)^2\right\}S^*}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}$$

$$+\frac{\left(S^*\right)^2\cdot\dfrac{2q^*\left(qS+q^*S^*\right)-\left(q^*\right)^2S^*}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}}{\dfrac{\left(q^*S^*\right)^2}{qS+q^*S^*}+qS}=0, \tag{55}$$

$$-\beta\left(L+L^*\right)\cdot\frac{2\nu q^2S\left(qS+q^*S^*\right)-\left\{\nu(qS)^2+\nu^*\left(q^*S^*\right)^2\right\}q}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}$$

$$+\frac{-\dfrac{\left(q^*S^*\right)^2q}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}+q}{\dfrac{\left(q^*S^*\right)^2}{qS+q^*S^*}+qS}+\nu G'(S)=-\dot{\nu}+\rho\nu, \tag{56}$$

$$-\beta\left(L^*+L^*\right)\cdot\frac{2\nu^*\left(q^*\right)^2S^*\left(qS+q^*S^*\right)-\left\{\nu(qS)^2+\nu^*\left(q^*S^*\right)^2\right\}q^*}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}$$

$$+\frac{\left(q^*\right)^2\cdot\dfrac{2S^*\left(qS+q^*S^*\right)-\left(S^*\right)^2q^*}{\left(qS+q^*S^*\right)^2}}{\dfrac{\left(q^*S^*\right)^2}{qS+q^*S^*}+qS}+\nu^*G^{*\prime}\left(S^*\right)=-\dot{\nu}^*+\rho\nu^*, \tag{57}$$

となる。なお、資源財を生産しなければならないので、$q=0,\ q^*=0$ は解になりえない。簡単化のため、十分条件としての横断性条件

$$\lim_{t\to+\infty}e^{-\rho t}\nu S=0,\quad \lim_{t\to+\infty}e^{-\rho t}\nu^*S^*=0, \tag{58}$$

を仮定する。簡単化のため、これで解が決まることを仮定する。(54)$\times q\div S$ を (56) に当てはめると、

$$G'(S)=-\frac{\dot{\nu}}{\nu}+\rho.\quad \therefore\dot{\lambda}=0\quad\Rightarrow\quad S=S_A<S_{\mathrm{MSY}}, \tag{59}$$

が満たされる。定常の資源量 S は国際協調をしても open-loop 解の非協力均衡と変わらない。同様に (55)$\times q^*\div S^*$ を (57) に当てはめると、

$$G^{*\prime}\left(S^*\right)=-\frac{\dot{\nu}^*}{\nu^*}+\rho.\quad \therefore\dot{\lambda}=0\quad\Rightarrow\quad S^*=S_A^*<S_{\mathrm{MSY}}^*, \tag{60}$$

が満たされる。定常の資源量 S^* は国際協調をしても open-loop 解の非協力均衡と変わらない。この定常において、未来を重視する極限では資源量は MSY に限りなく近づく点は、Takarada(2010, RIETI DP) の国際協調における状況と同じである。

定常の資源量 S,S^* で他の変数は全て決まっていたことを考えれば、結果は open-loop 解と変わらないことになる。ここで重要な点として、国際的に協調管理を行ったにも関わらず、貿易で損失を被る人が出てきているという点が上がる。従って、open-loop 解ならば非協力的に動いても国際協調管理と変わらないが、何らかの所得移転・損失補てんなどがない限り、貿易で損失を被る人は残るのである。以上を Proposition にまとめると次の形になる。

Proposition 3. 国際的な協調管理を技術的規制について行っても、両国とも不完全特化で産業内貿易をしている限りにおいては非協力的に *open-loop* 解で達成される状況と何も変わらない。従って、国際協調管理にも関わらず、所得移転などがない限り貿易で損失を被る人は残る。

ここから、政策的 implication としては、一旦政策として打った技術的規制の方針を両国とも変えない限りにおいては国際的協調管理の必要はないが、所得移転などで資源財純輸出国の一部の人を救済しない限り、あまねくすべての人に貿易の恩恵が届くわけではないことが分かる。

6　おわりに

本論文では産地による選好の違いがある各国保有の再生可能資源を取り上げ、その貿易と不完全な管理として技術的規制の影響を取り上げた。Brander and Taylor(1998, JIE) によれば各国保有の再生可能資源のある貿易では、資源財の輸出国は両国不完全特化の場合において必ず貿易損失を被ることが知られている。本論文では、産地に選好の違いがあると、各国保有の再生可能資源のある貿易で両国不完全特化でも、資源財の産業内貿易が成立すれば貿易利益の可能性が資源財の純輸出国に生まれることが分かった。更に技術的規制を各国独自に行っても、小川等 (2012) のように貿易後も貿易前の資源量と同じ資源量になるように技術水準を調整することが分かった。しかし定常の資源量が変わらなくても資源財の限界生産性は変わるので、資源財の純輸出国側には貿易損失を被る人が残った。しかもそれは国際的協調管理を実現しても状況が好転しなかった。本論文では両国不完全特化の場合に絞って分析を行った。それ以外の生産パターンに関する貿易での影響は今後の課題となる。さらに、今回扱ったのは技術的規制であるため、本格的な管理での影響も今後の課題となる。

謝辞

本論文が書けたのは、かつて南山大学の寳多康弘先生が再生可能資源の貿易に関する RIETI でのプロジェクトに際し、私を RA（リサーチ・アシスタント）として雇ってくれたからです。この場を借りて感謝の意を申し上げます。また、本論文で重要となった産地に関する影響は、2011 年 8 月に奈良 (近畿大学農学部) で行われた第 1 回 TEMF 研究会における別論文の発表における参加者からの指摘を基にしています。この場を借りて TEMF 研究会を創設して頂いた三重大学の松井隆宏先生ら TEMF 研究会の関係者・参加者の皆様にお礼を申し上げます。また、本研究は部分的にではありますが、科学研究費補助金・若手研究 (B)（課題番号:24730206）の助成を受けたものです。また、本論文は NMW(Nagoya Macroeconomics Workshop)(名古屋市立大学)、ゲーム理論ワークショップ 2013(一橋大学) などで報告させて頂き、当初の原稿の誤りを含め改善すべき数多くのご指摘を頂きました。ここに記して感謝の意を表明します。なお、本稿に有り得るべき誤りは全て筆者に帰します。

参考文献

[1] Brander, J. A., and Taylor, M. S., (1997): ”International Trade between Consumer and Conservationist Countries,” *Resource and Energy Economics*, 19, pp.267-297.

[2] Brander, J. A., and Taylor, M. S., (1998): ”Open-access Renewable Resources: Trade and Trade Policy in a Two-Country Model,” *Journal of International Economics*, 44, pp.181-209.

[3] Clark, C. W., (2006): “*The Worldwide Crisis in Fisheries: Economic Models and Human Behavior*,” Cambridge: Cambridge University Press.

[4] FAO, (2009): “*The State of World Fisheries and Aquaculture 2008*,” FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

[5] 勝川俊雄 (2010):「資源管理は可能か」寳多康弘・馬奈木俊介 [編著]『資源経済学への招待―ケーススタディとしての水産業』ミネルヴァ書房、第 3 章、pp.57-78.

[6] 森田玉雪・馬奈木俊介 (2010):「水産エコラベリングの発展可能性-ウェブ調査による需要分析-」寳多康弘・馬奈木俊介 [編著]『資源経済学への招待―ケーススタディとしての水産業』ミネルヴァ書房、第 9 章、pp.173-204.

[7] 農林水産省 (2005):「生鮮食品及び加工食品の表示について」平成 16 年度食料品消費モニター第 2 回定期調査結果 http://www.maff.go.jp/j/heya/h_moniter/pdf/h1602.pdf 2013 年 1 月 15 日接続。

[8] 小川健・寳多康弘・董維佳 (2012):「再生可能資源の管理方法と国際貿易」近藤健児・國崎稔・寳多康弘 [編著]『藪内繁己先生還暦記念論文集　現代経済理論と政策の諸問題』中京大学経済学部付属経済研究所、第 11 章、pp.160-178.

[9] Takarada, Y. (2010): "Shared Renewable Resource and International Trade: Technical Measures for Fisheries Management," *RIETI Discussion Paper Series*, 10-E-035, http://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/10e035.pdf accessed January 15th, 2013.

[10] Takarada, Y., Ogawa, T., and Dong, W. (2012): "International Trade and Management of Shared Renewable Resource," *Society of Economics Working Paper Series*, Series No.48, Nanzan University.

[11] Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K., Branch, T.A., Collie, J.S., Costello, C., Forgarty, M.J., Fulton, E.A., Hutchings, J.A., Jennings, S., Jensen, O.P., Lotze, H.K., Mace, P.M., McClanahan, T.R., Minto, C., Palumbi, S.R., Parma, A.M., Ricard, D., Rosenberg, A.A., Watson, R., and Zeller, D., (2009): "Rebuilding Global Fisheries," *Science*, 325, pp.578-585.

[12] 行本 雅・村上佳世・丸山達也 (2011):「消費者政策と資源管理問題」*ESRI Discussion Paper Series*, No.271, http://www.esri.go.jp/jp/archive/e_dis/e_dis280/e_dis271.pdf 2013 年 1 月 15 日接続。