共有資源の貿易で不完全特化の各国管理は起きるのか (旧題：共有再生可能資源の各国管理と国際貿易) *

小川健 (OGAWA, Takeshi) (広島修道大学・経済科学部・助教 ⇒ 専修大学・経済学部・講師) †

西暦 2014 年 10 月 22 日 ⇒ 西暦 2015 年 6 月 7 日

概要

本稿では回遊魚に代表される国際的に共有された再生可能資源の入った貿易モデルにおいて、両国が非協力的に各々の経済厚生を最大化するように資源財生産量（漁獲量）を動かし、微分ゲームによる一般均衡分析を行う。分析の結果、オープン・ループ解、フィードバック・ナッシュ均衡のどちらを解概念にとった場合も、両国共に不完全特化により資源財・非資源財（工業品）の両方を生産する均衡は存在しなく、片方の国に資源管理を事実上委ねることが一般均衡においても明らかとなった。

1 Introduction

排他的経済水域 (EEZ) の世界的普及以来、水産資源・漁業資源に代表される再生可能資源の焦点は回遊魚に代表される国際的に共有された資源の管理へと移っている。国際的に共有された再生可能資源には水産資源が多く、主に 1. 領海や EEZ について関係各国で共通理解がなく未確定な地域の水産資源、2. 鮪鰹類に代表される回遊性の高い水産資源、3. 領海や EEZ が隣接していて相互に行き来する地域の水産資源などがあり、国際的な資源管理団体である RFMO が色々と作られつつある。その管理では大西洋の鮪鰹類を管理する ICCAT を始め、漁獲量制限が管理の中心になりつつある。

その水産資源・漁業資源においては貿易が盛んであることが知られている。FAO(2009) によると全世界のうち 194 か国が輸出に携わり、世界の総輸出額は 1996 年から 2006 年の 10 年間で 62.7% も増えている。また、同資料によると水産物の 37% が、Watson and Pauly(2001) によると、海産物に限って言えば 75% 以上が国際市場に流れている。従って、資源管理を考える上で貿易の影響を外すことはできない。特に貿易による価格の変動まで考慮に入れるには、一般均衡分析に基づく分析が必要になる。

国際的に共有された再生可能資源の入った経済分析は Munro(1979) や Levhari and Mirman(1980)、Vislie(1987) のように伝統的にはクラーク・モデルを活用した部分均衡分析が中心であり、Clark(2005) や小川・寳多 (2010) などにまとめられている。その Munro(1979) や Vislie(1987) では交渉で影響力を決める場合、片方の国に管理を委ねることが知られている。また Levhari and Mirman(1980) によると、駆け引きにより完全に協力できる場合に比べて定常資源量が減少することが知られている。しかしこれらの先行研究では貿易の影響は全く考慮されていない。

貿易の伝統的なモデルの 1 つであるリカード・モデルに漁業経済のモデルを組み込んだ一般均衡分析とし

* この版はまだ不完全なものですので、引用はお控え下さい。

† 連絡先：takeshi.ogawa.123 @ gmail.com

ては、Brander and Taylor(1997a, 1998) のモデルが先駆的研究としてあり、領海内のような各国保有の資源を念頭に置いた 2 国 2 財モデルの分析を行っている。そこでは資源管理の重要性が解かれていて、各国保有の資源においてはこのモデルに管理を組み込んだ研究が片方の国のみ資源管理を行った Brander and Taylor(1997b) を始め数多く行われている。しかしこれらの先行研究では資源を獲り過ぎた影響が他の国に及ばないので、共有資源とは異なるインプリケーションになる可能性がある。

Brander and Taylor(1997a, 1998) の一般均衡モデルを共有資源化したモデルとしては先駆的な Bulte and Damania(2005) を除けば Rus(2012), Takarada et al.(2013) などがある。このうち Bulte and Damania(2005) では戦略的な関税・補助金にのみ焦点を当て、余剰分析を行っていて一般均衡分析ならではの分析はされていない。Rus(2012) は 2 つの水域内に通路などがあり、一部水産資源が移動可能な状況を扱っている。これに対して Takarada et al.(2013) では完全に共有化された再生可能資源を扱っていて、自由貿易による定常資源量や経済厚生への影響、限界的な関税の導入が扱われている。鮪鰹類のように RFMO で注目されている共有資源の多くは完全に共有化されていると考えられる。そのため、Takarada et al.(2013) に管理を入れた分析が行われることになり、網の目の粗さやエンジンの馬力など技術的規制により国際的な協調管理の可能性を取り上げた Takarada(2010)、漁獲収入に対する従価税率を利用した間接的な資源管理により貿易の影響と管理の影響を取り上げた Takarada et al.(2012) などがある。

ところで再生可能資源の管理方法を比較した分析としては小国 2 財モデルでの小川等 (2012) などがあり、監視費用を完全に無視できるもとでは投入量管理と産出量管理は共に最善な管理になれるが、技術的規制はそもそも最善な管理にはなりえないことが知られている。現実に技術的規制は本格的な管理が導入できない場合や補助的な利用が中心となっている。これに対して 2 国 2 財モデルでの Takarada et al.(2012) で取り上げられている、資源財への収入従価税を利用した管理では投入量管理と 1 対 1 対応付けが可能であり、産出量管理の正の安定解とも整合的になるだけでなく、開国の影響と管理水準の変更の影響を分けて分析することが可能になる。その Takarada et al.(2012) ではリカード・モデルを基礎に置いているので、貿易が行われている以上、不完全特化で資源財・非資源財の両財共両国が貿易均衡で生産するということはない。そのため両国共資源財を生産する（漁獲する）世界経済では資源財輸出国が資源財に特化生産し、資源財輸入国が不完全特化により両財共生産するので、資源管理の主導権は資源財輸入国になる。この場合には開国による影響で資源量が変化するが、両国共資源財を生産する（漁獲する）世界経済では、資源財輸入国と資源財輸出国との税率の相対的大小関係でその向きが変わる。資源財輸入国の方が税率が高ければ、厳しく資源管理をしている国が不完全特化により資源管理の主導権を握るので、資源量は回復する。その反面、資源財輸入国の方が税率が低ければ、資源管理の緩い国が不完全特化により資源管理の主導権を握るので、資源量は減少に向かう。そして、両国共資源財を生産する（漁獲する）世界経済において、世界にとって最善となる資源管理の税率は自給自足の税率、貿易均衡での税率のどちらよりも高く厳しく資源管理をすることになる。従って、資源財輸入国は資源から生まれるレントを求めて世界の最善より管理の手を緩めることになるので、レントの恩恵を受けている資源財輸出国が資源財輸入国に国際援助をする方が望ましいことが知られている。

しかし Takarada et al.(2012) ではモデルの特性上、本質的に両国共不完全特化の貿易均衡が起きないので、両国が非協力的に資源管理の産出量規制を行い、両国共不完全特化の貿易均衡を分析する必要がある可能性が残る。本論文ではその点を考慮し、2 国・2 財モデルで両国が各々の経済厚生を最大化するように非協力的に産出量規制を行った貿易均衡を分析する。開国による価格の変動の影響を正確に分析する関係上、一般均衡分析を取る必要がある。また、両国共通の資源変動の影響は時間経過を通じて現れるので、微分ゲームの枠組みで分析する必要がある。水産行政は官僚などの専門家を中心に担当することが多いので、その都度他の状況を見て変えるという事がなかなかし難いため、オープン・ループ解を利用した分析が利用できる。本論文ではそ

の結果、両国共不完全特化の貿易均衡が起きないことを示した。しかも、この結果は経済学的に重要と言われているフィードバック・ナッシュ均衡に解概念を変更した場合でも同様に成り立つことを示した。この論文により、Takarada et al.(2012) の分析の重要性が示されたことになる。

この後の節の組み立ては以下の通りである。次節でモデルを設定し、benchmark として自給自足・閉鎖経済の場合や、最善の場合、管理を行わない場合を取り上げる。第 3 節で貿易均衡を取り上げ、オープン・ループ解の場合で両国不完全特化が起きないことを説明する。第 4 節ではこの結果の頑健性を説明するために、解概念をフィードバック・ナッシュ均衡に置き換えても同様の結果が成り立つことを示す。最終節は本分析のまとめとする。

2 Model

2.1 Basic Setting

Takarada et al.(2012, 2013) に倣って、2 国・2 財・1 要素 (労働 L) のモデルに両国共通の再生可能資源 S が入った一般均衡モデルを考える。2 国は自国・外国とし、外国には $*$ を付けて表示する。2 財は資源財と非資源財の工業品とし、資源財には H で、工業品には M で表示する。資源財への労働投入量は L_H、工業品への労働投入量は L_M と書ける。労働賦存量を L とすると、労働賦存量制約は $L_H + L_M = L$ つまり $L_M = L - L_H$ と書ける。工業品の生産関数は収穫一定とし、係数を 1 に基準化して生産量 M は $M = L_M$ で表現するとする。工業品を価値基準財とし、資源財の相対価格を p で表す。資源財の生産量 H を Schaefer 型の $H = qSL_H$ とする。ここで q は漁獲技術、S は両国共通の再生可能資源量に相当する。$L_H = \dfrac{H}{qS}$ と変形できる。所得 I は $I = pH + M$ となるが、以上から

$$I = pH + L - \frac{H}{qS}, \tag{1}$$

となる。

h, m を資源財・工業品の各消費量とする。予算制約式は $ph + m = I$ となる。瞬時効用 u はコブ=ダグラス型 $u = \beta \ln h + (1-\beta)\ln m$ とする。ここで $\beta \in (0,1)$ は資源財への選好とする。消費者は p, I を与件として予算制約式の下に瞬時効用 u を最大化するので、

$$\max_{h\geq 0, m\geq 0} u = \beta \ln h + (1-\beta)\ln m \quad \text{s.t.} \quad ph + m = I. \quad \therefore\ h = \frac{\beta I}{p}, \quad m = (1-\beta)I,$$

となる。その結果、間接効用関数は

$$u = \ln I - \beta \ln p + \beta \ln \beta + (1-\beta)\ln(1-\beta),$$

となる。このうち $\beta \ln \beta + (1-\beta)\ln(1-\beta)$ は β が動かなければ固定されるので、割引率を ρ とすると実際には (1) を利用して

$$\int_0^\infty e^{-\rho t} \left\{ \ln \left(pH + L - \frac{H}{qS} \right) - \beta \ln p \right\} dt,$$

を最大化することになる。このとき資源財の消費量 h は

$$h = \frac{\beta I}{p} = \frac{\beta}{p} \left(pH + L - \frac{H}{qS} \right),$$

となる。外国も同様に $*$ を付けて表すものとする。但し $\beta \in (0,1), \rho > 0$ は両国共通とする。

資源量を表す動学方程式とその初期値は

$$\dot{S} = G(S) - H - H^*, \quad S(0) = S_0(>0) : \text{given}$$

と書ける。ここで $\dot{S}$ は資源量 S の時間変動、$G(\cdot)$ は資源の回復関数であり、$G(\cdot)$ は 2 回連続微分可能とする。回復関数 $G(\cdot)$ に関する標準的な仮定として、以下のものを想定する。環境収容量 K が存在して $G(0) = G(K) = 0$ であり、$0 < S < K$ で $G(S) > 0$ であり、$S > K$ で $G(S) < 0$ とする。Clark(2005), 小川等 (2012) に倣って定常資源量が増えてくると 1 資源量あたりの回復量が減少するという pure compensation の性質

$$0 < S < K \quad \Rightarrow \quad \frac{d}{dS}\frac{G(S)}{S} < 0,$$

を仮定する。

ここからは最大化問題を立てて微分ゲームの形に持ち込むが、水産行政は日本の水産庁などのように官僚組織・専門家による執行が中心と考えられる。そのため、政策をその都度大きく変更する Feedback Nash 均衡より最初に全ての状況を想定して、特定の時間になったら特定の行動をする open loop 解により解く方が現実的と考えられる。以降第 3 節まではオープン・ループ解を利用して解くので、Hamilton 関数や Pontryagin の最大値原理などを利用する。第 4 節ではこの結果の頑健性として、より現実的に妥当と言われているフィードバック・ナッシュ均衡を利用する。なお、国家による漁獲量規制の目的には経済厚生の最大化以外にも雇用維持や生物的な資源保全など様々なものが考えられるが、ここでは近代経済学で標準的な設定と考えられる国家の経済厚生の最大化を取り上げる。

2.2 Benchmark:閉鎖経済・自給自足

まずは自給自足となる閉鎖経済で各国が経済厚生を最大にする場合を考える。自給自足・閉鎖経済の場合はその国の消費量をその国の生産量で賄う必要がある。今後の説明上、資源財 H の需給均衡を決める式を不等式の形で書くと、需要が供給を超えてはいけないので、自国の場合は

$$\frac{\beta}{p}\left(pH + L - \frac{H}{qS}\right) \leq H,$$

となる。そのため、自国の経済厚生最大化問題は

$$\begin{aligned} \max_{0 \leq H \leq qSL, p \geq 0} \int_0^\infty e^{-\rho t} \left\{ \ln\left(pH + L - \frac{H}{qS}\right) - \beta \ln p \right\} dt, \\ \text{s.t.} \quad \dot{S} = G(S) - H - H^*, \quad S(0) = S_0(>0) : \text{given}, \\ \frac{\beta}{p}\left(pH + L - \frac{H}{qS}\right) \leq H, \end{aligned} \tag{2}$$

と書ける。

動学方程式の部分だけ乗数 λ を付けて取り込んだ経常価値 Hamilton 関数 $\mathcal{H}(H, p, S, \lambda)$ は

$$\mathcal{H}(H, p, S, \lambda) \stackrel{\text{dfn}}{=} \ln\left(pH + L - \frac{H}{qS}\right) - \beta \ln p + \lambda \left\{G(S) - H - H^*\right\},$$

となるので、必要条件としての横断性条件は

$$\lim_{t \to \infty} e^{-\rho t} \mathcal{H}(H, p, S, \lambda) = 0, \tag{3}$$

となる。静学的な条件式である需給均衡の不等式を、乗数を μ として入れた Lagrange 関数 $\mathcal{L}(H,p,S,\lambda,\mu)$ は

$$\mathcal{L}(H,p,S,\lambda,\mu) \overset{\text{dfn}}{=} \ln\left(pH+L-\frac{H}{qS}\right)-\beta\ln p+\lambda\left\{G(S)-H-H^{*}\right\}-\mu\left\{\frac{\beta}{p}\left(pH+L-\frac{H}{qS}\right)-H\right\},$$

と書ける。対数線形の効用関数では資源財 H・工業品 M の両財とも消費をするので、H,p に関しては端点解でなく内点解つまり $0<H<qSL,\quad p>0$ と考えてよい。そのため、Pontryagin の最大値原理を利用して、条件式は

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial H}(H,p,S,\lambda,\mu)=\frac{p-\dfrac{1}{qS}}{pH+L-\dfrac{H}{qS}}-\lambda+\mu\left(1-\beta+\frac{\beta}{pqS}\right)=0, \tag{4}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial p}(H,p,S,\lambda,\mu)=\frac{H}{pH+L-\dfrac{H}{qS}}-\frac{\beta}{p}+\frac{\beta\mu}{p^{2}}\left(L-\frac{H}{qS}\right)=0, \tag{5}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial S}(H,p,S,\lambda,\mu)=\frac{\dfrac{H}{qS^{2}}}{pH+L-\dfrac{H}{qS}}+\lambda G'(S)-\frac{\beta\mu H}{pqS^{2}}=-\dot{\lambda}+\rho\lambda, \tag{6}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\lambda}(H,p,S,\lambda,\mu)=G(S)-H-H^{*}=\dot{S}, \tag{7}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mu}(H,p,S,\lambda,\mu)=H-\frac{\beta}{p}\left(pH+L-\frac{H}{qS}\right)=0,\quad \mu\geq 0, \tag{8}$$

と書ける。この式で正の定常資源量が決まると仮定する。

(5) を変形すると、

$$\frac{H-\dfrac{\beta}{p}\left(pH+L-\dfrac{H}{qS}\right)}{pH+L-\dfrac{H}{qS}}+\frac{\beta\mu}{p^{2}}\left(L-\frac{H}{qS}\right)=0,$$

となるので、(8) と工業品 M は生産することを意味する $M=L-\dfrac{H}{qS}>0$ を利用して

$$\mu=0,$$

となる。外国でも同様のことが言える。自給自足・閉鎖経済では間接的にしか他の国の影響は入らずに、その国で生産量を決められるので、需給均衡自体が最大化を邪魔している影響は考えなくてもよい。この性質は資源に関係なく成立する。

Lemma 1. *1.* オープン・ループ解における自給自足・閉鎖経済の場合は、需給均衡式に対する乗数の値が *0* になり、限界的には最大化を邪魔していない。

2. 上記の結果は操作変数に関する必要条件と、微分方程式ではない条件式（需給均衡条件）だけから導出できる。

これを踏まえて貿易均衡の場合を考える。以降自給自足・閉鎖経済の場合は A を付けて表すものとする。

2.3 Benchmark:片方の国が特化生産を行う場合

Takarada et al.(2012) によると、両国の経済厚生の総和を最大化する世界的に最善な貿易均衡の場合は、技術係数 q, q^* に大小関係がついている限りは両国とも不完全特化で資源財 H・工業品 M の両方を生産することはないが、これは通常のリカード・モデルにおける比較優位の議論同様、次の考え方で説明が可能である。今両国とも不完全特化で資源財 H・工業品 M の両方を生産しているとする。簡単化のため Takarada et al.(2013) に倣って $q < q^*$ の場合を考えるが、自国・外国の名称を取り換えることで技術係数が同じ場合を除いて一般性を失うことはない。この場合、資源量 S を変えないように労働投入量を移動する、つまり

$$dH + dH^* = 0 \quad \therefore dL_M = -\frac{q^*}{q} dL_M^*,$$

を満たすように自国が工業品へ、外国が資源財へ労働移動を行うことで、資源財の世界における総生産量を変えないまま工業品の世界における総生産量を増やすことができる。従って、技術係数が異なる限りにおいて両国とも不完全特化な最善はありえなく、技術係数の高い国が優先的に資源財の生産を行うのが望ましい。この設定での分析を進展させると、$q < q^*$ の下で資源財輸入国である自国は貿易で利益を得ることが初等的な分析で明らかになる。Takarada et al.(2012) によると、この影響は開国の影響と管理による影響の 2 つに分けることができるが、自国の方が資源管理が緩かった場合には自国は貿易で損失を被ることが知られている。そのため、管理による影響は大きいことが分かる。

また、管理を行わない場合は Takarada et al.(2013) にあるように、技術係数の高い国が優先的に資源財の生産を行うことになるので、技術係数が異なる限りにおいて両国とも不完全特化な貿易均衡はありえない。

以上を踏まえて両国とも非協力的に産出量管理を行う貿易均衡を次節では考える。

3 両国不完全特化の貿易均衡：オープン・ループ解の場合

次に、両国とも不完全特化で資源財 H・工業品 M の両財とも生産する貿易均衡について考える。この場合、貿易均衡での価格は p で一致するので、需給均衡を決める (2.2) 式は

$$\frac{\beta}{p}\left(pH + L - \frac{H}{qS}\right) + \frac{\beta}{p}\left(pH^* + L^* - \frac{H^*}{q^*S}\right) \leq H + H^*,$$

と書き直せる。そのため、自国の経済厚生最大化問題は

$$\begin{aligned} &\max_{0 \leq H \leq qSL, p \geq 0} \int_0^\infty e^{-\rho t} \left\{ \ln\left(pH + L - \frac{H}{qS}\right) - \beta \ln p \right\} dt, \\ &\text{s.t.} \quad \dot{S} = G(S) - H - H^*, \quad S(0) = S_A (> 0) : \text{given}, \\ &\qquad \frac{\beta}{p}\left(pH + L - \frac{H}{qS}\right) + \frac{\beta}{p}\left(pH^* + L^* - \frac{H^*}{q^*S}\right) \leq H + H^*, \end{aligned} \tag{9}$$

と書ける。ここで両国とも需給均衡による価格 p の変動も込みで動学的最適化を行うが、この不等式の需給均衡を制約として入れている上で価格 p の変動も考慮する点が分析上非常に重要な鍵となってくるので、この形式をとる。

動学方程式の部分だけ乗数 λ を付けて取り込んだ経常価値 Hamilton 関数 $\mathcal{H}(H, p, S, \lambda)$ は

$$\mathcal{H}(H, p, S, \lambda) \stackrel{\text{dfn}}{=} \ln\left(pH + L - \frac{H}{qS}\right) - \beta \ln p + \lambda \{G(S) - H - H^*\},$$

となるので、必要条件としての横断性条件は

$$\lim_{t\to\infty} e^{-\rho t}\mathcal{H}(H,p,S,\lambda)=0, \tag{10}$$

となる。静学的な条件式である需給均衡の不等式を、乗数を μ として入れた Lagrange 関数 $\mathcal{L}(H,p,S,\lambda,\mu)$ は

$$\begin{aligned}\mathcal{L}(H,p,S,\lambda,\mu) &\overset{\text{dfn}}{=} \ln\left(pH+L-\frac{H}{qS}\right)-\beta\ln p+\lambda\{G(S)-H-H^*\}\\ &-\mu\left\{\frac{\beta}{p}\left(pH+L-\frac{H}{qS}\right)+\frac{\beta}{p}\left(pH^*+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right)-H-H^*\right\},\end{aligned}$$

と書ける。まずは両国不完全特化で両財とも生産する貿易均衡があるかどうかについて考える。この場合、H,p については内点解の 1 階の必要条件が成り立たなければならない。そのため、Pontryagin の最大値原理を利用して、

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial H}(H,p,S,\lambda,\mu)=\frac{p-\dfrac{1}{qS}}{pH+L-\dfrac{H}{qS}}-\lambda+\mu\left(1-\beta+\frac{\beta}{pqS}\right)=0, \tag{11}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial p}(H,p,S,\lambda,\mu)=\frac{H}{pH+L-\dfrac{H}{qS}}-\frac{\beta}{p}+\frac{\beta\mu}{p^2}\left(L-\frac{H}{qS}+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right)=0, \tag{12}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial S}(H,p,S,\lambda,\mu)=\frac{\dfrac{H}{qS^2}}{pH+L-\dfrac{H}{qS}}+\lambda G'(S)-\frac{\beta\mu H}{pqS^2}=-\dot{\lambda}+\rho\lambda, \tag{13}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\lambda}(H,p,S,\lambda,\mu)=G(S)-H-H^*=\dot{S}, \tag{14}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mu}(H,p,S,\lambda,\mu)=H+H^*-\frac{\beta}{p}\left(pH+L-\frac{H}{qS}\right)-\frac{\beta}{p}\left(pH^*+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right)=0,\quad \mu\geq 0, \tag{15}$$

が両国不完全特化では成り立たなければならない。(15) の $\mu\geq 0$ は Kuhn-Tucker の定理から直接的に導かれる。(15) の等式を変形すると

$$-\left\{H-\frac{\beta}{p}\left(pH+L-\frac{H}{qS}\right)\right\}=H^*-\frac{\beta}{p}\left(pH^*+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right), \tag{16}$$

となる。貿易均衡を考える上では貿易パターンを設定する必要がある。ここでは Takarada et al.(2012, 2013) に倣って、自国が資源財 H を輸入して工業品 M を輸出し、外国が資源財 H を輸出して工業品 M を輸入する貿易パターンを考える。このためには (16) が正であるという仮定を置く。自国と外国の名称を取り換えれば、逆の場合も同様に考えられるので、貿易が実際には起こらない場合を除いて一般性を失うことはない。Lemma 1 と同様に (12) を変形すると、

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial p}(H,p,S,\lambda,\mu)=\frac{H-\dfrac{\beta}{p}\left(pH+L-\dfrac{H}{qS}\right)}{pH+L-\dfrac{H}{qS}}+\frac{\beta\mu}{p^2}\left(L-\frac{H}{qS}+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right)=0, \tag{17}$$

となる。対数線形の効用関数では両財とも消費をするので、工業品を少なくとも片方の国は生産しなければならない。そのため、世界では工業品を生産していることに相当する条件となる

$$M+M^*=L-\frac{H}{qS}+L^*-\frac{H^*}{q^*S}>0, \tag{18}$$

が成り立つ。この結果を利用すると、(17) から自国では μ が正となることが、(16) を正と仮定したことにより成り立つ。

外国でも同様に経済厚生最大化問題を考えることができる。外国の経済厚生最大化問題は

$$\begin{aligned}
&\max_{0\le H^*\le q^*SL^*, p\ge 0} \int_0^\infty e^{-\rho t}\left\{\ln\left(pH^*+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right)-\beta\ln p\right\}dt,\\
&\text{s.t.}\quad \dot{S}=G(S)-H-H^*,\quad S(0)=S_A(>0):\text{given},\\
&\qquad \frac{\beta}{p}\left(pH+L-\frac{H}{qS}\right)+\frac{\beta}{p}\left(pH^*+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right)\le H+H^*,
\end{aligned}\tag{19}$$

と書ける。動学方程式を含む制約式が共通しているので、微分ゲームの形になる。

動学方程式の部分だけ乗数 λ^* を付けて取り込んだ経常価値 Hamilton 関数 $\mathcal{H}^*\left(H^*,p,S,\lambda^*\right)$ は

$$\mathcal{H}^*\left(H^*,p,S,\lambda^*\right)\overset{\text{dfn}}{=}\ln\left(pH^*+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right)-\beta\ln p+\lambda\left\{G(S)-H-H^*\right\},\tag{20}$$

となるので、必要条件としての横断性条件は

$$\lim_{t\to\infty}e^{-\rho t}\mathcal{H}^*\left(H^*,p,S,\lambda^*\right)=0,\tag{21}$$

となる。静学的な需給均衡の不等式を、乗数を μ^* として入れた Lagrange 関数 $\mathcal{L}^*\left(H^*,p,S,\lambda^*,\mu^*\right)$ は

$$\begin{aligned}
\mathcal{L}^*\left(H^*,p,S,\lambda^*,\mu^*\right)\overset{\text{dfn}}{=}&\ln\left(pH^*+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right)-\beta\ln p+\lambda\left\{G(S)-H-H^*\right\}\\
&-\mu^*\left\{\frac{\beta}{p}\left(pH+L-\frac{H}{qS}\right)+\frac{\beta}{p}\left(pH^*+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right)-H-H^*\right\},
\end{aligned}$$

と書ける。同様に両国不完全特化で両財とも生産する貿易均衡があるかどうかについて考える。この場合、H^*,p については内点解の 1 階の必要条件が成り立たなければならない。そのため、Pontryagin の最大値原理を利用して、

$$\frac{\partial\mathcal{L}^*}{\partial H^*}\left(H^*,p,S,\lambda^*,\mu^*\right)=\frac{p-\dfrac{1}{q^*S}}{pH^*+L^*-\dfrac{H^*}{q^*S}}-\lambda^*+\mu^*\left(1-\beta+\frac{\beta}{pq^*S}\right)=0,\tag{22}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}^*}{\partial p}\left(H^*,p,S,\lambda^*,\mu^*\right)=\frac{H^*-\dfrac{\beta}{p}\left(pH^*+L^*-\dfrac{H^*}{q^*S}\right)}{pH^*+L^*-\dfrac{H^*}{q^*S}}+\frac{\beta\mu^*}{p^2}\left(L-\frac{H}{qS}+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right)=0,\tag{23}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}^*}{\partial S}\left(H^*,p,S,\lambda^*,\mu^*\right)=\frac{\dfrac{H^*}{q^*S^2}}{pH^*+L^*-\dfrac{H^*}{q^*S}}+\lambda^*G'(S)-\frac{\beta\mu^*H^*}{pq^*S^2}=-\dot{\lambda}^*+\rho\lambda^*,\tag{24}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}^*}{\partial\lambda^*}\left(H^*,p,S,\lambda^*,\mu^*\right)=G(S)-H-H^*=\dot{S},\tag{25}$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}^*}{\partial\mu^*}\left(H^*,p,S,\lambda^*,\mu^*\right)=H+H^*-\frac{\beta}{p}\left(pH+L-\frac{H}{qS}\right)-\frac{\beta}{p}\left(pH^*+L^*-\frac{H^*}{q^*S}\right)=0,\quad \mu^*\ge 0,\tag{26}$$

が両国不完全特化では成り立たなければならない。(26) の等式と (25) は共通の制約式なので一致する。自国の場合と同様に (26) の $\mu^*\ge 0$ は Kuhn-Tucker の定理から直接的に導かれる。しかしながら (16) は正と仮

定していて、(18) が成り立つので、(23) 式は

$$\frac{\partial \mathcal{L}^*}{\partial p}(H^*, p, S, \lambda^*, \mu^*) = \frac{H^* - \dfrac{\beta}{p}\left(pH^* + L^* - \dfrac{H^*}{q^*S}\right)}{pH^* + L^* - \dfrac{H^*}{q^*S}} + \frac{\beta\mu^*}{p^2}\left(L - \frac{H}{qS} + L^* - \frac{H^*}{q^*S}\right) > 0,$$

となる。この結果、両国不完全特化の場合、価格の変動も考慮して産出量管理を両国が非協力的に行うと、価格 p がうまく定まらないことが分かる。従って、両国が価格の変動も考慮して非協力的に各々の国の経済厚生を最大化するように産出量管理を行うと、貿易が生じる限り両国とも不完全特化で資源財・工業品の両方とも生産する貿易均衡は起きえない。一方で開国しても事実上貿易が生じない場合には、Lemma 1 と同様に乗数の値が 0 になって、自給自足・閉鎖経済と同様の状況のままになる。次の命題にまとめられる。

Proposition 1. *1.* 両国が価格の変動も考慮して非協力的に各々の国の経済厚生を最大化するように産出量管理を行うと、オープン・ループ解を解概念にとった場合に、貿易が生じる限り両国とも不完全特化で資源財・工業品の両方とも生産する貿易均衡は起きえない。両国とも不完全特化となるのは自給自足・閉鎖経済と同様の事実上貿易されないままの場合に限られる。

2. 上記の結果は操作変数に関する必要条件と、微分方程式ではない条件式（需給均衡条件）だけから導出できる。

この命題は次のように解釈できる。両国とも価格の変動の影響を織り込んで非協力的に資源管理を行っている。その結果、資源財輸出国に当たる外国からすれば、資源財の価格が高くなるように価格支配力を発揮する。資源財を輸出している限り価格支配力を強めようとするが、資源財輸出国に価格減少の圧力はかからないので、解となる均衡が存在しないのである。

この命題は次のような意味を持っている。本来最善の場合には技術係数の高い国が優先的に資源財を生産することになり、管理を行わない場合も技術係数の高い国が優先的に資源財を生産する。従って、本来は技術係数の高い国に優先的に資源財を生産させるような世界の体制が望ましい。しかし現実の共有資源の管理に関しては、各国に漁獲枠を割り振るようなことが数多く行われている*1。それは、本来的に各国が非協力的に各々の経済厚生を最大化しようと資源管理を行った場合、各国は漁獲枠を欲しがる状況、つまり 2 国ならば両国とも不完全特化の均衡が存在すると考えられてきたからである。これは貿易による価格の変動を正確に考慮しない部分均衡の場合、同時手番のクールノー・ナッシュ均衡等を考えるといかにもありそうに感じる。ところが貿易による価格変動の影響を正確に捉えて各国が非協力的に管理をすると、両国とも不完全特化という貿易均衡は存在しなかった。そのため、仮に技術係数の高低が明らかな場合には、両国に漁獲枠を割り振るのではなく、漁獲技術の高い国に優先的に割り振り、資源の変動の影響と照らし合わせて決めるのが望ましい。技術係数の高低に関しては本来的にどうなるか、必ずしも明らかではない場合や、国内で技術差が大きいときには、譲渡可能な漁獲枠を設定し、市場メカニズムを通じて漁獲技術の相対的に高い所に漁獲枠を集めるようにした方が望ましいのである。

この結果は Munro(1979), Vislie(1987) が示唆していた、片方の国に管理を委ねるという分析の頑健性を示していて、Takarada et al.(2012) の分析の一般性を示している。Takarada et al.(2012) のモデルはリカード・モデルに深く依拠しているため、モデルの性質として基本的には両国とも不完全特化の貿易均衡は存在しなかった。そのため両国が非協力的に産出量規制の直接的な資源管理を行った場合には両国が不完全特化にな

*1 現実の国際的に共有されている再生可能資源に関する枠の配分に関する研究としては例えば Bailey et al.(2013) などを参照。

る場合を別に分析する必要があるものと思われた。しかし本論文によって、その必要がないことが明らかになり、Takarada et al.(2012) の分析は十分一般性を持つことが分かった。

この節ではオープン・ループ解を解概念にとって分析を行った。次の節ではフィードバック・ナッシュ均衡でも同様の結果が出せることを示す。

4　頑健性：フィードバック・ナッシュ均衡の場合

ここでは先の結果の頑健性として、より経済学的に妥当と言われているフィードバック・ナッシュ均衡に解概念を変更した場合でも同様の結果が成り立つことを示す。フィードバック・ナッシュ均衡とオープン・ループ解との関係については次の結果が知られている。

Lemma 2. *連続時間の動学的最適化における同一の問題に関して、フィードバック・ナッシュ均衡をHamilton 関数などによる表記法で表した場合、オープン・ループ解とフィードバック・ナッシュ均衡とでは違いは状態変数に関する (偏) 微係数を利用した条件式のみである。操作変数に関する内点解の 1 階の必要条件を利用した条件式や制約式には違いはない。*

この結果を Lemma 1, Proposition 1 に適用すると、次の結果が得られる。

Lemma 3. *フィードバック・ナッシュ均衡における自給自足・閉鎖経済の場合でも、需給均衡式に対する乗数の値が 0 になり、限界的には最大化を邪魔していない。*

Proposition 2. *両国が価格の変動も考慮して非協力的に各々の国の経済厚生を最大化するように産出量管理を行うと、フィードバック・ナッシュ均衡を解概念にとった場合でも、貿易が生じる限り両国とも不完全特化で資源財・工業品の両方とも生産する貿易均衡は起きえない。*

こうして先の結果の頑健性が示されたことになる。

5　頑健性：生産関数の一般化

今回の結果は工業品の生産関数を特殊要素モデルにし、資源財の生産関数をより一般的な形にした場合にも成り立つかどうか考えよう。工業品の生産量 M を特殊要素 (土地)T と共通要素 (労働)L_M により、$M = F(L_M, T)$ と書けるとしよう。ここで 2 回連続微分可能な生産関数 $F(\cdot)$ は、L_M, T が共に正のとき正の値をとり、$F_L > 0,\ F_T \geq 0,\ F_{LL} \leq 0$ を満たした上で、(L_M, T) について 1 次同次であるとする。簡単化のため、$\lim_{L_M \to +0} F_L$ は有限の値をとるものとする。資源財の生産量 H は共通要素 (労働)L_H と資源量 S により、$H = Q(L_H; S)$ と書けるとしよう。ここで 2 回連続微分可能な生産関数 $Q(\cdot)$ は、L_H, S が共に正のときに限り正の値をとり、$Q' > 0,\ Q_S > 0,\ Q'' \leq 0$ を満たすとする。Schaefer 型 $Q(L_H; S) = qSL_H$ でも勿論成立する。以降の分析の都合上、$Q(\cdot)$ の L_H についての逆関数を $L_H = Q^{-1}(H; S)$ と、この H についての微分を $Q^{-1\prime}\left(= \dfrac{1}{Q'}\right)$ と、S についての微分を $Q_S^{-1}(H; S)$ と書くことにする。Schaefer 型にならって $Q_S^{-1}(H; S) < 0$ を仮定する。労働賦存量制約から、$L_M = L - Q^{-1}(H; S)$ と書けることになる。従って、自国の所得 I は $I = pH + F\left[L - Q^{-1}(H; S), T\right]$ と書けるので、自国の資源財の消費量は

$\beta H + \dfrac{\beta}{p} F\left[L - Q^{-1}(H;S), T\right]$ となるため、需給均衡に関する式は

$$\frac{\beta}{p} F\left[L - Q^{-1}(H;S), T\right] + \frac{\beta}{p} F^{*}\left[L^{*} - Q^{*-1}\left(H^{*};S\right), T^{*}\right] \leq (1-\beta)\left(H + H^{*}\right),$$

となる。以上から自国の経済厚生最大化は

$$\begin{aligned} &\max_{0 \leq H \leq qSL, p \geq 0} \int_{0}^{+\infty} e^{-\rho t} \left\langle \ln\left\{pH + F\left[L - Q^{-1}(H;S), T\right]\right\} - \beta \ln p \right\rangle dt \\ &\qquad \text{s.t.} \quad \dot{S} = G(S) - H - H^{*}, \quad S(0) = S_0 (> 0) : \text{given}, \\ &\qquad\qquad \frac{\beta}{p} F\left[L - Q^{-1}(H;S), T\right] + \frac{\beta}{p} F^{*}\left[L^{*} - Q^{*-1}\left(H^{*};S\right), T^{*}\right] \leq (1-\beta)\left(H + H^{*}\right), \end{aligned} \tag{27}$$

となる。まずは前と同様に動学方程式の乗数を λ として Hamilton 関数 $\mathcal{H}(H, p, S, \lambda)$ を立てると、

$$\mathcal{H}(H, p, S, \lambda) := \ln\left\{pH + F\left[L - Q^{-1}(H;S), T\right]\right\} - \beta \ln p + \lambda\left\{G(S) - H - H^{*}\right\}, \tag{28}$$

となり、必要条件としての横断性条件 $\lim_{t \to +\infty} e^{-\rho t}\mathcal{H} = 0$ が成り立つ。残りの制約式に対する乗数を μ として Lagrange 関数 $\mathcal{L}\left(H, p, S, \lambda, \mu\right)$ は

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(H, p, S, \lambda, \mu) :=& \ln\left\{pH + F\left[L - Q^{-1}(H;S), T\right]\right\} - \beta \ln p + \lambda\left\{G(S) - H - H^{*}\right\} \\ &+ \mu\left\{(1-\beta)\left(H + H^{*}\right) - \frac{\beta}{p} F\left[L - Q^{-1}(H;S), T\right] - \frac{\beta}{p} F^{*}\left[L^{*} - Q^{*-1}\left(H^{*};S\right), T^{*}\right]\right\}, \end{aligned}$$

と書ける。オープン・ループ解のときに成り立つ制約式は

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial H} = \frac{p - F_L Q^{-1\prime}}{pH + F} - \lambda + \mu\left\{1 - \beta + \frac{\beta F_L Q^{-1\prime}}{p}\right\} = 0 \quad \text{or} \quad H = 0, qSL, \tag{29}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial p} = \frac{H}{pH + F} - \frac{\beta}{p} + \frac{\beta \mu}{p^2}\left(F + F^{*}\right) = 0, \quad \text{or} \quad p = 0, +\infty, \tag{30}$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial S} = \frac{-F_L Q_S^{-1}}{pH + F} + \frac{\beta \mu}{p} \cdot \left(F_L Q_S^{-1} + F_L^{*} Q_S^{*-1}\right) = -\dot{\lambda} + \rho \lambda, \tag{31}$$

$$\left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \lambda} = \right) G(S) - H - H^{*} = \dot{S}, \tag{32}$$

$$\left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu} = \right) (1-\beta)\left(H + H^{*}\right) - \frac{\beta}{p}\left(F + F^{*}\right) \geq 0, \quad \mu \geq 0, \quad \mu \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu} = 0, \tag{33}$$

となる。このうち (30) に関しては

$$\frac{1}{I}\left(H - \frac{\beta I}{p}\right) + \frac{\beta \mu}{p^2}\left(F + F^{*}\right) = 0, \quad \text{or} \quad p = 0, +\infty,$$

と直せるので、内点解の 1 階の必要条件が成り立てば、輸出入が行われている限り $H \neq \dfrac{\beta I}{p}$ となるので、$\mu \neq 0$ つまり $\mu > 0$ となる。(33) は等式の需給均衡に相当する

$$(1-\beta)\left(H + H^{*}\right) - \frac{\beta}{p}\left(F + F^{*}\right) = 0,$$

が成り立つ。

外国も同様の問題設定を立てることができる。

$$\max_{0 \le H^* \le q^* S L^*, p \ge 0} \int_0^{+\infty} e^{-\rho t} \left\langle \ln \left\{ pH^* + F^* \left[L^* - Q^{*-1} \left(H^*; S \right), T^* \right] \right\} - \beta \ln p \right\rangle dt$$
$$\text{s.t.} \quad \dot{S} = G(S) - H - H^*, \quad S(0) = S_0 (> 0) : \text{given},$$
$$\frac{\beta}{p} F \left[L - Q^{-1}(H; S), T \right] + \frac{\beta}{p} F^* \left[L^* - Q^{*-1} \left(H^*; S \right), T^* \right] \le (1 - \beta) \left(H + H^* \right), \tag{34}$$

となる。Hamilton 関数 $\mathcal{H}^* \left(H^*, p, S, \lambda^* \right)$ と、必要条件としての横断性条件は

$$\mathcal{H}^* := \ln \left\{ pH^* + F^* \left[L^* - Q^{*-1} \left(H^*; S \right), T^* \right] \right\} - \beta \ln p + \lambda^* \left\{ G(S) - H - H^* \right\}, \quad \lim_{t \to +\infty} e^{-\rho t} \mathcal{H}^* = 0, \tag{35}$$

となる。Lagrange 関数 $\mathcal{L}^* \left(H^*, p, S, \lambda^* \right)$ は、

$$\mathcal{L}^* \left(H^*, p, S, \lambda^* \right) := \ln \left\{ pH^* + F^* \left[L^* - Q^{*-1} \left(H^*; S \right), T^* \right] \right\} - \beta \ln p + \lambda^* \left\{ G(S) - H - H^* \right\}$$
$$+ \mu^* \left\{ (1 - \beta) \left(H + H^* \right) - \frac{\beta}{p} F \left[L - Q^{-1}(H; S), T \right] - \frac{\beta}{p} F^* \left[L^* - Q^{*-1} \left(H^*; S \right), T^* \right] \right\},$$

と書ける。オープン・ループ解のときに成り立つ制約式は

$$\frac{\partial \mathcal{L}^*}{\partial H^*} = \frac{p - F_L^* Q^{*-1\prime}}{pH^* + F^*} - \lambda^* + \mu^* \left\{ 1 - \beta + \frac{\beta F_L^* Q^{*-1\prime}}{p} \right\} = 0 \quad \text{or} \quad H^* = 0, q^* S L^*, \tag{36}$$
$$\frac{\partial \mathcal{L}^*}{\partial p} = \frac{H^*}{pH^* + F^*} - \frac{\beta}{p} + \frac{\beta \mu}{p^2} \left(F + F^* \right) = 0, \quad \text{or} \quad p = 0, +\infty, \tag{37}$$
$$\frac{\partial \mathcal{L}^*}{\partial S} = \frac{-F_L^* Q_S^{*-1}}{pH^* + F^*} + \frac{\beta \mu^*}{p} \cdot \left(F_L Q_S^{-1} + F_L^* Q_S^{*-1} \right) = -\dot{\lambda}^* + \rho \lambda^*, \tag{38}$$
$$\left(\frac{\partial \mathcal{L}^*}{\partial \lambda^*} = \right) G(S) - H - H^* = \dot{S}, \tag{39}$$
$$\left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \mu^*} = \right) (1 - \beta) \left(H + H^* \right) - \frac{\beta}{p} \left(F + F^* \right) = 0, \quad \mu^* \ge 0, \tag{40}$$

となる。同様に (37) は所得 $I^* = pH^* + F^*$ を利用して

$$\frac{1}{I^*} \left(H^* - \frac{\beta I^*}{p} \right) + \frac{\beta \mu}{p^2} \left(F + F^* \right) = 0, \quad \text{or} \quad p = 0, +\infty,$$

となるが、外国は資源財輸出国なので、$H^* > \dfrac{\beta I^*}{p}$ となるので、$\dfrac{\partial \mathcal{L}^*}{\partial p} > 0$ となり、外国も自国同様不完全特化をするという内点解の 1 階の必要条件は成り立たない。この結果、外国は価格をできるだけ引き上げようとするが、価格が十分高ければ (工業品の生産が 0 でも問題なければ) $H^* = q^* S L^*$ を選択することになり、外国は不完全特化を選択しないことが分かる。その結果、関数形を一般化しても、両国が貿易均衡で両国とも不完全特化をとることはない。完全特化を選択する上では、その制約式に伴って価格も需給均衡から自動的に決まるので、自国の資源財生産量が操作できない以上、外国に価格操作の余地は出てこない。

さらに、この結果を出すうえで利用している条件式は操作変数の最大化の条件と、不等式の制約式に関する相補スラック条件のみである。従って、この結果は解概念をフィードバック・ナッシュ均衡に書き換えても成立する。そのため、Proposition 1,2 は生産関数の一般化に対し頑健性を持つことが分かった。

Proposition 3. 両国が価格の変動も考慮して非協力的に各々の国の経済厚生を最大化するように産出量管理を行うと、生産関数を一般化したとしても、オープン・ループ均衡、フィードバック・ナッシュ均衡のどちらを解概念にとった場合でも、貿易が生じる限り両国とも不完全特化で資源財・工業品の両方とも生産する貿易均衡は起きえない。

6 Conclusion

本論文では両国が共有する再生可能資源を基にした資源財を貿易する一般均衡モデルにおいて両国が非協力的に各々の経済厚生を最大化するように産出量管理を行った場合に、オープン・ループ解を利用した微分ゲームで分析することにより、両国とも不完全特化になることはないことを示した。この結果はより経済学的に妥当とされる、フィードバック・ナッシュ均衡を解概念にとった場合でも保持されることを示した。これにより、資源財への収入従価税を利用した資源管理に関する Takarada et al.(2012) の重要性を示したことになる。Takarada et al.(2012) ではリカード・モデルに整合的な形で分析をしているので、両国とも不完全特化な貿易均衡になることはモデルの性質上ないため、片方の国に資源管理を委ねることが前提になっている。この分析では両国とも不完全特化になる場合が現実的ではないか、という懸念が残っていた。本論文により、その心配をする必要がないことが分かった。

国際的に共有された再生可能資源の産出量管理に関して国際合意を考えようとすると、どうしても各国に漁獲量などの資源財生産量の枠を配分するような方面に向きがちである。しかし、それは最善にも次善にもならず、優先させるべきは技術水準などからどの国が優先的に資源財を生産すべきかという点である。技術水準などでの判断が難しい場合には、ITQ(譲渡可能な漁獲量枠) のように市場メカニズムを通じて技術水準の相対的に高い所に枠を集めるような形が望ましい。

参考文献

[1] Bailey, Megan, Gakushi Ishimura, Richard Paisley, and U. Rashid Sumaila (2013) “Moving beyond catch in allocation approaches for internationally shared fish stocks,” *Marine Policy*, Vol.40, pp.124-136.

[2] Brander, James A., and M. Scott, Taylor (1997a) “International Trade and Open-Access Renewable Resources: the Small Open Economy Case,” *Canadian Journal of Economics*, Vol.30, No.3, pp.526-552.

[3] Brander, James A., and M. Scott, Taylor (1997b) “International Trade between Consumer and Conservationist Countries,” *Resource and Energy Economics*, Vol.19, Iss.4, pp.267-297.

[4] Brander, James A., and M. Scott, Taylor (1998) “Open Access Renewable Resources: Trade and Trade Policy in a Two-Country Model,” *Journal of International Economics*, Vol.44, Iss.2, pp.181-209.

[5] Bulte, Erwin H., and Richard, Damania (2005) “A Note on Trade Liberalization and Common Pool Resources,” *Canadian Journal of Economics*, Vol.38, No.3,

[6] Clark, Colin W. (2005) *Mathematical Bioeconomics - Optimal Management of Renewable Resources*, Second Editon, John Wiley & Sons, New Jersey.

[7] FAO (2012) “The State of World Fisheries and Aquaculture 2012,” FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome, available at http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e.pdf, (accessed on March 24th, 2014).

[8] Levhari, David, and Leonard J. Mirman (1980) “The Great FishWar: An Example Using a Dynamic Cournot-Nash Solution,” *Bell Journal of Economics*, Vol.11, No.1, pp.322-334.

[9] Munro, Gordon R. (1979) "The Optimal Management of Transboundary Renewable Resources," *Canadian Journal of Economics*, Vol.12, No.3, pp.355-376.

[10] Ogawa, Takeshi, and Yasuhiro, Takarada (2010) "Renewable Resources and Market Structures - Application of Economic Theory for Renewable Resources," *Invitation to Resource Economics - Fishery Inductry as Case Studies*, (Japanese) pp.95-113, Minerva Shobo, Kyoto.

[11] Rus, Horatiu A. (2012) "Transboundary Marine Resources and Trading Neighbours," *Environmental and Resource Economics*, Vol.53, Iss.2, pp.159-184.

[12] Takarada Yasuhiro, Takeshi Ogawa, and Weijia Dong (2012) "International Trade and Management of Shared Renewable Resources," *Working Paper Series, Society of Economics, Nanzan University*, Series No.48. Available from http://bit.ly/1osZE4A (shortened URL) accessed on October 22th, 2014.

[13] Takarada Yasuhiro, Weijia Dong, and Takeshi Ogawa (2013) "Shared Renewable Resources: Gains from Trade and Trade Policy," *Review of International Economics*, Vol.25, Iss.1, pp.1032-1047.

[14] Vislie, Jon (1987) "On the Optimal Management of Transboundary Renewable Resources: A Comment on Munro's Paper," *Canadian Journal of Economics*, Vol.20, No.4, pp.870-875.

[15] Watson, Reg, and Daniel, Pauly (2001) "Systematic Distortions in World Fisheries Catch Trends," *Nature*, Vol.414, No.6863, pp.534-536.

Acknowledgement

本論文は経済産業研究所のリサーチ・アシスタント時代の着想と、Nagoya Macroeconomics Workshop(NMW) における別の論文での菅原先生（名古屋学院大学）のコメントに基づいています。かつて私をリサーチ・アシスタントに取り立てて頂いた南山大学・総合政策学部の寳多康弘先生、私と共にリサーチ・アシスタントとして共同研究を当時していた名古屋大学・大学院経済学研究科の董維佳先生、本論文を書く上で着想の鍵となった菅原先生に感謝申し上げます。

次に、本論文は漁業経済の TEMF 研究会（東京大学)、ゲーム理論ワークショップ 2014（東京工業大学)、日本水産学会（北海道大学)、Ryukyu Economics Workshop(REW)（沖縄大学)、日本国際経済学会・関西支部（関西学院大学)、国際漁業学会（東京大学)、Summer Workshops on Economic Theory(SWET) 2014（小樽商科大学）にて報告を致しました。TEMF 研究会主催者の松井隆宏先生（三重大学)、ゲーム理論ワークショップ 2014 で座長をして頂いた今井晴雄先生（京都大学)、日本水産学会で座長をして頂いた山下成治先生（北海道大学)、REW 主催者のあべ先生（大阪大学)・大城先生（沖縄大学)・討論者の市田先生（早稲田大学)、国際漁業学会で座長をして頂いた東田啓作先生（関西学院大学)、SWET2014 で座長をして頂いた石川城太先生（一橋大学)、コメントを下さった先生方、お聴きくださった先生方に感謝申し上げます。また、山口力先生（広島修道大学)・若松宏樹先生（中央水産研究所)・猪又秀夫先生（水産庁）には個人的にも有益なコメントを頂きました。ここにお礼申し上げます。

そして、ゲーム理論ワークショップ 2014 の参加に際し支援をして頂いた岩崎敦先生（電気通信大学)、岩崎先生に繋いで頂いた関口格先生（京都大学)、SWET2014 の参加に際し支援をして頂いた石川城太先生（一橋大学）にも感謝申し上げます。また、本研究は部分的に科学研究費補助金・若手研究 (B)(課題番号:24730206) の支援を受けています。

なお、本論文の誤りは全て筆者に帰します。

Appendix:両国漁獲の均衡での条件式 (オープン・ループ解を基に)

ここでは共有再生可能資源の本領が発揮される両国漁獲の均衡における条件式を取り上げる。この場合、自国が不完全特化による両財生産、外国が資源財に特化生産する $H^* = q^* SL^*$ の均衡になる。自国の条件式は

$$\frac{p - \dfrac{1}{qS}}{pH + L - \dfrac{H}{qS}} - \lambda + \mu\left(1 - \beta + \frac{\beta}{pqS}\right) = 0,$$

$$\frac{(1-\beta)H - \dfrac{\beta}{p}\left(L - \dfrac{H}{qS}\right)}{pH + L - \dfrac{H}{qS}} + \frac{\beta\mu}{p^2}\left(L - \frac{H}{qS}\right) = 0,$$

$$\frac{\dfrac{H}{qS^2}}{pH + L - \dfrac{H}{qS}} + \lambda G'(S) - \frac{\beta\mu H}{pqS^2} = -\dot{\lambda} + \rho\lambda,$$

$$G(S) - H - q^* SL^* = \dot{S}, \quad S(0) = S_A(>0),$$

$$(1-\beta)\left(H + q^* SL^*\right) - \frac{\beta}{p}\left(L - \frac{H}{qS}\right) = 0, \quad \mu \geq 0,$$

$$\lim_{t\to+\infty} e^{-\rho t}\left[\ln\left(pH + L - \frac{H}{qS}\right) - \beta \ln p + \lambda\left\{G(S) - H - q^* SL^*\right\}\right] = 0,$$

となる。従って、この式を整理することで、

$$\begin{aligned}
\dot{S} =& G(S) - \frac{\beta qSL + \beta q^* SL^*}{(1-\beta)pqS + \beta}, \\
&\{\rho - G(S)\} \cdot \left\{\left(p - \frac{1}{qS}\right)\left(\frac{1-\beta}{L} + \frac{\beta}{pqSL}\right) + \frac{q^* L^*}{(qL + q^* L^*)\beta q^2 L} \cdot \frac{\{(1-\beta)pqS + \beta\}^3}{pS^2}\right\} \\
&- \frac{qL + q^* L^* + q^* L^* \{(1-\beta)pqS + \beta\}}{qS^2 L (qL + q^* L^*)} \cdot \left\{\frac{\beta L}{p} - (1-\beta) q^* SL^*\right\} \\
=& \left\{\left(\frac{1-\beta}{L} + \frac{\beta}{pqSL}\right) + \left(p - \frac{1}{qS}\right)\left(-\frac{\beta}{p^2 qSL}\right)\right\}\dot{p} \\
&+ \frac{q^* L^*}{(qL + q^* L^*)\beta q^2 S^2 L} \cdot \frac{3\{(1-\beta)pqS + \beta\}^2 \{2(1-\beta)pqS - \beta\}}{p^2} \cdot \dot{p} \\
&+ \left\{\frac{1}{qS^2}\left(\frac{1-\beta}{L} + \frac{\beta}{pqSL}\right) + \left(p - \frac{1}{qS}\right)\left(-\frac{\beta}{pqS^2 L}\right)\right\}\left\{G(S) - \frac{\beta qSL + \beta q^* SL^*}{(1-\beta)pqS + \beta}\right\} \\
&+ \left[\frac{q^* L^*}{(qL + q^* L^*)\beta pq^2 L} \cdot \frac{3\{(1-\beta)pqS + \beta\}^2 S - 2\{(1-\beta)pqS + \beta\}^3}{S^3}\right]\left\{G(S) - \frac{\beta qSL + \beta q^* SL^*}{(1-\beta)pqS + \beta}\right\},
\end{aligned}$$

という 2 本の微分方程式で (初期条件・境界条件を基に)p, S が決まる。その下で、

$$H=\frac{\dfrac{\beta L}{p}-(1-\beta)q^*SL^*}{1-\beta+\dfrac{\beta}{pqS}},\quad \mu=\frac{q^*L^*\left\{(1-\beta)pqS+\beta\right\}^2}{\beta qSL\left(qL+q^*L^*\right)},$$
$$\lambda=\left(p-\frac{1}{qS}\right)\left(\frac{1-\beta}{L}+\frac{\beta}{pqSL}\right)+\frac{q^*L^*}{\left(qL+q^*L^*\right)\beta q^2L}\cdot\frac{\left\{(1-\beta)pqS+\beta\right\}^3}{pS^2},$$

という形で順番に残りのものが決まる。また、今回の式で一般形の関数は資源に関する回復関数 $G(S)$ だけなので、本来的には定常資源量を決める式が 1 本にまとまり、そこから残りの式が決まる。

$$-\frac{G(S)}{qS}-\frac{\beta q^*SL^*-G(S)}{S}\cdot\frac{G(S)-q^*SL^*}{qS\left\{G'(S)-\rho\right\}}+\left\{\frac{\beta q^*SL^*}{G(S)}+\frac{\beta}{1-\beta}\right\}\cdot\left\{L-\frac{G(S)-q^*SL^*}{qS}\right\}+\frac{\beta q^*L^*}{q}=0,$$

という形になる。