

環境問題における国際協調：静学的環境政策ゲーム*

熊本尚雄†

1. はじめに

近年、議論されているテーマとして、「地球温暖化問題」があるが、このような温室効果ガス（greenhouse gases：以下 GHGs と略記）の排出による外部不経済を考慮するためには、1国だけでなく、複数の国による協調が必要不可欠であり、国家間の協力によってグローバルに効率的な環境改善成果が期待できる。¹⁾ しかしながら、成長と環境の質の向上という目標の間には、トレードオフの関係があり、多くの環境資源を利用することで既に経済成長を遂げてきた先進国と、今後それを利用して経済成長を遂げていこうとする発展途上国では2つの目標に対する選好が異なるため、両者の合意は困難であり、強制力にも問題が生じることとなる。²⁾

現に、地球温暖化の対応策をめぐるのは、先進国と発展途上国の間で激しい意見の対立がある。先進国側では、世界的にみて最も効率的な温暖化防止対策を採用すべきであるという意見が強いのに対し、発展途上国側からは、温暖化の原因は先進国によるものであるため、政策の費用負担は先進国のみが負うべきであり、発展途上国の炭素排出量が先進国のレベルに達するまでは、発展途上国には発展のために炭素を排出する権利があるという意見が強く出されている。

そのため、2000年11月にオランダ・ハーグで開かれた気候変動枠組条約締約国会議（COP）を数え、これまで幾度も話し合いの場が設けられているものの未だ合意が得られるまでには達していない。

1997年12月に京都で開かれた COP3 において採択された（2008年から2012年までの間の削減目標を定めた）「京都議定書」は遅くとも2002年までに発効させることが必要であることを考えると、前回の COP6 で京都議定書の実施に必

要となる排出権取引などGHGs削減の具体的なルール（京都メカニズムのルール）などについて合意が得られなかったということは、議定書の発効自体に赤信号が灯ったといっても過言ではない。

しかしながら、地球温暖化は刻々と進んでおり、これ以上国際協定の締約およびそれに基づく温暖化対策を先延ばしにすることは、経済効率性の観点からも弊害が大きいことは明らかであり、一刻も早い先進国と発展途上国間の国際協定の締約が必要であると考えられる。³⁾

このような環境政策に対する統一的な見解が示されない主要因として考えられることは、各国の経済状況が大きく異なるということである。例えば、所得面で見れば先進諸国は、環境に投資するに十分な所得があるが、発展途上諸国は、環境に投資する余裕がない。

こうした各国の経済状況の差異を縮小し、発展途上諸国に環境メンテナンスに投資させるインセンティブを与える政策手段として、各国間の所得再分配政策が考えられる。⁴⁾

現在、途上諸国に対し、環境メンテナンスを援助しているのは、例えば、日本の場合、国際協力事業団（JICA）、旧海外経済協力基金（OECF；現国際協力銀行（JBIC））など様々である。かつてはODAやOECFは、用途を事前に特定化した上での援助であったが、現在では、援助の用途を特定化しない一般所得移転である。

これまで所得移転が環境に与える効果を分析したものとして、吉岡（1992）がある。吉岡（1992）は、各国の生産技術が同一であるという仮定の下で、所得移転が環境の質と消費の均衡水準を変化させないことを示している。この吉岡（1992）の分析は、Warr（1983）、Bergstrom and Varian（1985）、Bergstrom et al.（1986）等による公共財の私的供給（private provision）モデルを環境問題に応用したものである。Warr（1983）は、所得移転の中立性（neutrality）を指摘し、各消費者が公共財の供給を行う限り、そのような消費者間で初期保有の所得再分配を行っても、ナッシュ均衡配分を変化させないことを示した。しかしながら、吉岡（1992）では、両国の対称性という仮定の下での分析であるため、先進国から発展途上国への所得移転の効果を分析するには、不十分である。

本稿の目的は、非対称的な2国間における国際的な一般所得移転の有効性を示すことである。但し、ここで、本稿における非対称性とは、各国の賦存量、

選好パラメータ、汚染ストックの削減パラメータ等、各パラメータの違いを意味する。この仮定は、両国を先進国と発展途上国と解釈することも出来る。また、一般所得移転とは、譲渡した所得を環境メンテナンスに用いることを条件付けた上で行うような特定所得移転ではなく、用途を特定化しない所得移転である。⁶⁾

さらに、本稿は以下の特徴を持つ。消費が地球の汚染ストックを増加させ、その結果、地球環境の質を低下させるという消費外部性を含んだモデルであるという点である。⁶⁾ これにより、消費の増加が直接、効用を増加させる一方で、消費の増加により汚染ストックが増加し、環境の質を低下させるため、不効用を得るといふ、消費と汚染ストックの蓄積間のトレードオフについて着目することができるようになる。

本稿の構成は以下の通りである。

まず、2節においてモデルを提示する。次に、3節においては、両国が、様々なワンショットのゲームを行った場合を分析する。まず、3-1では、非協力ゲームを分析する。ここでは、非協力ゲームの代表例としてナッシュ・クールノー解 (N) を検討する。非協力ゲームとは、あらかじめ2国間で拘束力のある契約・合意を取り交わすことが不可能であり、各国が独自のインセンティブに基づき行動するという両国が同時に政策決定を行うゲームである。次に、3-2では協力ゲームを分析する。協力ゲームとは、各国間の事前のコミュニケーションが可能であり、しかも拘束的契約が可能となるゲームを意味する。協力ゲームとして最も意味があるものは、パレート最適性を達成させるものである。したがって、この項では協力ゲームの代表例としてパレート最適協調解 (C) を検討する。パレート最適協調ゲームの下では、各国は協調して世界 (両国) 全体の効用を最大化させるように (パレート最適性を達成するように) 行動し、消費量を決定する。

しかしながら、少なくともワンショットの国際協調においては、一国が協調行動をとることがあらかじめわかっているならば、他国は協調行動をとらずに裏切ることにより、効用を高めようとするインセンティブが存在する。したがって、次項の3-3では裏切りのゲーム (D) を検討し、裏切りのゲームの下では、国際協調には自律性がないことを示す。

3-4では、3節のまとめとして3節において分析した各ゲームの均衡の比

較分析を行う。

4節では先進国と発展途上国間の国際的な所得移転の効果について分析する。上述したタイプの一般所得移転によっても両国の厚生と環境が改善され得るのか、もし改善されるならば、いかなる条件の下で改善されるのか、について分析する。また、環境政策のインプリケーションについても議論する。

最後に、5節をまとめとする。尚、紙面の関係上、式の導出については省略するが、詳しくは熊本(2001a)を参照されたい。

2. モデル

本稿では、先進国($i=1$)と発展途上国($i=2$)からなる2国モデルを考える。 i 国は、非負の消費 c_i から正の効用を、汚染水準 P から負の効用を得るものとする($U_i=u(c_i)-w_i v(P)$)。また、先進国と発展途上国の効用関数を、それぞれ(1)、(2)のように特定化する。^m

$$U_1 = \ln(c_1) - \omega_1 \ln(P) \quad (1)$$

$$U_2 = \ln(c_2) - \omega_2 \ln(P) \quad (2)$$

但し、ここで w_1 、 w_2 は各国の各目標に対するウェイトを表すパラメータであり、 $w_1 > w_2$ 、 $w_2 > w_1 / (w_1 - 1)$ とする。^o また、 $U_i (i=1,2) : \mathfrak{R}_+^2 \rightarrow \mathfrak{R}$ は、厳密に凹(strictly concave)の増加関数で、2回連続微分可能であり、 $P > 0$ に対して、 $\lim_{c_i \rightarrow 0} u'(\cdot) = \infty$ が成立するものとする。

i 国($i=1,2$)は、初期時点において賦存量 $w_i \in \mathfrak{R}_{++}$ 単位を持ち、それを消費 c_i と汚染ストックを削減するための投資 m_i に配分する。

$$c_i + m_i = w_i \quad (3)$$

汚染ストックは、消費により増加し、メンテナンス行動により減少する国際的な負の公共財である。このメカニズムは、以下の(4)で表される。

$$P = P_0 + \sum_i \beta_i c_i - \sum_i \gamma_i m_i \quad (4)$$

但し、ここで $P_0 > 0$ は初期の汚染ストックの水準、 β_i は消費外部性を表すパラメータ、 γ_i はメンテナンス投資により達成される汚染ストックの削減率を表すパラメータである。⁹⁾ 消費外部性は、経済行動（消費）による廃棄や排出が汚染ストックを増加させるような状況を表している。¹⁰⁾

3. ワンショットのゲーム

3-1. 非協力ゲーム

ナッシュ・クールノーのゲームの下では、各国は、他国の消費とメンテナンス投資を所与として、効用の最大化を図る。

まず効用最大化問題を解き、ナッシュ反応関数を導出する。1階の条件は、以下のようになる。

$$c_1 = \left(\frac{1}{\omega_1 - 1} \right) \left[\frac{P_0 - \gamma_1 w_1 + (\beta_2 + \gamma_2) c_2 - \gamma_2 w_2}{\beta_1 + \gamma_1} \right] \quad (5)$$

$$c_2 = \left(\frac{1}{\omega_2 - 1} \right) \left[\frac{P_0 - \gamma_1 w_1 + (\beta_1 + \gamma_1) c_1 - \gamma_1 w_2}{\beta_2 + \gamma_2} \right] \quad (6)$$

(5), (6) はそれぞれ先進国、発展途上国の環境政策の反応関数一すなわち、相手国の消費量に対して当該国はどの水準に消費を設定すべきかという関係を示すもの一である。両国の反応関数の傾きとも正であり、両国の消費は戦略的補完物 (strategic complements) である。

ここで、ナッシュ均衡が安定的であるための条件は、(5), (6) より以下の(7)で与えられる。

$$\omega_2 > \frac{\omega_1}{\omega_1 - 1} \quad (7)$$

ナッシュ均衡 c^N は、(5), (6) より以下の(8), (9)で表される。

$$c_1^N = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1 \omega_2 - \omega_1 - \omega_2} \right) \left(\frac{1}{\beta_1 + \gamma_1} \right) (P_0 - \gamma_1 w_1 - \gamma_2 w_2) \quad (8)$$

$$c_2^N = \left(\frac{\omega_1}{\omega_1 \omega_2 - \omega_1 - \omega_2} \right) \left(\frac{1}{\beta_2 + \gamma_2} \right) (P_0 - \gamma_1 w_1 - \gamma_2 w_2) \quad (9)$$

言うまでもなく、ナッシュ均衡はいずれの国も単独でそこから離れるインセンティブを持たず、その意味で自律性を持っている。また、ワンショットのゲームにおいて自律性を持つ戦略の組合せは (c_1^c, c_2^c) だけである。

しかしながら、ワンショットのゲームにおいては、通常は各国がそれぞれ自らの政策目標の達成を目指して分権的に経済政策を採用すると、各国の利害が十分調整されず、各国の効用が低下する（ナッシュ・クールノー非協力ゲームの非効率性）。この帰結は、以下に記すような両国のフリーライディングによりもたらされる。1国は汚染ストックの蓄積が増加してくると、2国が汚染ストックを削減してくれる（消費量を削減してくれる）ことを期待し、自国の効用の向上のみを考える。したがって、1国には自国の消費量を増加させ、メンテナンス行動への投資量を減少させるインセンティブが働く。一方、2国にも1国と同様のインセンティブが働き（同様の行動（政策）をとるため）、結果として汚染ストックが増加することとなるのである。このような非効率性を除去するためには、各国が政策選択にあたり、分権的意思決定を放棄して国際協調を行い、パレート最適性を満たすような協力解を実現することが必要となる。

次項では、協力ゲームの分析を行うこととする。

3-2. 協力ゲーム

パレート最適協調ゲームの下では、各国は協調して世界（両国）全体の効用を最大化させるように（パレート最適性を達成するように）行動し、消費量を決定する。ここで、世界全体の効用は、(10)のように2国の効用水準の加重平均で測られると仮定する。⁹⁾

$$\max_{c_1, c_2} \mu[\ln(c_1) - \omega_1 \ln(P)] + (1-\mu)[\ln(c_2) - \omega_2 \ln(P)] \quad (10)$$

以下では、簡単化のため、 $\mu=0.5$ とする。両国の1階の条件を求め、それらより、パレート最適協調均衡 c^c を求めると、以下の(11)、(12)で表される。

$$c_1^c = \left(\frac{1}{\omega_1 + \omega_2 - 2} \right) \left(\frac{1}{\beta_1 + \gamma_1} \right) (P_0 - \gamma_1 w_1 - \gamma_2 w_2) \quad (11)$$

$$c_2^c = \left(\frac{1}{\omega_1 + \omega_2 - 2} \right) \left(\frac{1}{\beta_2 + \gamma_2} \right) (P_0 - \gamma_1 w_1 - \gamma_2 w_2) \quad (12)$$

(11), (12)は、各国が政策選択にあたり、分権的意思決定を放棄して国際協調を行うことで、実現させることができるパレート最適性を満たす協力解であり、パラメータ μ の大きさに関わらず、この協力ゲームの解は常に契約曲線上に位置する。しかしながら、全ての μ の値について、協力ゲームの解がナッシュ解をパレートの意味で優越するわけではないことには留意されたい。

各国にとって協力ゲームが意味を持つのは、それが非協力ゲームと比べて、より高い効用水準をもたらす時である。非協力ゲームの例として、3-1で考察したナッシュ・クールノーゲームに着目すると、各国にとって協力ゲームの下での効用水準がナッシュ・クールノーゲームの下での効用水準を下回るとすれば、政策協調を行うインセンティブは存在しない。すなわち、 $U_1^c(U_2^c)$ 、 $U_1^d(U_2^d)$ をそれぞれ協力ゲーム、ナッシュ・クールノーゲームの下での先進国(発展途上国)の効用水準とした場合、各国が国際協調を行うインセンティブを持つためには、

$$U_1^c > U_1^d, U_2^c > U_2^d \quad (13)$$

が成立する必要がある。⁹² 条件(13)を満たす協力ゲームの解を求めるには、共同の目的関数(10)において、(13)の条件を満たす消費の組合せを保証する μ の値(範囲)を特定する必要がある。

このように国際政策協調は、パレート最適性を実現させるための協力ゲームを行うことであるということができる。しかしながら、個人的合理性とパレート最適性とを満たす消費の組合せは無数に存在し、その組合せのそれぞれが各国に異なった効用水準をもたらす。したがって、協力ゲームにおいては、契約曲線上のどの点を実現させるのかという点に関して、国際的な合意を形成することが必要である。これは、どのようなパラメータ μ の値を選んで、世界(両国)全体のパイを各国に配分すべきかという問題に他ならない。そのような配分は、言うまでもなく各国の「交渉力」によって決まる。⁹³ しかしながら、この解は各国が事前のコミュニケーションによって、拘束的契約に合意することが可能な場合にのみ実現できるものである。換言すれば、たとえ国際協調の利益が存在し、協調行動が望ましいものであるとしても、外的な強制力なしにはその達成が図られるという保証は存在しないのである。そのため、このようなワンショットの国際協調においては、一国が協調行動をとる場合には、他国は協調行動からはずれる(裏切る)ことによって、自らの効用を高めようとする

るインセンティブが存在する。

次項では、このような裏切りのゲームの分析を行う。

3-3 裏切り

裏切りのゲームの下では、一国が協調的な政策をとる場合、他国は協調からはずれる（裏切る）ことによって、自らの効用を高めるように行動し、消費量を決定する。

先進国と発展途上国の裏切りの解 c^p は、それぞれ(14), (15)ようになる。

$$c_1^p = \left(\frac{1}{\omega_1 - 1} \right) \left(\frac{\omega_1 + \omega_2 - 1}{\omega_1 + \omega_2 - 2} \right) \left(\frac{1}{\beta_1 + \gamma_1} \right) (P_0 - \gamma_1 w_1 - \gamma_2 w_2) \quad (14)$$

$$c_2^p = \left(\frac{1}{\omega_2 - 1} \right) \left(\frac{\omega_1 + \omega_2 - 1}{\omega_1 + \omega_2 - 2} \right) \left(\frac{1}{\beta_2 + \gamma_2} \right) (P_0 - \gamma_1 w_1 - \gamma_2 w_2) \quad (15)$$

(14), (15)は、裏切ることによって達成することのできる先進国と発展途上国の消費量である。このように、少なくともワンショットの国際協調においては、一国が協調行動をとる場合には、他国は協調行動からはずれる（裏切る）ことによって、自らの効用を高めようとするインセンティブが存在する。つまり、国際協調は自律性をもたないのである。したがって、国際協調を外的に強制するメカニズム-例えば強力な国際機関や実効性のある罰則を伴った国際法-が確立していない現状では、各国はそれぞれ自らの利害を考慮して選択を行おうとすることから、国際協調の実現可能性の根拠は薄いと言わざるを得ない。⁶⁰

3-4 比較分析

本項では、これまで分析してきた3つのゲーム均衡（ナッシュ・クールノー、パレート最適協調、裏切り）における消費量、汚染水準、効用の比較分析を行う。

まず、各均衡における消費量の比較分析を行う。ナッシュ・クールノー非協力ゲームの均衡(8), (9), パレート最適協調ゲームの均衡(11), (12), ならびに裏切りのゲームにおける解(14), (15)における消費量を比較すると、先進国、発展途上国の消費量のランキング共に $c^N > c^p > c^C$ となる。一方、汚染水準のランキングについては、 $P^N > P^p > P^C$ となる。

各国の効用関数については、図1のように描くことができる。各ゲームにおける両国の効用のランキングとも $U^D > U^C > U^N$ となる。したがって、少なくともワンショットの国際協調においては、一国が協調行動をとることがあらかじめわかっている場合には、他国は協調行動をとらずに裏切ることにより、効用を高めようとするインセンティブをもつことがわかる。つまり、国際協調には自律性がないといえる。

しかしながら、実際の国際経済関係を考えると、ワンショットのゲームは必ずしも現実を反映したものではない。まず第1に、国際的な環境政策のゲームのプレーヤーである各国の政策当局は、多期間にわたり存在するという点である。したがって、その戦略決定にあたっては、1期間のみの利害損失を考えるのではなく、より長期的な利害損失を考慮すると思われる。第2には、各国間に存在する経済的な相互依存関係は、ワンショットで終了してしまうものではなく、繰り返し継続して存在するものであるという点である。こうした反復的な相互依存関係の中で、各国が長期的な利益を追求して行動するものとすれば、国際協調が自律性をもつ協定として支持される可能性が出てくる。⁸⁾

次節では、非協力解よりもパレート向上的な解を達成し得る政策として、国際的な所得移転を取り上げる。

4. 国際的な所得移転の効果

本節では、先進国と発展途上国間の国際的な所得移転が汚染ストックと両国の厚生にいかなる影響を与えるかということについて分析し、汚染ストックの削減と両国の厚生の向上が達成されるための条件を導出する。また、環境政策のインプリケーションについても議論する。

国際的な所得移転 ε を考える。但し、 $0 < \varepsilon < W_i (i=1,2)$ であるとする。 i 国から $j (j \neq i)$ 国への所得移転とは、 i 国が一括形式 (lump-sum fashion) で j 国に賦存量の一部であるを譲渡することを意味する。

先進国が発展途上国に上述した所得移転を行うケース（このケースは汚染ストックの削減—環境—に投資をする余裕のある先進国が投資をする余裕のない発展途上国へ所得の一部を移転する状況を表すものである）と、発展途上国が

先進国に上述した所得移転を行う2つのケースを考える。このケースでは以下の命題が得られる。

命題：もし、 $\gamma_2 > (<) \gamma_1$ が成立するならば、すなわち、発展途上国（先進国）における汚染ストック削減率が先進国（発展途上国）におけるそれよりも高いならば、先進国（発展途上国）から発展途上国（先進国）への所得移転により、汚染ストックの削減（ $P^N > \bar{P}^N$ ）、先進国の厚生の上昇（ $U_1^N < \bar{U}_1^N$ ）、発展途上国の厚生の上昇（ $U_2^N < \bar{U}_2^N$ ）の3目標とも同時に達成可能である。但し、ここで N は3-1における非協力ゲームを行った場合、tilde は所得移転後を表すものである。

略証：先進国から発展途上国への所得移転により、汚染ストックの水準が低下するための条件は以下ようになる。

$$(\gamma_2 - \gamma_1) \left| \frac{\omega_1 \omega_2}{\omega_1 \omega_2 - \omega_1 - \omega_2} \right| \varepsilon > 0$$

この不等式が成立する条件は、仮定 $w_2 > w_1 / (w_1 - 1)$ を考慮すれば、 $\gamma_2 > \gamma_1$ であることが導出される。また、 $\gamma_2 > \gamma_1$ なる条件が成立するならば、先進国の厚生が向上すること（ $U_1^N < \bar{U}_1^N$ ）と共に発展途上国の厚生が向上すること（ $U_2^N < \bar{U}_2^N$ ）ことが示される。発展途上国から先進国への所得移転のケースについても全く同様にして示すことができる。詳細の議論については、熊本（2001a）を参照のこと。 ■

環境政策へのインプリケーション

先進国が発展途上国に所得移転を行うケースの分析は、ヨーロッパ諸国や日本、アメリカ合衆国などの先進国が発展途上国に対し行う所得移転の状況に対応するものである。ここでの結論は、「もし、発展途上国における汚染ストック削減の効率性が先進国におけるそれよりも高いならば、先進国から発展途上国への所得移転により、汚染ストックの削減、先進国ならびに発展途上国の厚生の上昇という3目標とも同時に達成することが可能となる」ということであ

る。

現実には、先進国における汚染ストックの削減技術は、明らかに発展途上国のそれよりも高い。例えば、地球温暖化問題において発展途上国が協調することを拒んでいる一つの理由として「先進国には発展途上国と比べて発達した技術があるため、(同じ投資量で削減政策を行う場合には)より効率的に対策を実行することができるので、環境保護対策は先進国がすべきである」という意見が挙げられているという事実を考えれば明らかであろう。

しかしながら、ここで、政策の実行効率性を議論する場合には、技術面においてのみではなくコスト面をも考慮しなければならないということに留意されたい。したがって、コスト面では、明らかに先進国よりも発展途上国の方が安いことを考慮すると、先進国から発展途上国へ行う一般所得移転により、地球環境の質の向上のみならず、両国の厚生の上をも達成され得る可能性が、十分に考えられる。

したがって、先進国における政策決定者は、ODAのような移転が発展途上国の環境に対するメンテナンス行動に与える影響を考慮すべきである。

次に、発展途上国が先進国へ所得移転を行うケースにおける結論は「もし、先進国における汚染ストック削減率が、発展途上国のそれよりも高いならば、発展途上国が先進国へ所得移転を行った場合には、環境問題の解決と共に両国の厚生の上という目標を同時に達成することが可能である」ということである。

上述したように、地球温暖化問題において発展途上国が協調することを拒んでいる一つの理由として挙げられている「先進国の方が発展途上国よりも発達した技術があるため、より効率的に対策を実行することができるから、環境保護対策は効率的に行うことのできる先進国がすべきである」という意見を考慮すると、発展途上国から先進国への所得移転の方が、目標達成のための必要条件のハードルが低いように考えられる。

しかしながら、地球温暖化問題において発展途上国が協調することを拒んでいる別の理由である「温暖化の原因は先進国のこれまでの経済活動によるものであるため、政策の費用負担は先進国のみが負うべきであり、発展途上国の炭素排出量が先進国のレベルに達するまでは、発展途上国には発展のために炭素を排出する権利がある」という意見が強く出されているという別の側面を考慮

すると、必ずしもそうとは言いきれない。

但し、排出制限政策を導入するならば、先の先進国から発展途上国への所得移転のケースと同様、このケースにおいても3目標共に達成可能となる。⁶⁶

例えば、国連のような世界規模の機構が、(環境投資に積極的であるという意味で貢献国である)先進国にさらなる投資を求め、(環境投資に消極的であるという意味で非貢献国である)発展途上国には投資を求めないという状況を考える。このような状況においては、排出の割当量が先進国に割り当てられるような排出権取引市場が構築されることになる。したがって、発展途上国が消費活動を行おうとすれば、当然その活動に伴い汚染ストックが生じることとなるので、発展途上国が消費からのニーズを満足するためには、先進国から排出権許可を獲得しなければならない。そのため、発展途上国から先進国へ所得の再分配が生じることとなる。この再分配が、第2のケースである発展途上国から先進国への所得移転に他ならない。

したがって、排出権の譲渡を考慮すれば、発展途上国から先進国への所得移転によっても地球環境の質の向上のみならず、両国の厚生の上も達成され得る可能性は十分にあると考えられる。⁶⁷

5. まとめ

本稿では、地球環境保護政策として、国家間の国際的な一般所得移転を考え、その移転が地球環境と各国の厚生に与える影響について分析を行った。

その結果、国際的な一般所得移転により、ナッシュ解に比べ、地球環境の質と共に両国の厚生が向上する可能性のあることが示された。

本稿では、協調ゲームにおいて、パラメータ μ を外生として分析をしてきたが、本来ならば、交渉ゲームのフレームワークによって個人的合理性とパレート最適性を満たす消費の組み合わせを保証する μ の値(範囲)を特定化する必要性があろう。この点に関しては、今後の課題としたい。

参 考 文 献

- Barret, S. (1992), "International environmental agreements as games," In : Pethig, R. (ed.) *Conflict and cooperation in managing environmental resources*, Springer.

- Bergstrom, T. C., and Varian, H. (1985), "When are Nash equilibrium Independent of the distribution of agents' characteristics," *Review of Economic Studies* 52, pp.715-718.
- Bergstrom, T. C., Blume, L., and Varian, H. R. (1986), "On the private provision of public goods," *Journal of Public Economics* 29, pp.25-49.
- Buchholz, W., and Konrad, K. (1995), "Strategic transfers and private provision of public goods," *Journal of Public Economics* 57, pp.489-505.
- Carraro, C., and Siniscalco (1993), "Strategic for the international protection of the environment," *Journal of Public Economics* 52, pp.309-328.
- Chander, P., and Tulkens, H. (1993), "Strategically stable cost-sharing in an economic-ecological negotiations process," In : Mäler, K. G. (ed.) *International environmental problems : an economic perspective* , Kluwer Academic Press.
- Chander, P., and Tulkens, H. (1995), "A core-theoretical solution for the design of cooperative agreements on trans-frontier pollution," *International tax and Public Finance* 2, pp.279-294.
- Feldstein, M. S. (1988), "Distinguished lecture on economics in government : thinking about international economic coordination," *Journal of Economic Perspective* 2, pp.3-13.
- Hoel, M. (1994), "Efficient climate policy in the presence of free-riders," *Journal of Environmental Economics and Management* 27, pp.259-274.
- Ihori, T. (1996), "International public goods and contribution productivity differentials," *Journal of Public Economics* 61, pp.331-349.
- Ono, T. (1998), "Consumption externalities and the effects of international income transfers on the global environment," *Journal of Economics / Zeitschrift für Nationalökonomie* 68, pp.255-269.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. D., and Shaw, D. (1994), "The impacts of global warming on agriculture : a Ricardian analysis," *American Economic Review* 84, pp.753-771.
- Warr, P. G. (1983), "The private provision of a public goods is independent of the distribution of income," *Economics Letters* 13, pp.207-211.
- 熊本尚雄 (2001a), 「環境問題における国際協調」一橋大学修士学位請求論文.

熊本尚雄 (2001b), 「特定所得移転の効果」 未定稿.

熊本尚雄 (2001c), 「非対称的な2国間における一般所得移転の有効性」 一橋論叢 127, 近刊.

國則守生・松村敏弘 (1999), 「環境問題と国際協調—地球温暖化を中心として—」 経済研究 50, pp.32-43.

吉岡忠昭 (1992), 「国際的所得移転と環境問題」 三田学会雑誌 85, pp.122-129.

* 本稿は、拙稿「環境問題における国際協調」2章の加筆修正版である。本稿の執筆に当たっては、浅子和美教授、鶴田忠彦教授（以上、一橋大学）、中泉真樹助教授（國學院大學）、是永隆文専任講師（西南学院大学）、細谷圭氏、林行成氏（以上、一橋大学大学院）から数多くの有益なコメントを頂いた。改めて感謝の意を表したい。言うまでもなく、有り得べき誤謬の一切の責は筆者に帰すものである。

† E-mail:ged1103@srv.cc.hit-u.ac.jp

- (1) こうした国際的な協調の必要性については、これまで幾度となく議論されてきた（例えば、1992年のリオ＝デ＝ジャネイロでの国連環境開発会議（地球サミット）、1997年の京都会議（COP3）、2000年のオランダ・ハーグでのCOP6等）。
- (2) Barret (1992) は、どの国も「何か」がなされる必要があるとは考えているかもしれないが、「誰が」「どの程度」環境改善を実施するかについて意見が食い違っており指摘している。
- (3) 早期の国際協定に基づく本格的な温暖化対策の必要性を必ずしも認めない意見も存在する（Mendelsohn et al. (1994) を参照のこと）。これは、no regret policyと呼ばれるものであり、「地球温暖化問題についてはまだ不確実性が大きいので、現時点でコストのかかる温暖化対策をとると、投じた投資が結果的に無駄になる可能性があるため、現時点では、温暖化対策が無駄にならない対策（エネルギー効率を高める省エネルギー投資）のみを行うべきである」という考え方である。
しかしながら、國則・松村（1999）は、IPCC報告書などに発表された、現在までの自然科学的な研究の蓄積を根拠にno regret policyは危険な考え方であると言及している。また、遠い未来に技術革新によって大した費用なく炭素排出の削減に成功しても、それ以上に気候の変化がカタストロフィーを引き起こす閾値を越えてしまったり取り返しのつかない事態となり、人類の生存が危うくなって、過去の温暖化対策に関する過小評価を後悔しても遅すぎると指摘している。
- (4) 環境協定に署名することで損失を被る国に対し補償するために、所得移転を考えるのは自然なことであると考えられる。換言すれば、署名国のなかで利益を得た国から損をした国、もしくは最も利潤を得られなかった国への所得再分配のメカニズムは、強制力を持つ協定が存在するための必要条件であり、すなわち、全署名国にとって協定が有益なものとなる基本的な必要条件であると言える。したがって、この所得再分配のメカニズムがうまく計画されたものであるならば、所得移転は協定に署名するのを拒む国がない（拒んでも有益ではないため）ことを保証するものと考えられる（こうした詳しい議論については、Chander and Tulkens (1993,1995), Carraro and Siniscalco (1993) やHoel (1994) を参照のこと）。
- (5) 特定所得移転の効果については、熊本（2001b）を参照されたい。
- (6) このような消費外部性を含んだワンショットのモデルとしては、Ono (1998) がある。

- (7) $w_i = 1$ のケースの効用関数は、各国が消費と汚染ストックの削減に同一の選好を持つことを意味する。
- (8) 前者の仮定は、先進国は発展途上国よりも「汚染ストックの削減」にウェイトをおくことを表す。しかしながら、この仮定は、ひどい環境低下に見まわられていて、先進国以上に環境の質の向上に大きなウェイトを置いていると考えられる（ネパールや台湾、北京のような）発展途上国グループに分類される国や地域については当てはまらない。また、後者の仮定は、後述するようにナッシュ均衡の安定性の条件である。
- (9) 地球温暖化を例にとれば、 β_i は（石油・石炭などの）化石燃料の消費（ c ）による二酸化炭素の排出率を、 γ_i は植林活動や溶鉱炉の排煙ろ過システムを向上させるための投資（ m ）により、達成される新たな二酸化炭素の削減率を表すものと解釈できる。
- (10) $P_0 = 0$, $\beta_i = 0$ とすると、Buchholz and Konrad (1995) や Ithori (1996) の拠出生産性（contribution productivity）の差異のある公共財の私的供給モデルになる。
- (11) μ , $1 - \mu$ をそれぞれ先進国と発展途上国の交渉力の大きさを表す交渉パラメータとみなすこともできる。例えば $\mu = 1$ の場合には、先進国の交渉力が絶対的に大きくなるので（かつ発展途上国の交渉力は皆無）、先進国は自国の効用を最大限にする点を実現することが可能となる。
- (12) この条件は、「個人的合理性」（individual rationality）の条件と呼ばれるものである。
- (13) このような分析は、交渉ゲームを展開することによって求めることができる。
- (14) こうした考え方については、Feldstein (1988) を参照のこと。
- (15) 本稿の動学的な拡張については、熊本 (2001c) を参照されたい。また、繰り返しゲームへの拡張については、熊本 (2001a) を参照されたい。
- (16) 本稿においては、環境に悪影響を及ぼす消費を制限する政策に対応する。
- (17) 本稿におけるここまでの議論は、暗黙の協調を含め、あらかじめ協調が可能なセッティングでの環境対策の議論である。これまでの分析で満たされると前提とした協調のための罰則・制裁の存在に加えて、モニタリングの履行、割引率の問題については、熊本 (2001a) を参照されたい。

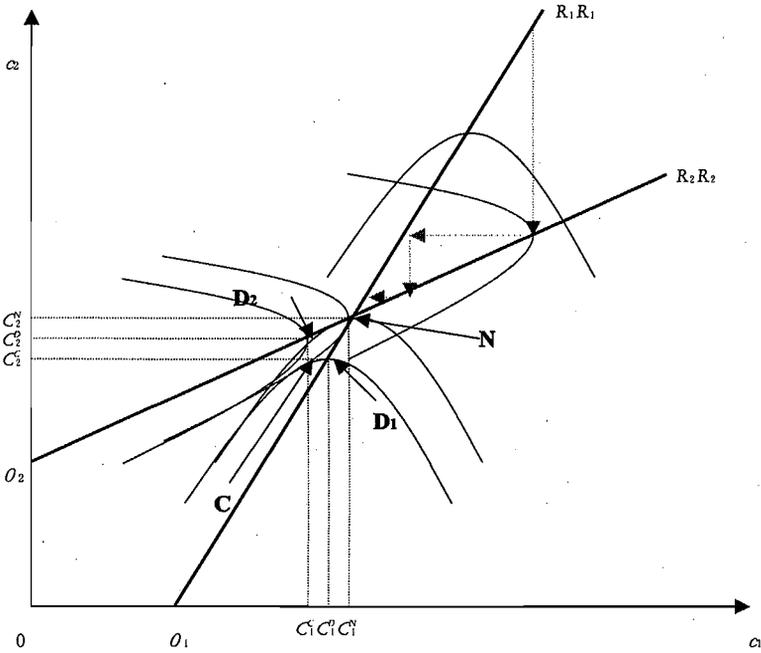


図1. ワンショットのゲームにおける各種ゲームの均衡解

- 注1. R_1R_1 , R_2R_2 はそれぞれ先進国, 発展途上国の反応関数
- 注2. $0_1, 0_2$ はそれぞれ先進国, 発展途上国のプリズ点
- 注3. N はナッシュ均衡点, C はパレート最適協調解 ($\mu = 0.5$) を示す点,
 D_1, D_2 は先進国, 発展途上国の裏切りを示す点