

気候変動国際交渉プロセスのゲーム理論的考察

GAME THEORETIC CONSIDERATION ON AN INTERNATIONAL CLIMATE CHANGE NEGOTIATION PROCESS

川又 孝太郎¹・堀田 昌英²

¹M.Eng. 東京大学大学院新領域創成科学研究科国際協力学専攻 博士課程 (E-mail:kkawamata@adb.org)

²Ph.D. 東京大学大学院新領域創成科学研究科国際協力学専攻 教授 (E-mail: horita@k.u-tokyo.ac.jp)

本研究では、Barrett らのゲーム理論のモデルと気候変動の国際交渉の実態を比較し、モデルが交渉の理解に役立つものの、EU のリーダーシップの存在、各国の交渉ポジションに対する国内制約、先進国と途上国間の衡平性の考慮といった点で現実の交渉を反映していないこと、大幅削減合意に導くためには各国の温室効果ガス削減対策の便益の認識が重要であることを明らかにした。また、上記の問題点を克服し、大幅削減合意に導く可能性のある数理モデルとして、豪州の条件付目標に類似するマッチングメカニズムを提案する。

キーワード：ゲーム理論、気候変動、国際交渉、マッチングメカニズム

1. 背景及び目的

気候変動問題とは、人為的な温室効果ガスの排出が蓄積し、その結果、気温の上昇や降雨量の変化、海面上昇などの気候の変動が長期的に起こる地球規模の環境問題である。本問題へ対処するためには、化石燃料の燃焼などから発生する温室効果ガスの排出量を世界的に大幅に削減することが求められる。そのため、国際的な枠組みが国際連合の場で検討され、1992年に気候変動枠組条約が、1997年に京都議定書が成立した。京都議定書においては、2008年から2012年にかけての先進国の排出削減義務（平均で1990年比5.2%削減）が規定された。しかしながら、米国は署名をしたものの、2001年に京都議定書を批准しないことを表明した。京都議定書には2012年までの削減義務しか規定していないことから、2005年から2013年以降の削減義務について現在交渉が行われている。その議論では、京都議定書で削減義務を負っている先進国の2013年以降の目標に加え、京都議定書を離脱した米国と、急速に排出量を増やしている新興国の取扱いが焦点となっている。発展途上国は排出寄与が低かったため、これまで排出義務を負っていないが、新興国の急速な経済発展により、世界全体の排出量に占める途上国の割合は急増し、現在では先進国を超えて半分以上となり、さらに今後その割合を高めると予測されている¹⁾。2007年の気候変動枠組条約締約国会合の合意（バリ行動計画）では、発展途上国も適切な削減行動をとることとされ、具体的にどのような制度にするかについて交渉が行われている。2013年以降の削減義務に関する交渉は

2005年のモントリオールでの条約締約国会合（COP）から、COP会合が6回、その他の国連のサブ会合が十数回、それに加えて各種国際会議が多数行われてきた。しかしながら、いまだ各国間の意見の相違が埋まらず、京都議定書第一約束期間後の切れ目ない合意は不可能と考えられている。2009年のコペンハーゲンでの会合は、各国の国家元首も数多く出席し、交渉妥結への期待が高まったが、最終的な合意は得られず、コペンハーゲン協定と呼ばれる政治的文書が留意されるにとどまった。2010年のカンクンでの会合で、コペンハーゲン協定の内容が合意文書に盛り込まれ、協定に沿った内容で今後の交渉が進展すると期待されたが、その後、途上国はカンクン合意ではなく、バリ行動計画に沿った形での交渉を要求し、交渉の見通しは明るくない。

近年、IPCC報告書²⁾ やスターン報告³⁾ 等により、気候変動による社会・経済・環境への悪影響は広く認識され、将来の気候変動の脅威を避けるために、世界全体で大幅な削減を進める必要性に対する理解は深まっている。また、近年の異常気象の増加は、温室効果ガスとの直接的な因果関係は不明なもの、人々に気候変動の脅威を身を持って感じさせている。しかしながら、なぜ、国際交渉は合意に至らないのであろうか？

排出の大部分を占める二酸化炭素は、ものを燃やせば発生し、化学的に安定で排出除去を簡単にできない。さらに、あらゆる経済活動から発生するため、排出削減のためには、発電、製造業、交通、農業、民生などあらゆるセクターでの対策が必要となる。オゾン層保護のためのフロン類の廃止などのように、代替物質を導入すると

いった単純な解決方法は存在しない。また、広範な対策にはコストがかかる。一方、温室効果ガスの削減はどの国が行おうとも、その便益はあまねく世界全体が裨益する。したがって、各国とも自国の負担をできるだけ少なくし、他国が多く削減する形を望む。すなわち、気候変動問題はただ乗りのインセンティブがある公共財ゲームであると言える⁴⁾。このような状況下でどのようにすれば、社会的に最適な排出水準が達成可能かについてゲーム理論を用いた分析が行われている。

以上のような背景を受けて、本論文では、1)気候変動の国際交渉において、大幅な削減合意を阻害している要因をゲーム理論のモデルと現実の国際交渉の実態の分析により明らかにし、2)気候変動国際交渉において大幅な削減目標合意を導くアプローチを検討することを目的とする。

本論文の構成は以下のとおり。2.で気候変動を含む国際環境条約にゲーム理論を適用した既存のモデルのレビューを行い、3.で現実の国際交渉の分析を行い、EUのリーダーシップの存在、各国の交渉ポジションに対する国内制約、先進国と途上国間の衡平性の考慮といった点で既存のモデルが現実の交渉を反映していないこと、大幅削減合意に導くためには各国の温室効果ガス削減対策の便益の認識が重要であることを指摘し、最後に4.において、上記の問題点を考慮したマッチングメカニズムを応用したモデルを提案する。

2. 気候変動を含む国際交渉にゲーム理論を用いた研究

2.1. Barrettらのモデル

気候変動を含む地球環境問題へのゲーム理論には、大きく、協力ゲームと非協力ゲームによるアプローチがある。本研究では、気候変動の国際交渉における各国間の戦略的な相互作用を分析することを目的としているため、非協力ゲームでのアプローチの方が適していると考えられる。

非協力ゲームでは Barrett⁴⁾が構築した公共財に係る環境条約のシンプルなモデルをベースにした研究が数多く行われている。各国 ($i=1, \dots, N$) の利得は、すべての国の削減量 $R (R = \sum_{i=1}^N r_i)$ の関数である排出削減の便益

$B(R)$ とその国の削減量の関数である削減コスト $C(r_i)$ の差で表される。ここで、 $B(R)$ は R の一次式、 $C(r_i)$ は r_i の二次式であり、 $B' > 0$ 、 $C' > 0$ 、 $B'' \leq 0$ 、 $C'' \leq 0$ と仮定されている (b, c は定数)。

$$\Pi_i = B(R) - C(r_i) = bR - \frac{1}{2} cr_i^2 \quad (1)$$

他国の削減によらず自国の利得の最大化のみを考えた場合、利得が最大になるのは、

$$\frac{\partial B(R)}{\partial r_i} = \frac{\partial C(r_i)}{\partial r_i} \quad (2)$$

の時、式(1)をこれに代入すると、 $r = \frac{b}{c}$ となる。

方、すべての国が協力する場合には、全体の利得が最大になることから、

$$\sum_{i=1}^N \Pi_i = NB(R) - \sum_{i=1}^N C(r_i) \quad (3)$$

において、

$$\frac{N\partial B(R)}{\partial r_i} = \frac{\partial C(r_i)}{\partial r_i} \quad (4)$$

となることが条件となり、式(1)をこれに代入すると、

$$r = \frac{Nb}{c} \text{ となる。つまり、削減量は } \frac{b}{c} \text{ とすることが、}$$

他国の戦略に関わらず、当該国の支配戦略となり、社会的に最適な排出量 ($\frac{Nb}{c}$) は達成されない。図1は $b=c=1$ 、

$N=5$ とした場合の例を示す。

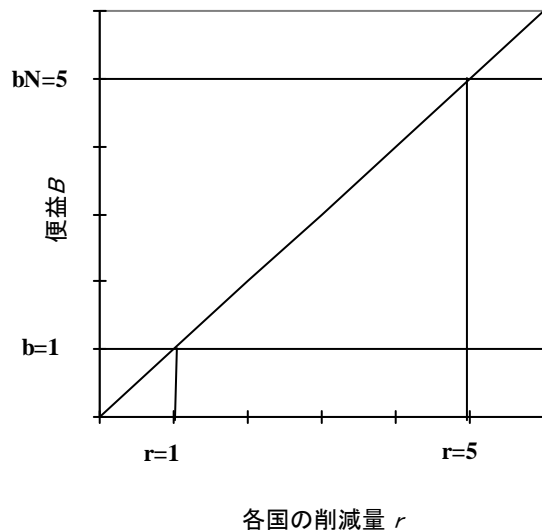


Fig. 1 協力・非協力の場合の削減量と便益の比較 (Barrett⁴⁾を基に作成)

Barrett⁵⁾は、このモデルを用いて、各国は囚人のジレンマの状態にある場合に、協力する国の数は $N \leq \frac{b+c}{b}$

で求められることを示した。これは、参加国が少ない場合にのみ協力を維持できること、参加国数は便益とコストの関係から求められること、条約が生み出す追加的な利得が小さいほど多数の国が協力することを意味する。さらに、各国が得られる便益が異なるとした場合、便益の大きい国の一部が条約に参加するが、それらの国からのサイドペイメントにより便益の小さい国が参加することを示した。Asheim et al⁶⁾ は Barrett のモデルを世界全体ではなく、2つの地域ごとの協定に分けて分析し、地域協定の方が締約国数を多くでき、全体の利得も高くできることを示した。McGinty⁷⁾は、Barrett のモデルを拡張し、各国の削減コスト及び便益が一律ではない設定とした場合に、より多くの国が参加し、合計削減量も多くなるという結果を得た。一方、Asheim と Holtsmark⁸⁾は、戦略数が協力・非協力の2つでなく、削減量に応じて無数にある場合に拡張し、将来の割引率が十分低い場合には、削減量が高く、世界的な合意が維持可能であるとした。また、協力を得るための方策として、貿易や気候変動への適応など他のイシューとのリンケージ、途上国のための各種基金などのサイドペイメント、貿易措置である国境税調整などの罰則が有効であるとした。

2.2. Barrett らのモデルの問題点

Barrett やその後の関連論文では、繰り返しゲームにおいて、Getting Even や Panace といった、1カ国が条約に非加盟だった場合に、他のすべての国または一部の国が、次の期間に非加盟となるという、Tit-for-Tat 戦略と呼ばれる条件付戦略を用いることを仮定し、安定な状態になるために必要な国の数を求めている。これは、囚人のジレンマ状態の場合に、国が自発的に条約に加盟するために必要な前提として設定されている。しかしながら、現実には、1カ国が条約から脱退したからといって、次の期に、多くの国が脱退して罰するという事態は想定されない。また、国際交渉において、いずれかの国からそのような方針を持っていることが表明されたこともなければ、他国がそのような戦略をとっていることが各国の共通理解になっているわけでもない。例えば、米国が2001年に京都議定書を批准しないことを表明した際にも、米国を罰するために他国が次期約束期間での離脱を表明した事実はない。また、国際交渉は、約束期間が10年程度の間隔があり、離脱した国を罰するために10年間、他の国が約束を実施しないということは、条約の目標達成に向けて重大な支障となる。

また、Helland and Hovi⁹⁾は、Barrett の結論について、被

験者を用いた実験を行い、否定的な結果を得た。すなわち、コストが大きいほど参加国数が減ること、参加国数はグループ全体の国の数によることが示された。

以上から、気候変動国際交渉において、Tit-for-Tat 戦略を前提とすることには無理があるといえる。

次章では、現実の国際交渉の実態の分析から、EU のリーダーシップの存在、各国の交渉ポジションに対する国内制約、先進国と途上国間の衡平性の考慮といった点で Barrett らのモデルが現実の交渉を反映していないこと、大幅削減合意に導くためには各国の温室効果ガス削減対策の便益の認識が重要であることを明らかにする。

3. 国際交渉の実態の分析

3.1. EU のリーダーシップ

気候変動問題では、EU が一貫してリーダーシップを発揮してきた。EU は条約の締結時から、先進国全体の野心的な削減目標を提示し、EU としても野心的な削減目標を設定してきている。京都会議の前に、EU はいち早く先進国の一律15%削減を提案した。日本は実質3%、米国は0%を提案していたため、EU の高い削減提案がなければ、最終的な削減率はもっと低いものとなっていたと考えられる。さらに、ポスト京都議定書の交渉において、EU は自主的に20%削減し、主要排出国が同等の削減を行えば、30%削減すると表明している。気候変動国際交渉のゲームにおいて EU はフリーライドではなく、自ら率先して削減に協力することを選び取ってきたと言える。EU は削減コストが他の先進国より比較的安く、気候変動に率先して対応することで先行者利益を狙っていること、超国家機構のため地球公共財の削減に取り組む素地が高いこと、市民の意識が高く政治的に積極的な策をとりやすいことがその要因として挙げられる¹⁰⁾。そのため、EU は世界全体の便益を考慮した大幅削減の意思を持っていると考えられる。このような国が存在することは、大幅削減への大きな原動力になりうる。

以上のように、気候変動交渉においてゲーム理論の枠組みを適用する際に、囚人のジレンマに陥らずに、自ら積極的に削減を進めようとする EU が存在することを前提として、モデルを構築することが必要である。

3.2. 国内制約

各国の国際交渉のスタンスは、国内制約に大きく影響を受けると考えられる。理論的にも、国際交渉を国内政治と国際政治の2つのレベルで行われるゲームとして捉える考え方が Putnam により提案されている。Putnam⁸⁾は、各国の国際交渉のスタンスが国内で承認可能な領域(win-set)に制約されるため、win-set が小さいほど、国

際合意の余地は小さくなることを示した。本章では、京都議定書及び現在の気候変動国際交渉において日本及び主要国の国際交渉スタンスと国内制約との関係について検証する。

(1) 京都議定書

京都会議の前に、EU はいち早く先進国の一律 15%削減を提案したが、EU 内では 10%削減(3 ガス)までしか合意できておらず、日米が 10%を超えた合意に賛同はしないとの見解があった。京都会合の直前になって、日本は 5%を基本とするが、各国の事情に応じて軽減できる仕組みを設け、先進国平均でみると 3%弱の削減率となる提案を行った。日本は省エネルギーが進んでいるので、他の先進国よりも削減負担は小さくてよいとの考えで、2.5%の削減を打ち出した。米政府はその直後に先進国一律 0%を提案した。最終的には、京都会議の最終日に、日米 EU の 3 カ国の密室交渉で数値が決定された。米国はゴア副大統領が急遽来日し、数値交渉において柔軟性を示した。日本は米国が米提案である 0%削減からせいぜい 2-3%しか動かないと予測していた。しかし、米国は、中国などの途上国の参加がない場合、上院の承認が得られないことが分かっていたにもかかわらず、最終的に 7%に合意した。EU が 1%ずつしか各国間の削減率に差異を認めなかったことや議長国として合意をまとめる必要があったため、日本も 6%を受け入れた。その結果、EU 8%、米 7%、日 6%で合意した。数値は当初の提案の中間程度だが、森林吸収源を加えること、6 ガス全体での目標としたこと、排出量取引や途上国の削減を先進国の削減とカウントするクリーン開発メカニズム(CDM)制度を認めたことなどのルールの設定により削減目標数値が見かけ上大きくなった。その結果、内容的には各国とも自国が提案した値とほぼ変わらない値であった。つまり、各国の国内の win-set がうまく交差するように、ルール設定の変更を行って見かけの数値を変化させたとと言える。交渉後、EU は 6 ガスでの 8%は 3 ガスでの 13%に相当することを明らかにした¹⁰⁾。日本の数値も 2001 年の交渉において吸収源で 3.8%の削減を特例的に認められたことで、もともとの日本の提案 2.5%削減という数値と変わらない値となった。これは、米国の離脱表明後、日本に批准させることが議定書発効のために必要となり、他国が大幅に譲歩したために認められたものであった。また、米国も国内での説明において、様々なルールの変更の結果、自国提案の 0%に比べ、2-3%の削減に相当するに過ぎないとの見解を示していた¹²⁾。ただし、米国は条約の批准権を持つ上院において、途上国の削減義務なしに京都議定書を批准しないと議決(パートン・ヘーゲル決議)が京都会合の直前に全会一致で採択されており、京都議定書では途上国の削減義務が見送られたことから、

結果的に批准しなかった。先進国の数値目標とは別の部分で、国内制約があったが、途上国の削減義務についてはベルリン・マンドートで新たに課さないことで既に決着がついていたため京都会議で議論することは困難であった。なお、その他の先進国の数値については、精査されることなく、各国が困難なく受け入れられるレベルで合意された。

このように、京都議定書交渉において、国内制約が非常に大きな要因となり、結果的に各国の削減数値は当初提案からほとんど変わらず、各国の win-set が満たされるようにルールの設定で対応したことが分かる。

(2) 2013 年以降の枠組み交渉

京都議定書は条約に規定された先進国の排出を 2000 年に安定化するという目標が達成できなかったため、法的拘束力のある義務を先進国に課す枠組みの構築を目的とした交渉であった。そのため、交渉ゲームのプレイヤーは先進国、とりわけ排出量の多い日米 EU の 3 極が中心であった。しかしながら、現在行われている 2013 年以降の枠組み交渉では先進国のさらなる排出削減目標に加え、京都議定書で先送りされた途上国の参加問題が議題となり、中国やインドなどの排出量の多い途上国も主要プレイヤーとなった。また、京都議定書では議論されていなかった、条約の究極目標を達成するために、世界全体の中長期的な排出削減目標とそれを実現するための枠組みづくりが議論の対象となった。

コペンハーゲン協定とそれに続くカンクン合意において、主要国のほとんどが自国の削減目標を自主的に登録している。最終的な合意に至っていないため結果を分析できないが、これまでの交渉を見ると、京都議定書と同じ構造であり、各国とも国内で決定した削減目標を堅持している。

日本は京都議定書の際と同様、エネルギー効率の良さから欧米よりも小さい削減率でよいとの考えを持っていたが、京都議定書目標の 6%より大きい削減とすることは必要と考え、2009 年 6 月に 2005 年比で 15%削減(1990 年比で 8%削減)を提案した。これは、国際競争力への影響への懸念に配慮し、限界削減費用を指標に欧米の目標と同レベルになるよう導いた値である。ただし、これは純粋に国内削減の数値であり、国際交渉の行方により、国外からクレジットとして購入する部分を上積みする余地は示唆していた。しかし、政権交代により、新たな政権は NGO などが主張する 25%目標を政権発足後すぐに提案した。国連総会での首相の発表は国内外から評価されたが、裏打ちする政策やその実現性に関する十分な議論は行われていなかった。また、25%目標は主要排出国の参加が条件とされているものの、何をもちて参加したとするかの具体的な考えは示されていない。

米国は削減コストと米国経済への悪影響を懸念し、ブッシュ政権下で、京都議定書への参加を拒否した。「ハリケーンカトリーナ」での甚大な被害や映画「不都合な真実」のキャンペーンなどにより、米国市民も温暖化によるリスクに対する認識が高まった。そのような状況下で、国際協調路線のオバマ政権になって、国際交渉に積極的に関与する姿勢に変わり、2050年に80%削減する経路を目指した法案の成立を目指した。2020年目標については現在の排出量が1990年よりも十数%増大していることから、オバマ政権にあっても1990年比3%という小さい削減率しか提示できなかった。また、国際交渉では自国での法案のレベル以上に引き上げることを否定している。しかしながら、米国はブッシュ政権下より大幅に積極的になったことから、国際社会からは歓迎された。ただし、法案は経済問題など他の課題の陰に隠れてしまい、現時点では2012年の大統領選以前に成立する見込みはほとんどない。米国では、国会議員が化石燃料産業からの献金を多く受け、削減対策に反対している。気候変動問題の登録ロビイストの数は3000人近くおり、その9割程度が化石燃料産業のために働いている。そのため、米国では強力な温暖化対策の実施が難しいと言われている¹³⁾。

京都議定書の際は、第一歩との位置づけで、究極目標を達成するために必要な削減量について議論は及ばず、先進国全体目標レベルについても明確な指標はなかった。一方、現在の交渉では、世界全体の必要削減量の議論が行われ、コペンハーゲン協定では、産業革命以降の気温の上昇幅を2度以下に抑えることが合意された。研究機関の試算によれば、各国が提示した数値の合計は12-17%で、IPCCなどから2度を達成するために必要とNGOや途上国などが主張している25-40%との間にギャップが存在することが示された¹⁴⁾。京都議定書交渉時には考える必要がなかったが、現在の交渉では先進国の削減目標をどのように引き上げ、このギャップを埋めて行くかという課題が明らかになった。したがって、各国の国内制約を前提にしつつ、削減目標の引き上げを促すようなアプローチを見出すことが求められている。

3.3. 衡平性の考慮

先進国と途上国の対立の主な原因は、過去の排出責任、1人当たりの排出量の差、経済発展段階の差といった衡平性の問題にある。これは、プレイヤーの利得構造で説明するゲーム理論では考慮できていない。

京都議定書の特徴は、まず削減義務を負う交渉のプレイヤーが限定されたことにある。これは、リオ会議で合意された「共通だが差異のある原則」が基となっている。この原則は、先進国の発展段階での排出が太宗を占めること、資金・技術を持っていることから、先進国が率先して対応すべきということを謳った原則であり、気候変動

枠組条約にも規定されている。この原則に基づいて、まず先進国が排出削減を率先すべきとし、条約下において、先進国は2000年に1990年レベルに安定することが努力目標とされた。ベルリンで行われた第1回締約国会合において、京都議定書では先進国のみが削減義務を負うことが合意され、京都議定書における国際交渉では、先進国のみで削減目標を設定するゲームとなった。

Barrettのモデルでは、削減コストが低く便益も高い国が削減のインセンティブを持ち、さらに他の国の削減への参加を促すためにサイドペイメントを行うことが示唆される。気候変動において言えば、途上国が率先して削減し、先進国にサイドペイメントを支払うということになる。しかしながら、現実には「共通だが差異のある原則」に基づいて先進国が先ず削減し、途上国にサイドペイメントを支払っている。そのため、ゲーム理論のモデルではカバーされていない衡平性を考慮する必要がある。そのため、大幅削減を促すアプローチを考慮する際には、経済合理性のみではなく衡平性に配慮した要素を何らかの形で入れ込むことが求められる。

3.4. 便益の認識

ゲーム理論では、各国が削減対策のコストと削減によって避けられる気候変動の影響という便益を正確に知っており、それを基に削減するかしないかの判断をすることを前提としている。削減コストとその便益については、実際にはどの程度認識されているのであろうか？

IPCCはいくつかの将来シナリオを設定し、シナリオ毎に気温の上昇、降水量の変化、海水面の上昇など世界全体の物理的な影響について示し、それを基に様々なセクターに与える影響をまとめている²⁾。しかしながら、将来予測の不確実性もあり、定量的な費用便益分析までは行われていない。一方、スターンは2008年に費用便益分析を行い、その結果を「スターン報告」としてまとめた。スターン報告によれば、気候変動による経済影響は2100年に年間GDPの5-20%に達する一方、削減費用は1%以下に留まる³⁾。スターン報告は国際交渉に大きなインパクトを与えたが、割引率を0%としていることなどの批判があり、経済学者間でも論争になっている。著名な経済学者を集めて、21世紀の重要な国際的な問題の優先順位を決める「コペンハーゲンコンセンサス」会合では、エイズ対策などが上位となり、気候変動問題は下位とされた¹⁵⁾。その分析においては、割引率として3%が使われた結果、費用対効果が悪いことがその理由とされた。長期的な問題を扱う際には、将来の便益をどのように現在価値に換算するかがその結果を左右する。割引率が小さければ、将来の便益が高くなり、対策にコストを掛けることが正当化される一方、割引率が大きければ、将来便益が小さくなり、対策にコストを掛けるべきではない

との結論になる¹⁶⁾。

このように世界全体の費用便益分析については、いくつか試算があるものの¹⁷⁾、各国毎の詳細な数値は得られていない。そのため、各国の目標設定の過程を見ても、長期的な温暖化被害も含めた費用便益分析がなされた例は数少ない。また、便益は自国の削減努力のみではなく、他国の行動も含めた世界的な排出削減に依存するため、不確定要素が多く、試算に入れ込むことが難しい。日本でも、意思決定における判断指標となっておらず、2009年6月に発表された日本の削減目標設定では、長期エネルギー需給見通しに基づいた削減ポテンシャルとその削減費用がベースとなった¹⁸⁾。それに加え、EU・米国の目標値との限界削減費用による比較が判断材料とされた。グローバル社会においては削減費用負担の違いが企業の国際競争力に影響を与えるため、他の主要国と比べて不利にならないようにすることが重要な判断指標となった。その結果、2020年に1990年比8%削減が決定された。ただし、これは国内の削減のみで達成する分、他国との排出権取引などは含まず、その分は今後の交渉によらし、含みを持たせた。一方、環境NGOや途上国は、IPCCの報告書にある限られた文献から求められた2020年の先進国と途上国の削減レベルについての結果（先進国1990年排出量比25-40%減、途上国Business as Usualの排出量から15-30%減）を判断材料とした。2009年に政権交代が行われ、就任間もない鳩山首相（当時）が9月の国連総会において、その数字を用い、主要国の参加という条件付としながらも、25%削減を宣言した。国際的に野心的な目標と受けとめられたが、国内での十分なコンセンサスがなかったことから論争となった。現在もその数値が明記された温暖化対策基本法案は国会で承認されていない。

各国が大幅な削減行動をとるためには、それがパレート優位であるとの認識を持つことが必要条件である。そのため、IPCC報告書やスターン報告書は非常に重要である。人々の認識の変化が、各国のポジションの変化をもたらす。モントリオール議定書の際には、先進国が便益を多く受けること、近い将来の皮膚がんの増加という認識しやすいリスクであったために、先進国に協力するインセンティブが高かったため、削減を先導した⁴⁾。米国に適用した試算によれば、モントリオール議定書では便益が大きく費用を上回る一方、京都議定書では大きく下回ることが示されている¹⁹⁾。そのため、囚人のジレンマ状態には陥らず、米国を含めた先進国が自主的に取り組み、途上国の削減への参加に対してサイドペイメントを支払った。気候変動問題の場合、途上国が便益を多く受けること、気象災害の形で現れ、現在でも直面している現象であり、人が関与できない天災との区別が難しいことから、リスクとして認知されにくいことも原因と

考えられる。

また、削減対策の便益は将来世代が多く裨益するものであり、将来の便益は割引率により減じられる。そのため、スターンレビューでは非常に低い割引率を設定すべきとしているが、現実には将来世代は影響力を行使できないことから、将来の便益は低く見積もられる傾向にある。温暖化防止により避けられる被害を便益として定量化し、それを人々が認識するとともに、将来世代の便益も考慮することが必要である。

一方、温暖化防止の便益には、避けられた長期的な悪影響のほかに、削減対策がもたらす副次的便益（コベネフィット）が存在する。エネルギー効率の向上は、エネルギーの節約による経済的便益のほか、地政学的リスクのある輸入化石燃料への依存を減らせるエネルギー安全保障上の便益もある。国立環境研究所の試算によると、2020年における削減ポテンシャルの半分近くはコストがかからないか経済的にプラスの効果があるとされている²⁰⁾。再生エネルギーも同様の便益がある。現状ではコストは高いものの、技術開発による将来のコスト削減が見越せる。加えて、大気汚染削減の効果もある。さらに、近年では、グリーン成長という概念の下で、経済成長に寄与するという考え方が広まった。これは、エネルギー効率向上や再生エネルギーへの投資が経済成長や雇用増大に寄与するという考え方で、米国・韓国・中国・日本などが次々と関連する政策を発表している²¹⁾。米国はエネルギー安全保障上の効果や経済へのプラスの影響を強調しつつ、温暖化対策を進めている。中国も同様である。これらの便益は現有世代が享受できるものであるため、将来の温暖化回避の便益に比べ世論の支持が得やすいと考えられる。各国の削減目標設定の議論からは、認識されているこれら現有世代が享受できる便益の一部に見合うコストの範囲内で設定された目標であると想定される。以上のように、便益については、将来世代が享受する避けられた気候変動の悪影響による便益と、現有世代が享受するコベネフィットの便益があるが、前者の便益は各国の目標設定の議論において十分に考慮されておらず、高い削減レベルに合意するための必要条件が満たされていないことが分かる。

4. 大幅な削減を合意するための方策

前章では、国際交渉の実態の分析を行い、EUのリーダーシップの存在、各国の交渉ポジションに対する国内制約、先進国と途上国間の衡平性の考慮といった点でBarrettらのモデルが現実の交渉を反映していないこと、大幅削減合意に導くためには各国の温室効果ガス削減対策の便益の認識が重要であることを指摘した。本章では、上記

の点を考慮し、現実の国際交渉にも適用可能なモデルとして、他国の野心的な削減目標の設定を条件に、自国の目標を引き上げるという条件付戦略について検討する。

条件付戦略は国内制約を考慮した有力なメカニズムだと考えられる。3.2.で見たように、国際交渉では国内での制約のため、政府が自由に交渉ポジションを変えることができない。国際交渉のプレイヤーは国であるが、それぞれの国内でのコンセンサスに基づいて、その取りうる戦略は限定される。国内での制約に国際交渉が縛られる様は、京都議定書の際の3地域の数値交渉や米国のヘーゲル・バード決議と京都不参加にも見られた。国際交渉では、国際競争力の懸念から他国に比べて不公平な削減レベルを課せられることに対する強い不信感が高いレベルでの削減目標の合意の障害となっている。また、2レベルゲームが示すように各国のポジションは国内でのwin-setに制約を受けるため、国際交渉で大幅な削減に合意するためには、win-setをそのレベルまで拡大することが必要になってくる。そうでなければ、京都議定書の際の交渉で見たように、見掛けの数値が変わるだけである。国内でのwin-setを広げるためには、大幅削減の便益の認識向上は重要であるが、それに加えて、国際競争力への懸念に対応する手法として、豪州が提案したような条件付戦略が有効と考えられる。豪州は、世界全体の温暖化の便益を考慮すると同時に、国際競争力への懸念に対処することを目的に、世界全体の目指す温室効果ガスの大気中の安定化濃度に応じた自国の削減負担を設定した²¹⁾。目標は、450ppm実現を合意するならば2000年比25%削減、500ppmで15%削減、自主的に5%削減とし、EUの目標よりも、世界全体での安定化濃度とリンクさせている点で、さらに具体的な設定になっている。このような全体の合意のレベルに合わせて自国の削減目標を連動させる条件付戦略を各国が国内で合意することで、国内でのwin-setを大きくし、国際交渉における柔軟性を付与することが有効と考えられる。

このような条件付戦略は、ゲーム理論でも検討されている。自主的な公共財供給問題において、社会的に最適な水準に達成するための手法についての研究の1つに条件付貢献あるいはマッチングと言われる手法がある。他のプレイヤーの貢献に応じて自らの貢献を積み増しすることを約束する手法であり、Guttman²¹⁾は本手法によりパレート最適な結果が得られることを示した。Guttmanのメカニズムは2つのステージによって成り立っている。第1ステージでは、他国の削減量に応じて削減するレートを宣言する。第2ステージでは、宣言されたマッチングレートを所与として、自国の貢献を決定する。また、Boadway²¹⁾はGuttmanのメカニズムが1カ国しかマッチングを適用できない場合でも成立すること、さらに、マッチングレートではなく、他国が一定以上の削減を約束した場合に自

国もある削減を実施するというメカニズム(Quantity-Contingent Mechanism; QCM)でもパレート優位な結果をもたらすことを示した。QCMは3つのステージから成り立っている。第1ステージでは、A国がB国が r 以上の削減をした場合に gh 削減し、そうでない場合は g 削減することを宣言する。第2ステージでは、B国が自国の削減量を宣言し、第3ステージでは、A国とB国が前ステージまでの条件に応じて削減を実行する。QCMでは、マッチングメカニズムとは異なり、すべての国ではなく、1つまたはいくつかの国しか条件付戦略を採用しない場合でも成り立つ点で意義が大きい。つまり、EUのリーダーシップを考慮することが可能となる。

さらに、豪州の条件付戦略では、各国の削減目標の公平性を担保する指標として、1人当たり排出量を提案し、2050年に均等化することを各国の削減目標のベンチマークとして設定している。QCMにおいても、どのように gh や r の値を決定するかという問題があるが、その決定過程の中に1人当たりの排出量均等化を入れ込むことで、公平性を担保できる可能性がある。先進国の過去の排出責任が条約では規定されており、交渉を合意に導くためには、公平性の考慮が欠かせない。

一方、QCMにおいても、各国の削減コストと削減によって避けられる気候変動の影響という便益が分かっていることが前提となっている。3.4.で見たように、現実には研究は始まったばかりで、気候変動回避による便益は人々に十分認識されていない。特に将来の便益については、予測の不確実性に加え、割引率によって数値が大きく変わること、他国の動向にも左右されること、将来世代の便益は軽視される傾向にあることから、認識の向上は難しい。しかし、スターン報告が2007年に発表されて以降、費用便益分析についての研究は徐々に増えている。このような研究を促進し、人々の将来の便益に対する認識を向上させることが必須であり、途上国を含め各国が経済的分析を実施できるように支援することが必要である。その意味で、日本が中心となって設立した低炭素社会研究ネットワークでの中長期の低炭素社会のモデル分析²¹⁾やADBでのスターン報告の地域版の研究や東南アジア諸国に対するモデル構築の技術支援²¹⁾は重要である。一方、削減対策の便益としては、エネルギー安全保障や大気汚染防止、或いはグリーン成長に寄与するといった現行世代が享受できる便益もある。これらの便益は将来の便益よりも理解を得られやすいことから、まずはこれらの便益を可能な限り定量化して示すことが求められる。

豪州政府は様々なモデル分析を1年半かけて実施し、報告書にまとめ、それを基にして条件付目標を提案した。日本の削減目標でもすべての主要国の参加による意欲的な目標を条件にしているが、意欲的な目標がどのレベルを示すのか明確ではない。そのため、他国の削減目標を

引き上げるインセンティブにはなりにくい。また、限界削減費用（温室効果ガスの排出量を追加的に1トン削減するために必要な費用）を公平性指標としているが、公平性指標は自国に有利ではなく、他国もある程度納得できるものになければ合意には結びつかない²¹⁾。その意味で、豪州の提案及びQCMは国内の制約を受けつつ、公平性に配慮し、かつ世界全体の便益を考慮して、より高い削減目標に合意するための方法として有望なものと考えられる。

5. 結論

ゲーム理論に基づいたモデル分析は、ただ乗りのインセンティブのために、大幅な削減に合意することが難しい気候変動の国際交渉の基本的な構造を理解するために有効である。しかしながら、非協力ゲームを基にしたBarrett等のモデルでは、現実の国際交渉をいくつかの重要な点で反映していないという欠点があることを、現実の国際交渉の実態との比較において明らかにした。まず、しつぱ返し戦略を前提にしているが、現実にはこのような認識はなく、実際の交渉ではEUがリーダーシップを取り、高い削減レベルでの合意を目指す推進力となっている。また、京都議定書交渉及び2013年以降の枠組み交渉から、各国の交渉スタンスは国内での決定に大きく制約を受けることを示した。さらに、国際競争力への懸念から他国の削減目標レベルに応じて自国の削減目標を設定する手法が、より高いレベルでの国際合意を実現しうる可能性があることを示した。一方、国際交渉において先進国と途上国間の公平性への配慮は合意のためには不可欠な要素である。

また、モデルでは利得構造を正確に把握していることが前提とされているが、現実には将来の気候変動を回避することによる便益は定量化が難しく、十分認識されているとは言えない。そのため、費用便益分析をさらに精緻化し、削減対策により避けられる温暖化被害という便益に対する人々の認識を高めることが必要である。一方、便益にはもう一つ、現有世代が享受できる削減対策によるコベネフィットも存在する。そのコベネフィットの便益を定量化し、削減対策を正当化することが将来の便益よりも温暖化対策として受け入れられやすいといえる。

これらの示唆は、経験的分析からなされたものであるが、今後はQCMを現実の国際交渉に適用し、定量的な分析によりパレート優位な結果が得られることを示すとともに、各国が国際交渉において実際に適用可能な具体的な提案を行なっていく予定である。

参考文献

- 1) 環境省 (2008) 『STOP THE 温暖化 2008』
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/stop2008/> [2011, August 25].
- 2) The Intergovernmental Panel on Climate Change (2007). *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- 3) Nicholas Stern (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge University Press.
- 4) Barrett S. (2003). *Environment and Statecraft*, Oxford University Press, Oxford.
- 5) Barrett S. (2001). International cooperation for sale, *European Economic Review*, 45, 1835-1850.
- 6) Asheim et al. (2006). Regional versus global cooperation for climate control, *Journal of Environmental Economics and Management*, 51, 93-109.
- 7) McGinty (2006). International environmental agreements among asymmetric nations, *Oxford Economic Papers*, 59, 45-62.
- 8) Asheim and Holtmark (2009). Renegotiation-proof climate agreements with full participation, *Environmental Resource Economics*, 43:519-533.
- 9) Helland and Hovi (2004). The theory of full international cooperation, *CICERO Working Paper*, 2004:06.
- 10) 蟹江憲史(2001) 地球環境外交と国内政策, 慶應義塾大学出版会.
- 11) Putnam, Robert D. (1988). Diplomacy and Domestic Politics: The Logic of Two-Level Games. *International Organization*, 42, 427-60.
- 12) 竹内 敬二(1998) 『地球温暖化の政治学』朝日新聞社
- 13) Repetto R.(2011). *America's Climate Problem The Way Forward*. Earthscan.
- 14) Climate Analytics, EcoFys and Potsdam Institute for Climate Impact Research (2011) *Cancun Climate Talks: Keeping Options Open to Close the Gap. Climate Action Tracker Briefing Paper*,
http://www.climateactiontracker.org/briefing_paper_cancun.pdf [2011, August 31].
- 15) Bjørn Lomborg (Ed.) (2004). *Global Crises, Global Solutions*, Cambridge University Press.
- 16) 中島ほか(2009)「地球温暖化影響のマクロ的経済評価の系譜と知見」『地球環境』14 (2), 299-307.
- 17) 文部科学省・気象庁・環境省(2009) 『温暖化の観測・予測及び影響評価統合レポート：日本の気候変動とその影響』
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep091009/full.pdf> [2011,

- August 25].
- 18) 内閣官房(2009) 『地球温暖化対策の中期目標について』
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tikyuu/kaisai/dai07kankyo/cyuu_ki_mokuhyou.pdf [2011, September 6].
- 19) Cass R. Sunstein (2007). OF MONTREAL AND KYOTO: A TALE OF TWO PROTOCOLS, *Harvard Environmental Law Review*, 31, 1-65.
- 20) Hanaoka et al (2009). Global Greenhouse Gas Technological Mitigation Potentials and Costs in 2020, *AIM interim report*, National Institute for Environment Studies.
- 21) OECD (2011) *Towards Green Growth*.
<http://www.oecd.org/dataoecd/37/34/48224539.pdf> [2011, August 25].
- 22) Garnaut R. (2008). *The Garnaut Climate Change Review: Final Report*. Cambridge University Press.
- 23) Guttman, J.M. (1987). A non-Cournot model of voluntary collective action. *Econometrica*, 54, 1-19.
- 24) Robin Boadway, Zhen Song, Jean-François Tremblay (2007). Commitment and matching contributions to public goods. *Journal of Public Economics*, 91, 1664-1683.
- 25) National Institutes for Environment Studies (2011) *2050 Low Carbon Society Scenarios* <http://2050.nies.go.jp/LCS/> [2011 Aug, 31].
- 26) Asian Development Bank (2010) *Strengthening Planning Capacity for Low Carbon Growth in Developing Asia* <http://pid.adb.org/pid/TaView.htm?projNo=44158&seqNo=09&typeCd=2> [2011 Aug, 31].

GAME THEORETIC CONSIDERATION ON AN INTERNATIONAL CLIMATE CHANGE NEGOTIATION PROCESS

Kotaro KAWAMATA¹ and Masahide HORITA²

¹ M.Eng. Department of International Studies, University of Tokyo (E-mail: kkawamata@adb.org)

² Ph.D. Professor, Department of International Studies, University of Tokyo (E-mail: horita@k.u-tokyo.ac.jp)

This paper examines the game theoretic models on international climate change negotiation by comparing the actual negotiation process in Kyoto protocol and post-Kyoto negotiation. It reveals that the model's does not reflect EU's leadership, domestic constrain to countries' negotiation position and ethical issues between developed and developing countries, and importance of people's recognition on benefit from mitigation measures. The paper proposes "matching mechanism" similar to conditional pledges by Australia as effective approaches toward ambitious reduction agreement in climate change.

Key Words: *Game theory, Climate change, International negotiation, Matching mechanism*