

環境と経済：地球環境問題と国際協調

國 則 守 生

1 はじめに

環境問題はその影響が及ぶ範囲がローカル（局的）なものからリージョナル（地域的）なもの、さらには国境を越えたトランスバウンダリー（越境的）なもの、真にグローバル（地球的）なものまで極めて多岐にわたっている。なかでも90年代に入り先進諸国を中心として、グローバルな環境問題に対する関心が高まっており、その対策が注目を浴びている。

その際、国内環境問題と国際的な環境問題では2つの点で大きな差異がある。第1点は環境汚染の拡がり国境を越えるかどうかという視点である。とくに地球環境問題の場合はその影響が全地球的に拡がっている。例えば、オゾン層破壊問題や地球温暖化などの地球環境問題は原因行為がどこの地点で発生しても影響は地球全体に及んでいるため、有効な対策を考えるためには地球的な取組が必要となる。第2点は環境対策を立案し実施していくうえで、各国の政府は大きな責任を負っているが、国内環境問題の場合は各国政府が究極的な責任を有しているのに対し、複数の国あるいは全世界にまたがっている環境問題に対しては、事前に各国の利害を内部的に調整し地球全体の環境問題に責任をもつ世界政府が存在しない状況では、地球環境問題であっても各国の主権（sovereignty）を最大限に尊重しつつ対策を進めなければならないという点である。そのような環境問題に対処するために数多くの多国間の国際協定が存在している。Barrett (2003)によれば、世界中に環境に関する国際協定（international environmental agreements）は、300程度存在している。これらの国際協定は数カ国の間で締結・批准されている協定もあれば、数多くの諸国間で締結・批准されている協定もある。とくに地球環境問

題に対しては世界中の国を対象としている（浅子他（1995））。

本論では、このような環境に関する国際協定に関して、各国の利害と全体の協調という観点から簡単に議論してみたい。もちろん国際協調に関してのすべての側面をあつかうわけではないが、国際協調の難易さについての複数の視点を提供することを目的としたい。具体的には、第2節では基本的なコストとベネフィットに関して触れる。第3節では国際協調を協力ゲームとして捉え議論を行う。つぎに第4節では各国が国際協定に関し協調行動を前提としない非協力ゲームの観点から議論する。さいごに残された課題等を述べる。*

2 国際環境問題に関わるコスト・ベネフィット

環境に関わる国際協定を取り扱うために、国を1つのプレイヤーとして取り扱う。もちろん、環境問題に関わるプレイヤーは国に限らない。例えば、地球温暖化対策に関するプレイヤーを各国内で考えると、国（政府）のほかに企業や消費者、NPO/NGOなどいろいろな種類のプレイヤーがいる。とくに、排出権取引やCDM（Clean Development Mechanism）などを考えれば、国際的にも企業は重要なプレイヤーであることは間違いない。しかし、国際協定を前提とすると、それを締結・批准し、実施の責任を負うのは国でありそれを単位として1つのプレイヤーとして考えることは自然である¹。

そこで各国が地球環境問題に対処するにあたり、つぎの2段階を想定することができる（浅子他（1995））。

第1段階はそもそも国際環境対策を行うべきかどうかに関しての科学的知見などに関する評価の側面である。この段階では、対策を講じる

必要性があるかどうかの判断を要請されている。第2段階は、仮に対策の必要性・有効性に関して各国が同意したとしても、それを実行に移す際に、各国でその対策のコストやベネフィットの大きさが問題となる点である。それぞれの国のネット・ベネフィット（ベネフィットからコストを控除したもの：以下、NBと呼ぶ）が各国間ですべて負であれば対策が行われたいことは明らかである。またプラスの国とマイナスの国が併存する場合、あるいはプラスの国ばかりである場合などは、それらをどのように調整すべきであるかなどが問題となる。なかでも各国ごとにコストやベネフィットが異なる場合には多くの困難が予想される。

NBの判定の前提としては、国際間で環境汚染の状況やその対策の進展具合をどのようにモニタリングするかといった問題や、NBの流列が将来時点をも含む場合、不確実性をどのように取り扱うか、将来のNBを割り引く時に用いられる割引率はどのようなものを採用すべきであるかといった問題もそれぞれが重要な問題であり考慮する必要がある。

しかし、各国間のNBの大きさと協調の関係を中心として見るために、このような点は所与として議論を進めることにしたい。

3 協力ゲームによるアプローチ

国際協調のあり方を分析するにあたっては2つのアプローチがある。1つは各国が協動的に協定を結ぶとき、どのような対策の体系が考えられるかを議論するものである。2つ目は、国際協定が実効的な拘束力を持たず各国が自国のNBを最優先して行動する非協力ゲームからのアプローチである。ここでは、協力ゲームの観点から、浅子他（1995）で展開された議論を紹介する。

協力ゲームの解概念として最も代表的な解概念の1つであるナッシュ交渉解を用いて解説しよう。各国の環境対策としては環境税を想定する（この分析は譲渡可能な排出権などにもすぐに応用できる）。そして単純化のために2国のプレイヤーを前提とする。第1国は先進国、第2国は途上国とする（世界を2つの地域に分割し

たと理解してよい）。それぞれの国の行動を a_1, a_2 とすると、各国の利得であるNBは、 $U_i(a_1, a_2)$ ($i=1, 2$) となる。このとき、交渉が決裂した場合のNBを \bar{U}_1, \bar{U}_2 （レファレンス・ポイントと呼ばれる）とすると、ナッシュは、交渉の結果、選ばれる行動の組合せは、

$$(U_1(a_1, a_2) - \bar{U}_1)(U_2(a_1, a_2) - \bar{U}_2)$$

を最大化するものであるとして定式化した。これはレファレンス・ポイントからの乖離で各国のNBを表現したものの積を最大化する定式化となっている。

ここで、純所得移転（side payment：サイド・ペイメント）が可能かどうかに応じて2つのケースが議論される。

3.1 サイド・ペイメントを伴う場合

この場合、各国のNBのなかに環境対策を行うときのコストとベネフィットとともに他国からのサイド・ペイメントが入っている。

そこで各国のNBをつぎのように表現する。

$$U_i = V_i(x_i(t_i)) - D_i(X(t_1, t_2)) + S_i \quad (i=1, 2)$$

ここで、 x_i は第*i*国の汚染物質の排出量、 V_i は第*i*国の汚染物質排出に伴う利益でその汚染物質が排出されるもとなった生産に関わる費用控除後の利益、 t_i は*i*国の環境税率、 X は2国の汚染物質の総排出量で、

$$X \equiv x_1 + x_2$$

である。 D_i は汚染に伴う被害額、 S_i はサイド・ペイメントであり、2国の間では合計するとゼロとなるように設定されている。したがって、

$$S_1 + S_2 = 0$$

が成立する。汚染物質の排出量は、各国で最適な水準に決められ、その結果限界条件として、

$$V_i' = t_i$$

が成立するとする。また各国が協定に参加せず、環境税もサイド・ペイメントもないときの*i*国の利得を、 \bar{U}_i とする。

ここで汚染物質の排出に関して収穫は逓減す

るとともに、被害は逡増するという通常の仮定とともに、もし各国で同率の環境税がかけられた場合には、サイド・ペイメントを行う前の利得の純増分を比べると、税率にかかわらず先進国の利得の純増分が途上国のそれよりも相対的に大きい（すなわち、環境税の影響は先進国よりも途上国の方が大きい）という仮定の下で、ナッシュ交渉解を求める。

その結果は、つぎのように要約される。

第1は、各国の環境税は均等化するとともに、そのレベルは汚染物質排出に伴う両国の限界被害を合計したものと等しくなる。したがって環境税はピグー税の役割を果たしていることになる。第2は、 $S_1 < 0$ が成立する。つまり、交渉をまとめるためには先進国から途上国に対してサイド・ペイメントが必要となる。これは、協定によって相対的に利得が少ない途上国は、 $V_2 - D_2 - \bar{U}_2$ が負のときはもちろん、正のときもサイド・ペイメントを受けなければ交渉はまとまらないことを示している。

ここでの結論は、ナッシュ交渉解の観点から国際環境問題に対処するために各国で同率の環境税が適用される状況では、同時にネット・ベネフィットが大きい国からそうでない国に対してサイド・ペイメントが要請されることを示している。これは、いわばfirst bestの政策であり、ピグー税が世界的に適用される際に同時に実施されるべき政策を議論していることになる。効率性の観点から世界中で同率の環境税が適用されるべき際に、同時に交渉がまとまるためには所得・富の配分が要請されると解釈することができよう。

3.2 サイド・ペイメントを伴わない場合

サイド・ペイメントが何らかの理由で不可能な場合あるいは有効に行われない場合、どのような環境税が要請されることになるのであろうか。 $S_1 = S_2 = 0$ の場合すなわち国際間で所得の再分配ができないようなsecond-bestの世界では、交渉によって途上国の税率は先進国のそれよりも低くなること ($t_1 > t_2$) もやむを得ないことが導かれるのである。

同様な主張は若干、異なった文脈であるが、

すでにUzawa (1991)、宇沢 (1993) の先駆的論文によって行われている。そこでは先進諸国と途上諸国に間に存在する経済的および社会的格差の問題を考慮し、地球温暖化問題において国際的に適用されるべき炭素税は、各国共通の水準ではなく、各国の1人当たりの国民所得に比例した水準であるべきであることを経済理論的な立場から主張したものである。さらには、「大気安定化国際基金」(International Fund for Atmospheric Stabilization) を設立して炭素税の税収の一部を国際間の所得再分配のために用いる必要を論じている。

奥野・小西 (1993) でも諸国間で「公平と効率性の二分法 (dichotomy of equity and efficiency)」の成立が困難な状況では、世界全体の経済厚生を大きくするという効率性の観点だけでなく、国際間の所得の不平等を同時に考慮した次善 (second best) の対策が重要となり、環境税も国際的な所得の不平等を考慮したものでなければならないことを主張している。

本論での主張は、国際間で所得の再分配が十分に行われない状況では途上国に相対的に有利な税体系は、途上国を国際協定に参加させるためにも必要であることを強調したものである。

4 非協力ゲームによるアプローチ

前節では、協力ゲームのセッティングでどのような国際協定が結ばれるべきであるかということに関して1つの考え方を示した。しかしながらよく知られているように協力ゲームが可能である典型的な状況は、お互いに拘束力を持った協定 (契約) を結ぶことができることが前提となっている。拘束力を持った協定とは協定に違背した場合には、制裁や罰金を科すことができ、協定の不遵守 (noncompliance) を防ぐことができる実効性を伴った契約である。そのためには利害の衝突がおきた場合にはその調整等を行う調整・裁定機関とともに執行力を持った第3者機関が存在し、利害対立を調整することができる必要がある。しかし、実際には国際協定でそのような存在を期待することは一般的には難しい。たとえ、そのような機関を創設する

としても、そのこと自体が国際間で交渉を要することとなる。

したがって、ここではそれぞれのプレイヤーの間で拘束力のある協定が結ぶことができない状況でどのようなことが起こるのかについて考察してみたい。その際、最初に、どのような場合、協定が結びやすいかどうかについて、4つのケースを考えてみよう (Barrett (1992))。

- 国際環境対策を行うにあたって、各国間で、
- ①ベネフィットおよび削減コストがそれぞれ全く同一 (identical) な場合、
 - ②ベネフィットは各国間で異なっている (different) が、削減コストは同一の場合、
 - ③ベネフィットは同一であるが、削減コストは異なっている場合、
 - ④ベネフィットも削減コストも異なっている場合、

の4つのケースに分けて考えることができる。

このうち、①のケースは他のケースと比較すると、もっとも協調が容易であるとみられる。②のケースは、一律的な汚染物質に関する一律的な排出課徴金 (uniform emission charges) となる協調が選ばれる可能性が高い。すなわち、cost-effectiveな国際協調が可能であるが、ベネフィットが低い国に対してはサイド・ペイメントが必要となる場合もある。③のケースは、一律削減 (uniform abatement) は、cost effectiveではなく、高いコストの国にとってはサイド・ペイメント等がない場合は受け入れがたいとみられる。国際協調が可能な場合も、non-uniform obligationとなる可能性が高い。さいごに、④のケースは歴史的な排出レベルなどの恣意的な (arbitrary) レベルに協調するよりも、交渉が決裂した場合のケース (diagreement point (リファレンス・ポイント)) に対する一律的な義務 (uniform obligation) とする方が協調がしやすいのかもしれない。

①以外のケースの場合、国際協調は相当な困難が予想される。それは各国のNBが異なるからである。ただし、各国のなかでとくに地球環境に影響が大きい国々が存在し、その国々が単独でも地球環境対策を行うにあたって高いNBを有している場合には、協定は比較的容易かもしれ

ない。

しかし、そもそも地球環境の保護活動に関しては、公共財的な側面が極めて強い。公共財は非競争性 (nonrivalry) と非排除性 (nonexcludability) の2つによって特徴づけられるが、国際環境保護の恩恵を受けることに関しては非競争性が強く、かつその享受にあたっては非排除性が高いため、実は①の場合にも、他諸国の保全努力を前提に自国は努力しない (free ride) インセンティブは常に働いていることになる。すなわち、有効な第三者機関が存在しない非協力ゲームの環境のなかで、実行可能である協定はどのようなものであるかということを考えてみよう²。

4.1 協調解と非協調解

そこで以下ではBarrett (1994) の議論を紹介しよう。ここでは国際協調を議論するにあたって、各国のベネフィットとコストは全く同一 (identical) な状況を考える。

具体的には、世界は、 $i = 1, \dots, N$ の全く同一サイズの国からなっており、地球環境問題を発生させる汚染物質を各国が排出しているとする。そのとき、 q_i を*i*番目の国の削減量、 Q を世界規模での削減量、各国のベネフィットを B_i 、削減コストを C_i とすると、

$$B_i(Q) = b(aQ - \frac{Q^2}{2})N,$$

$$C_i(q_i) = \frac{cq_i^2}{2}$$

とあらわすことができるとする。ここで、 a, b は正のパラメータであり、 $Q = \sum q_i$ である。各国のNBを $\pi_i = B_i(Q) - C_i(q_i)$ 、世界のNBを $\Pi = \sum \pi_i$ とそれぞれすると、すべての国が協調して世界中の*N*か国合計のNBがもっとも大きい完全協調解 Q_c およびそれに対応した各国の解 q_c はそれぞれ

$$Q_c = \frac{aN}{N+\gamma},$$

$$q_c = \frac{a}{N+\gamma}$$

となる。ただし、 $\gamma = c/b$ である。これはいわば拘束ある国際協定が全世界で結ばれ全世界のNB最大化を求めた解に相当する。

一方、他国の削減努力を所与として自国のNBのみを最大化しようとして得られる非協調的な解 Q_0 とその各国の解を q_0 は、

$$Q_0 = \frac{a}{1+\gamma}$$

$$q_0 = \frac{a}{N(1+\gamma)}$$

となる。この非協調解は明らかに協調解よりも小さいが、国際協定がない状態で協調解 q_c を選ぶインセンティブに乏しい場合に選択される解といえる。ここで、 Π_c (完全協調解でのNB) と Π_0 (非協調解でのNB) の相対的な大きさをパラメータの大きさとを結びつけると、つぎのようなことが観察される。

地球的な限界ベネフィットの大きさをあらわす b と各国の限界削減費用のパラメータである c の大小関係でみると、

① c が小さく、 b が大きい場合には、非協調解である1国の削減努力は大きく、一方、協調によるNBは比較的小さいものとなる。

逆に、② c が大きく、 b が大きい場合には、すべての国が協調した場合でも各国の排出努力はそれほど大きいものとならないであろう。

③ $c \approx b$ でかつ、 c および b が小さい際には世界的な削減量の差($Q_c - Q_0$)は大きくなるがNBの差($\Pi_c - \Pi_0$)は小さいであろう。

さいごに、④ $c \approx b$ でかつ c および b が大きい場合には、($Q_c - Q_0$) および ($\Pi_c - \Pi_0$) の双方

が大きくなる。したがって、④の場合がもっとも国際協定が効果を持っているケースということになる。

4.2 自律的な協定の条件：その1

つぎにBarrett (1994) は1回限り (one shot) の非協力的な環境で第3者機関なしで実行可能な条件すなわち国際協定が自律的 (self-enforcing) な状況を前節と同じくベネフィットとコストが国別に同一な条件で考察した。そこで、世界中で、 α の割合が協定を締結し、 $1-\alpha$ の割合が協定を締結しない状況を想定する。ここで協定に参加している国々 (α の割合) は協定国全体のNBを最大化するように行動するのに対し、非協定国はそれぞれ自国のNBを最大化するように行動すると仮定する。

ここでの非協力ゲームは、一方が先導者で一方が追随者であるゲームを想定している。追随者はナッシュ戦略をとるのに対し、先導者は追随者がナッシュ戦略をとることを見越して最適戦略をとることを想定している。このような先導者はシュタッケルベルグ先導者といわれるが、Barrett (1994) での国々はそのような戦略を採用しているとする。そして、Barrettは、 $N=10$, $b=1$, $c=0.25$ の場合のシミュレーション結果を発表している³ (表1参照)。

この数値例で q_c および π_c はそれぞれ協定に参加している国の削減量とそのNB、 q_0 および π_0 は

表1 数値例による安定的な均衡分析

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
α	q_c	q_0	π_c	π_0	Q	Π	π^1_c	π^2_c
0.0	—	8.0	—	472.0	80.0	4,720.0	482.0	492.0
0.1	1.9	8.5	476.8	468.1	78.7	4,690.0	486.1	474.1
0.2	4.2	8.7	474.0	466.6	78.2	4,681.2	472.6	478.6
0.3	6.7	8.4	472.3	468.9	78.9	4,699.4	472.9	476.9
0.4	8.9	7.6	472.2	474.9	81.1	4,738.1	476.9	478.9
0.5	10.5	6.3	473.7	482.5	84.2	4,781.2	482.5	482.5
0.6	11.3	4.9	476.4	489.4	87.7	4,816.0	487.4	485.4
0.7	11.5	3.6	479.5	494.3	91.0	4,839.8	490.3	486.3
0.8	11.1	2.5	482.7	497.3	93.8	4,855.9	491.3	485.3
0.9	10.5	1.6	485.4	498.8	95.9	4,867.8	490.8	482.8
1.0	9.8	—	487.8	—	97.6	4,878.0	—	—

注) (1)–(7)は、Barrett (1994) より、(8), (9)は、Jeppesen and Andersen (1998) より。

それぞれ非参加国の削減量とNBである。またそれぞれの α に応じて $Q(\alpha) = \alpha Nq_s + (1-\alpha) Nq_n$ および $\Pi(\alpha) = \alpha N\pi_s + (1-\alpha) N\pi_n$ となっている。

このような場合、どのような均衡が安定的あるいは自律的であろうか。表1の数値例で検討すると、すべての国が参加している協調解($\alpha = 1.0$)から出発すると、 π_s は487.8であるのに対し、 $\alpha = 0.9$ の π_n は498.8であるため、拘束力のない協定から離脱するインセンティブが働くことになる。さらに、 $\alpha = 0.9$ の π_s と $\alpha = 0.8$ の π_n を比較するとやはり、 π_n の方が大きく、この場合も協定から離脱するインセンティブが働くことになる。このような動きはさらに続き、結局 $\alpha = 0.4$ になってはじめて協定にとどまることが離脱することよりも高いNBを得られる状態となる。一方、全く協定がない $\alpha = 0.0$ の状況から出発すると、 $\alpha = 0.1$ の π_s との比較では明らかに協定に参加する方がNBが大きい。 $\alpha = 0.1$ の π_s と $\alpha = 0.2$ の π_n を比較するとここでも協定に参加する方がメリットが大きい。このような動きは $\alpha = 0.4$ となるまで続く。したがって、安定的な均衡は、 $\alpha = 0.4$ のときということになる。この数値例では、 $\alpha = 0.4$ 以外の数値の場合には安定的な均衡すなわち自律的な均衡は存在しない。

したがって αN の締約国からなる国際協定が自

律的である条件は、つぎの2式が同時に成立している状態である。

$$\pi_s(\alpha) \geq \pi_n(\alpha - 1/N) \quad \text{かつ}$$

$$\pi_n(\alpha) \geq \pi_s(\alpha + 1/N).$$

前式は締約国が国際協定から脱退するインセンティブが働かない条件であり、後式は非締約国が協定に参加するインセンティブが働かない条件である。これらの式はそれ以上に脱退や参加が行われない、安定的なゲームの状態を示したものである。

Barrett (1994) はさらに進んで、 $N = 100$, $\alpha = 1000$ の場合について、いろいろな b, c のケースについて非協理解($\Pi_n(\alpha)$)の数値、自律的な解($\Pi(\alpha^*)$)の数とその値および完全協調解($\Pi_c(\alpha = 1.0)$)の数値を計算している(表2参照)。

これによれば、 $\gamma \equiv c/b$ が大きいときには、 $N = 100$ に対して、自律的な国際協定に参加する数は極めて少ないことがわかる。一方、 γ が小さくなると、自律的な国際協定に参加する国は多くなるが、そのNBはいずれの解もほとんど変わらず、国際協定そのものの効果はほとんど観察できなくなる。国際協定の存在が有効な場合は、 b, c がともに大きな場合であるが、この場合には自律

表2 異なる解のもとでの全体のネット・ベネフィット

		c		
		0.01	1	100
0.01	α^*N	3	2	2
	Π_n	3,738	98	1
	$\Pi(\alpha^*)$	3,757	100	1
	Π_c	4,950	2,500	50
1	α^*N	51	3	2
	Π_n	499,902	373,750	9,803
	$\Pi(\alpha^*)$	499,903	375,659	9,990
	Π_c	499,950	495,050	250,000
100	α^*N	100	51	3
	Π_n	49,999,949	49,990,197	37,375,000
	$\Pi(\alpha^*)$	49,999,950	49,990,293	37,565,851
	Π_c	49,999,950	49,995,000	49,504,950

注) Barrett (1994) より。 α^* は、自律的な均衡の割合。

的に国際協定に参加する国の数は極めて少ない。これらの結果は、一般に有効な国際協定が必要な場合には参加することが難しく、もし締結されることがあっても一部の国の間でしか締結されない傾向にあることを示そうとするものである。

この結果は、同一のベネフィットおよび削減コストを持った国々の中の国際協定の議論であるだけに、環境に関する国際協定の困難さを印象づけるインプリケーションとなっている。

4.3 コミットメントとフェアネス

以上の結論は十分なのであろうか。ベネフィットとコストが同一の国 (identical countries) の場合は各国による完全協調が極めて行われやすいとみられるのにかかわらず、削減行動を協調して行っている協定国グループに対して、非協定国はそれにいわば「つけ込む」形で行動している形をあらわしている。したがって安定的な国際協定を締結する国の数はそれ以上に「つけ込む」余地がないところで決まってしまうということになる。

一方、これまで歴史的に締結されてきた環境に関する国際協定はすべてではないにしても参加国も多くかつ有効に機能している協定も存在しているように観察される。例えば、酸性雨などに関する長距離越境大気汚染条約 (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (LRTAP)) やオゾン層保護のためのウィーン条約 (Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer) およびモントリオール議定書 (Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer) とその後の諸修正 (Amendments) などは締結国の数も極めて多い。前者の場合には、協定に参加することによって不利とみられる国も参加している例がある。

このような状況を同一諸国 (identical countries) の文脈でどのように説明すればよいのであろうか。この課題に対して、Jeppesen and Andersen (1998) はコミットメントとフェアネスという概念を使ってBarrett (1994) の議論に修正を加えている。

4.3.1 協定国の行動の修正

表1において国際協定に参加している国が何らかの理由でこの協定を成功させるべくコミットしているとしよう⁴。その場合、その国が協定が拡大することによって得る π_i の増加部分を非締結国を加入させるために使用すると仮定する⁵。しかし、このようにコミットした国が1国の場合は、表1の数値であれば π_i の増加部分をうまく加盟国の増加に結びつけることはできない。なぜなら、 π_i の値は $\alpha=0.1$ から $\alpha=0.6$ までの間は $\alpha=0.1$ の値 (476.8) を超えることができず、また α がそれ以上の値をとったときもその増加分を非加盟国に回しても、加盟を持続させるようにファイナンスはできない。したがって、以上の形でコミットしている国が1か国の場合には加盟国を増やすことはできない。同様に、コミットしている国が2, 3か国の場合も同様である。

しかし、上記によってコミットを行う国が4か国の場合には、すべての国を加盟させることはできないものの、2か国は加盟国を増加させることができる。なぜなら、 $\alpha=0.4$ の場合の π_i は472.2であり、 $\alpha=0.6$ との間の π_i の増加は4か国合計で $4 \times (476.4 - 472.2) = 16.8$ であるのに対し、協定参加の2か国が協定を離脱するインセンティブを生む額は $2 \times |\pi_i(\alpha=0.5) - \pi_i(\alpha=0.6)| = 12.2$ であるため、2か国を協定につなぎ止めることができる。同様の議論を行うと、5か国以上がコミットしている状況ではその他の加盟国すべてを協定につなぎ止め、すべての国が参加する完全協調解を支持できるようになるのである。

問題は、どうしてこのようなコミットメントが可能であろうかということであるが、その1つとして例えば、コミットしている国の効用関数には自国のNBだけでなく世界全体のNBが含まれていると考えることである。このように仮定することはアドホックの色合いが強いが、国際間で自国のNBだけで常に行動するパターンを何らかの形で修正する要素と捉えたと完全に否定できない要素も含んでいると考えられる⁶。

4. 3. 2 非協定国の行動の修正

一方、もし、ある非協定国が他の多くの非協定国が参加しつつあると予想すれば、自国も協定に入る傾向にあるという行動を定式化すれば以下のようになる。すなわち、1例として協定国の数を n (正の整数) に関し、

$$\pi^*_{i,n} = \pi_n + f(n)$$

$$f(0) > 0$$

$$f(n) < 0 \quad (n \text{ が大きい場合})$$

を仮定する。ここで、 f はある国が協定に入っていない場合の非協定国の損失をあらわしているとする。それは具体的にはモラル的なもの、あるいは不名誉 (名声の裏返し) などをあらわしたものであり、Jeppesen and Andersen (1998) ではフェアネスに関わる要素を織り込んだものとされる。フェアネスとはここでは他国が削減努力を行って状況下では、たとえ自国の利益が増加する機会があったとしてもそのような協定破りの行動を差し控えるといった行動をとることが想定されている。

このような行動を、

$$f_1(n) = 10 - 2n,$$

$$f_2(n) = 20 - 4n$$

として数値化したのが表1の最後の2つの列(8)および(9) (それぞれの非締約国のNBを $\pi^*_{i,n}$, $\pi^*_{i,n}$ とする) である。最初の $f_1(n)$ の場合には、どのような α に対しても、安定的な協定は存在しなくなる。一方、 $f_2(n)$ 場合には、 $\alpha = 1.0$ の完全協調解をもたらす国際協定が安定的あるいは自律的 (self-enforcing) になる。

4. 4 自律的な協定の条件：その2

以上は、一回限りの静学モデルでの非協調解が自律的な協定となる例を見てきた。このほかにも非協力ゲームの枠組みのなかで協調的な資源配分をもたらす代表的なアプローチとして繰り返しゲームの応用がある (浅子他 (1995))。これまで見てきたように、各国は他国の国際環境保護活動にただ乗りし、自国だけ環境汚染物質を相対的に多く排出するインセンティブがある。しかし、繰り返しゲームが行われる動学的

な状況では、将来のNBを割り引く割引率が十分小さければ、最低限でも各国に \bar{U}_i を与えるような資源配分は、すべて非協調解として実現されることが知られている。何度もゲームを行う状況では、短期的には協定を破るインセンティブがあっても各国の割引率が十分小さければ、長期的にはそのインセンティブはなくなるのである。

繰り返しゲームに伴うこの性質をフォーク定理 (fork theorem) というが、仮に各国の割引率が十分に小さければ、結びうる協定はサイド・ペイメントが可能な場合でも不可能な場合でも無限にあることになり、先験的にどのような協定が結ばれるべきかを定めることはできない。また問題は繰り返しゲームの状況が適応可能であるとしても各国の割引率が十分に小さいという仮定が現実に満たされるかどうかということがある。

国際協定が先進国、発展途上国の2つの国の間で同じ環境税が適用され、かつサイド・ペイメントもないとすると、この協定によって相対的に得るものの少ない途上国は強い協定破りのインセンティブが存在する。したがって相当低い割引率でないと協定は不安定になる。協定をより安定的にするためには、協定によって途上国の得る利得を大きくするとともに、途上国の割引率を低くする必要がある。したがってサイド・ペイメントを増やすとともに途上国の環境税を低くすることが望まれることとなる。ただし、先進国のサイド・ペイメントの増加は、先進国の割引率を高くすることになるため、サイド・ペイメントが多ければ多いという訳ではない (trade-offが存在している。詳しくは浅子他 (1995) 参照のこと)。また再交渉に対しての頑健さ (renegotiation-proofness) に関しても検討する必要がある。

5 さいごに

本稿ではゲーム論の基礎的な枠組みを使って予め各国のNBが判明している状況で国際協定を締結する際の合意形成の条件や国際協定の重要さと締結しやすいかどうかの関係について自律的・安定的な協定という概念を中心として論じ

てきた。締結しやすい国際協定は実効性が比較的低く、逆に締結しにくい国際協定とは実効性が高いというトレード・オフの関係があり、協調行動が重要であればあるほど、他国の協調行動を前提としてただ乗り (free ride) をするインセンティブも高くなる傾向にあることをみてきた。したがって、このような点を克服するためにも、適切なサイド・ペイメントや各国のコミットメントなどが必要であることを確認した。ここでは触れることができなかったが、国際協調が重要であればあるほど、協調行動を外的に強制するメカニズムとして罰則や制裁も厳しいものとならざるを得ない。このことは逆に国際協定に参加しにくいという相反した性質があり、この間の溝も埋めてゆく努力が要請されているといえよう。

以上は各国のNBの情報行き渡っているもとの国際協定の姿を議論したものであるが、現実問題として望ましい国際協定が締結されることを前提とすると各国の事前の行動に影響を与える可能性がある。別の言葉で言えば、各国が戦略的に行動することを想定しなければならない。例えば、ナッシュ交渉ゲームで確認されるように、交渉時のある国のNBは交渉が決裂した時の自国と他国のそれぞれのNBにも依存している。交渉決裂時の他国のNBが増加すると、自国のNBは減少する。将来時点に協定が締結されると予想すると、将来の交渉の立場を改善するために、つまり交渉決裂時の他国の利益を下げるために、かえってその国は戦略的な観点から現時点では環境保護の活動を減らすという動きとなるかも知れない。このほかにも、将来での国際協定の交渉可能性が各国がいろいろな戦略的な行動を引き起こすことが想定される。その面の解説の一端は國則・松村 (1995) などを参照されたい。

今後、さまざまな地球環境に関わる国際協定は地球環境を保護する観点からさらに重要性を高めるものとみられる。実効ある環境政策が国際間で行われるためにも、国際協調のあり方が問われている。

参考文献

- 浅子和美・國則守生・松村敏弘 (1995) 「地球温暖化と国際協調：合意形成の条件」宇沢弘文・國則守生編『制度資本の経済学』東京大学出版会。
- Barrett, S. (1992) "International Environmental Agreements as Games," in R. Pethig, ed., *Conflicts and Cooperation in Managing Environmental Resources*, Berlin: Springer-Verlag.
- Barrett, S. (1994) "Self-Enforcing International Environmental Agreements," *Oxford Economic Papers*, 46, 878-894.
- Barrett, S. (2003) *Environment & Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making*, New York: Oxford University Press.
- Jeppesen T. and P. Andersen (1998) "Commitment and Fairness in Environmental Games," in N. Hanley and H. Folmer, eds. *Game Theory and the Environment*, Cheltenham: Edward Elgar.
- 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』第50巻、第1号。
- Mäler, K.-G. (1989) "The Acid Rain Game," in H. Folmer and E. van Ierland eds. *Valuation Methods and Policy Making in Environmental Economics*, Amsterdam: Elsevier.
- 岡田章 (1996) 「ゲーム理論」有斐閣。
- 奥野正寛・小西秀樹 (1993) 「温暖化対策の理論的分析」宇沢弘文・國則守生編『地球温暖化の経済分析』東京大学出版会。
- Uzawa, H. (1991) "Global Warming Initiatives: The Pacific Rim," in R. Dornbusch and J. M. Poterba, eds. *Global Warming: Economic Policy Responses*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- 宇沢弘文 (1993) 「地球温暖化の経済分析」宇沢弘文・國則守生編『地球温暖化の経済分析』東京大学出版会。

注

- * 本論での記述は、浅子他 (1995)、Barrett (1994)、Jeppesen and Andersen (1998) などを基礎にしている。
- 1 最近ではEUなどの国家連合・共同体も国際協定には重要な役割を果たしていることは注目すべきことである。
 - 2 各国のNBが異なる場合には分析がさらに複雑になる。

- 3 シミュレーション結果はNBの関数の形とパラメータの値に大きな影響を受けることはもちろんである。現実へのインプリケーションを得るためには単位等をそろえるためにも現実の姿に近い形で議論すべきであろう。
- 4 岡田（1996）によれば、コミットメント（commitment）とはプレイの前にプレイヤーがとるべき行動を公表し、さらに将来、確実にその行動を実行するという意志表明をいう。
- 5 この移転額は1種のサイド・ペイメントの役割を果たしているといえよう。
- 6 例えば、上述の酸性雨に関するLTRAPに関して完全協調下でのNBが負であるとみられるイギリス等がの加入していることを考えれば、単に自国の利益のみを優先して行動したわけでもないことが窺われる（Mäler（1989））。
- 7 例えば、地球温暖化の問題などでは疑問である。