

地球環境保全のための国際的枠組みのあり方

研究代表者 京都大学経済研究所 佐和隆光

Towards an Optimal Framework for the Preservation of Global Environment

Takamitsu Sawa, *Research Director of CREST*

Institute of Economic Research, Kyoto University

1. 研究の概要

(国際制度グループ)

1997年に合意された京都議定書は、先進各国に対して1990年比での一定の温暖化ガス削減を義務づけるとともに、京都メカニズムとよばれる、排出権取引、共同実施、クリーン・ディベロプメント・メカニズム(CDM)とよばれる国際制度によって目標達成を補完するという制度が盛り込まれた。本グループは、これらの制度設計に関わる諸種のオプションを考案し、比較検討することを目的とする。本グループの研究の内容は、(1)京都メカニズム個別の詳細な分析に関わるもの、(2)メカニズムの全体像を評価する試み、そして、(3)背景となる制度分析の枠組み構築を目的とした手法の研究、ならびに、メカニズムの効果を吟味する手だてとしての実証、シミュレーション分析に分かれる。

(国際協力グループ)

国際協力グループは、地球温暖化問題の国際的枠組みに対して、南北協力の視点からアプローチする。開発途上国の中ではアジア地域に、その中では特に中国に焦点があてられる。先進工業国の中では主として日本が対象地域になる。基本的に、二酸化炭素の排出削減を分析対象にして、純環境分野のみならず、経済発展・経済成長・産業構造の変化など、社会経済分野をも分析領域に含める。クリーン開発メカニズム(CDM)は南北協力の中心的課題である。従って、国際協力グループの研究目標は、CDMと持続的な発展・成長を基軸にして、アジアにおける環境協力のあり方を探り、それにまつわる諸問題を解明することに置かれている。この目標に対応して、本グループでは、(1)グローバルな相互依存、(2)日本とアジア、(3)地域特性：中国の3つの角度から、地球温暖化における南北協力の問題にアプローチしてきた。第1のグローバルな相互依存性の分析では、環境クズネッツ曲線、炭素税と成長・貿易、資金協力・技術移転の問題に、第2の日本・アジア2国間(あるいは多国間)協力の分析では、環境規制と成長・生産性、炭素税と2国間JI/CDM、日中間の資金援助と抑制スワッピングの問題に、第3の特に中国を対象とする地域的特性の分析では、エネルギー・環境問題、部門別・技術別CDM、炭素税と多地域JI/CDMの問題に焦点があてられた。

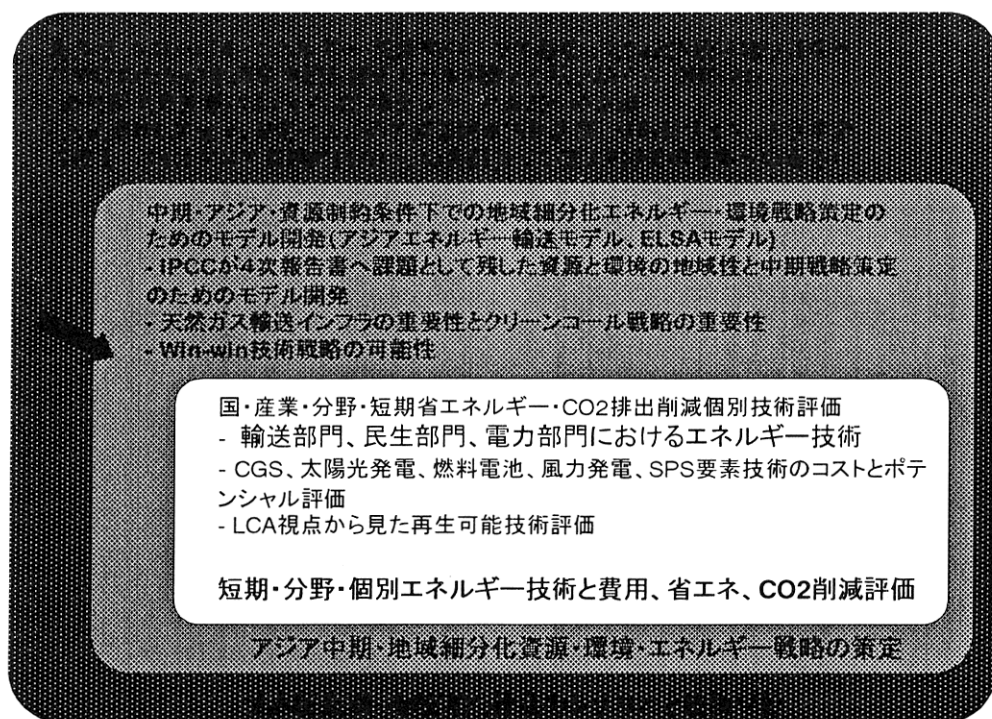
(技術戦略グループ)

地球温暖化対策の技術戦略策定には、まず自然体状態(BAU)状態における人口、経済成長の地域分布などの社会・経済状況とそのときのエネルギー資源の利用と消費状況、技術メニュー等を整理した上で、無体策の場合どのような温暖化影響が予想されるかを事前評価し、その上で戦略を策定して行く必要がある。地球温暖化に際しては、このような視点

から 1990 年、1995 年と続いた政府間気候変動パネル(IPCC)が温暖化発生と影響、および対策研究の評価を行ってきた。その後 IPCC では、2001 年刊行の第 3 次評価に向け、さらに多様な将来の社会経済の状態と温暖化ガス排出シナリオの策定を 1997 年に開始し、これをもとに温暖化ガス安定化のための炭素税等の政策評価や技術評価を行うこととなった。しかしながら、なお残された課題は多い。ことに、既存技術・政策に基づく短期的・個別視点による評価と、地球環境統合評価モデルによるグローバル長期モデルの間を埋めるべき中期・地域評価の研究が世界的に見てきわめて例が少ない点は、IPCC の報告書が刊行された現時点においてもなお残された課題となっている。

本技術戦略グループの目的は、次の 3 階層のアプローチによる。1.地球温暖化対策統合評価モデルの開発・拡張により超長期持続可能な社会への経路を探索するとともに、IPCC の排出シナリオ策定プロセスおよび温暖化対策政策評価へ参画する。2.短期的対策として個別分野の省エネルギー技術、環境対策技術メニューのコスト、CO2 削減ポテンシャルを体系化し、さらに LCA 的視点からの評価を加える。3.特にわが国にとって重要度の高いアジア地域を取り上げ、化石燃料資源賦存状況の地域性と質の多様性、エネルギー輸送に着目した中期地域分割モデルによる技術戦略策定を行う。

これを図に示すと、以下ようになる。



2. 現在までの成果報告

2.1 成果内容の要約

(1)については、実際の細則に関わる合意は、2001 年の Marrakech に持ち越され(さらに米国の離脱など予想外の経緯をたどったが、それに至るまでの過程において、他グループとの共催の下で、COP の場をはじめとする種々の機会に、京都メカニズムのデザインに関わる政策の評価とオプションに関わる発表を試みてきた。主たる発表の場としては、1998 年のブエノスアイレスでの COP4、1999 年のボンでの COP5 や、日中韓の共同研究発表集会の場などがあげられる。他にも、メンバーは COP や、研究集会の場で発表を重ねてきている。

メカニズム設計に関わる主たる論点は、理論ならびに実験分析によって展開されたが、主なものは1. J IとCDMの区別、2.バンキングと排出削減効果、3. CDMとルールホール、4.メカニズムの補完性に関わる措置にともなう問題、5.買い手責任売り手責任の比較、6.追加性基準とベースライン問題、7. CDMプロジェクト認証作業の分権化と、任務遂行能力並びにインセンティブ問題、8.市場取引と取引情報の公開、9. CDMベースラインと不確実性、などである。これらの多くの論点が、最終合意案では、一定程度満たされる形で盛り込まれる結果となった。

(2)については、国際法制度の側面から、京都メカニズムの諸制度をとらえて、その含意を検討するとともに、排出量削減を巡る途上国と先進国の対立という側面を長期的な視点からとらえる分析を試みた。とくに、途上国参加問題は、温暖化防止の枠組みの上で重要な問題であり、途上国の参加インセンティブの検討を、動学モデルによって分析し、京都メカニズムによって必ずしも途上国が参加インセンティブを損なわれないという観点を強調した。また、現在の視野に含まれる期間を過ぎた後の排出制限割当に関しても、その指針となる原則を検討した。

(3)については、制度分析の基盤となるゲーム分析を始めとする理論ツールの開発、改良を行い、また、実験に基づく、理論の補完をも重要な新しいツールとして推進してきた。とくに、ゲーム理論分析では、国際協調を前提とした地球温暖化対策の上での合意形成をとらえるために、利害の異なる諸国間の合意形成を分析する枠組みを交渉モデルとしてとらえて、いくつかの理論分析を行った。これらの成果は、政策提言を行う上でのバックボーン的な役割を果たした。

(国際協力グループ)

これまでの研究実績は以下の通りである。第1番目のグローバルな相互依存の角度からのアプローチであるが、まず、環境クズネツツ曲線に関連して、最近約20年間のデータの整理から、各国(地域)の経済水準とCO2排出量の関係にも環境クズネツツ曲線に類似の傾向が見られること(強くはないが)、ただし、高い成長途上にある途上国におけるそれは強い正相関、しかもかなり一定のパターンにしたがうこと、さらに技術的・資源代替的抑制効果はいかなる国(地域)においても経済成長に伴う増加傾向を相殺するほど大きくはならないことなどが観察された(後藤則行)。

また、GTAP(Global Trade Analysis Project)モデルに基づく、炭素税賦課と技術進歩が各国経済や世界貿易に与える影響の分析では、炭素税導入の範囲を、先進工業国、APECを含む先進工業国、全世界に限る時の効果を分析し、石油とガスから発生する二酸化炭素を抑制するには先進工業国のみで導入しても十分な効果があるが、石炭についてはAPECを含む先進工業国で導入する方がより効果的であることを明らかにした。なお、「炭素の漏れ」については大きくなく、全世界の導入を待つのではなく、先進国が率先して導入すべきであるとする政策的含意が得られている。一方、技術進歩の影響、特にAPECにおける発展途上国における技術進歩は、二酸化炭素抑制に大きな効果を持ち、炭素税による抑制効果よりも有効であることが明らかにされたが、これは先進工業国からの技術移転の有効性を重視することの政策的含意を与えてくれる(伴金美)。

次に第2番目の、日本とアジアの2国間(あるいは多国間)協力の研究についてであるが、まず、2国間(多国間)JI/CDMについては、炭素税を賦課する場合のマクロ経済分析の枠組

みを提示し、それを京都会議(COP3)の日本のコミットメントに関する日中JI/CDMに適用した。そこから、2008-2012年における日本の排出削減目標を達成するのに必要な両国の削減量、炭素税の水準、資金移転の額、経済成長・産業構造への影響等について、大体の目安が得られている。同じ枠組みは、中国全体を四川省とその他中国に分割する2地域モデルにも適用され、タイやインドネシアに規模的に近い四川省のケースが分析された(江崎光男)。

また、日本を対象とした動的市場均衡モデルを日本・中国地域モデルに拡張し、日本からの資金援助と中国の抑制のスワッピングを焦点とするシミュレーション分析を試みた。そして、CO₂排出量の日中間協調抑制によって両国に相当規模の経済的便益がもたらされる潜在的可能性があること、協調シナリオは日本の単独京都シナリオの達成と比較して10倍以上の経済的効率性が期待されることなどの試算結果が得られた(後藤則行)。

第3番目の、中国に焦点をあてた地域的特性の角度からの研究では、中国のマクロ経済、エネルギー、環境に関する計量経済的分析、省エネルギーと二酸化炭素を含む汚染物質削減の潜在力および限界コストの把握などを通じて、効果的なエネルギー対策と環境対策を検討するとともに、CDMの適用に関する実証分析も展開された。

まず、計量経済分析では、中国の2030年の経済、エネルギー、環境に関するシミュレーション分析を行い、未来30年において、中国は年率6%の経済成長が可能であること、エネルギー安全保障問題、大気汚染と酸性雨汚染問題および二酸化炭素排出問題が顕在化すること、省エネ対策、天然ガスと新エネルギーの利用促進による脱石炭化対策、石炭クリーン利用技術の普及対策、石油備蓄制度の創設、などが必要である、との結論を得た。次に、中国の経済発展と環境保全の現状と課題を検討したうえで、その未来像を展望した。さらに、従来日本から中国への一方通行の協力から、エネルギー安全保障問題、大気汚染と酸性雨汚染防止問題、二酸化炭素削減問題といった日中両国の共通課題の解決を目指す相互協力への転換が必要であり、そのための枠組みが提案された(李志東)。

(技術戦略グループ)

本グループでは、時間・空間のレベルに応じ3階層からの評価を行った。これらの基本的な前提条件については、できるだけ共通性が保たれるよう情報交換を行いつつ作業を進めた。

(1)超長期・グローバル視点からの評価において、地球温暖化統合評価モデル MARIA が本プロジェクトによって大幅な拡張を受け、Bern 炭素循環モデル、核燃料サイクルと水素合成技術評価などが加わることで、最新の気候研究グループとの整合性が高まった。また、世界エネルギーモデル Dynamic New Earth 21 (DNE21) を用いて2100年までを対象に、CO₂濃度抑制のための技術オプションの評価を行った。ここでは、炭素隔離技術や IGCC など対策技術の合理的な組み合わせによる大気中 CO₂ 濃度の 550ppm 以下への抑制を示した。これらにより、特に長期的視点におけるバイオマス利用技術と炭素隔離技術の寄与と経済影響の大きさが評価された。なお、MARIA モデルは IPCC-SRES 作業に世界 6 モデルの一つとして参加してベースとなるシナリオ策定に貢献した。また両者とも IPCC-TAR では世界 8 モデルの 2 つとして、大気濃度安定化評価作成作業に参加した。

(2)中期・地域視点からの評価において、日本を取り巻く東アジア、東南アジア地域におけるエネルギー需要の急速な増大に対応すべく、石炭、石油、天然ガス、電力のエネルギー

輸送インフラネットワーク評価モデルを構築し、その将来の理想的発展像を探索した。また、アジア地域のエネルギー資源と質の偏在性を考慮した中期モデル ELSA を開発し、この地域におけるエネルギー資源利用と環境政策の有無による変化、エネルギー輸送インフラの影響を見た。これらにより、アジア地域での天然ガスの需要増大とインフラの重要性の一方、なお石炭の中期的な重要性はかわらず、わが国のクリーンコール技術の寄与の大きさが浮き彫りとなった。また、アジア地域において、SO₂ 排出制約と CO₂ 排出削減を同時に行う場合と単独で行う場合を比較すると、中国、インドでは、同時抑制によって排出削減限界費用がいずれも単独削減の場合より低下するという、Win-win の状態が示された。これは CDM 受入国、提供国双方にとって導入のインセンティブを高めるケースである。これらの研究は、IPCC が今後の課題として残した研究分野であり、地球温暖化環境研究のひとつのフロンティアを示したものと考えられる。

(3)短期、個別技術評価の視点において、コジェネレーション、燃料電池、IGCC、天然ガス利用、バイオマス利用、宇宙太陽光発電(SPS)等の発電新技術を網羅的に調査し、そのコストと CO₂ 排出削減の可能性を体系的にまとめた。従来の温暖化対策研究では、これらの技術の導入条件については必ずしも十分な議論がなされていなかった。特に SPS では詳細なコスト検討を行った。エネルギー技術では、利用時の CO₂ 排出レベルだけでなく、製造時、廃棄時も重要である。LCA はその 1 アプローチであるが、システムの拡大導入時の動学的問題は従来扱われてこなかった。ここに対し新しい方法論が提案され、太陽光発電技術の急速な拡大が短期的には CO₂ 排出削減に貢献しないことが示された。また、今後も主役となると思われるインドにおける石炭利用技術に着目し、環境政策導入時にどのような石炭技術が導入されるか条件を探索した。

2.1 発表論文等の記載

(国際制度グループ)

(1)新澤秀則・西條辰義「京都メカニズムの意義と課題」

(財)地球産業文化研究所編著『地球環境 2000-01』ミオシン出版、2000 年。

排出権取引の意義を解説し、アメリカにおける排出権取引の成果を評価した上で、当時交渉中だった京都メカニズム運用ルールの主要論点について解説を行い、筆者らの見解を示した。

(2)Hizen, Y., and T. Saijo, "Designing GHG Emissions Trading Institutions in the Kyoto Protocol: An Experimental Approach,"

Environmental Modelling and Software 16(6), pp. 533-543, September 2001.

Hizen-Saijo (2002) に加えて、取引方法として、ダブル・オークションを用いた場合との比較実験である。相対取引と異なって、ダブル・オークションの場合には、取引情報がオークションを通じて自動的に公開されてしまう。この実験において、1.情報の公開・非公開にかかわらず、非常に高い効率性を観測した。2.限界削減費用はほとんどのセッションで時間を通じて均等化された。3.契約価格はほぼ競争均衡価格に収束した。相対取引との比較では、3.が異なっている。つまり、競争均衡価格での取引が望ましいとするならば、ダブル・オークションが相対取引よりも優れているといえよう。

(3)Imai, H. & H. Salonen "Two-sided Bargaining and Representative Nash solution"

Mathematical Social Sciences, 2000

交渉問題において、各国の意見対立が1次元で示される問題集合に限定される場合の交渉結果を、ゲームの完全均衡を用いて求めた。結果は、ナッシュ交渉解を、各グループの「代表」によって求めた結果と一致する。

(4) Akira Okada "The Efficiency Principle in Non-cooperative Coalitional Bargaining," Japanese Economic Review 51(1), 2000, 34-50.

グループ形成と交渉問題を、非協力ゲーム理論を用いて分析した。グループ形成に関して諸国間で利害対立が存在するとき、全員提携は必ずしも合意されないことが示される。次に、再交渉モデルを導入し、再交渉を許す場合、提携の逐次的な拡大によって効率的な合意は実現されることを証明した。また、再交渉の可能性を先読みすることにより、各国は最初に非効率な部分提携を提案する戦略的なインセンティブをもち、最終合意の公平性は阻害される可能性を示した。

(国際協力グループ)

(1) Goto, N., "Empirical examination of the relationship between carbon emissions and economic development," 社会科学紀要、第50号、東京大学大学院総合文化研究科、国際社会科学専攻、2001年3月、pp.111-148。

最近約20年間のデータの整理から、CO₂排出量に関する環境クズネッツ曲線を検証した。

(2) 李志東「中国の経済発展と環境保全」『環境経済・政策学会年報第6号 経済発展と環境保全』東洋経済新報社、2001年9月、pp.216-229。

中国の経済発展と環境保全の現状と課題を検討したうえで、その未来像を展望した。

(技術戦略グループ)

(1) S.Mori, "Effects of Carbon Emission Mitigation Options Under Carbon Concentration Stabilization Scenarios", Environment and Economics Policy Studies, Vol.3, No.2, PP.125/142, 2000

地球環境統合評価モデル MARIA を使い、IPCC の排出シナリオ SRES の A1、B1、B2 の 3 シナリオファミリーに整合するケース設定を行った後、大気中の炭素濃度を 450ppmv, 550ppmv, 650ppmv に安定化させる際の技術導入変化を見た。さらに、原子力不拡大下で炭素濃度を 550ppmv に安定化すると炭素隔離技術の導入量が大幅に増えること、GDP が BAU から最大 2.2%まで低下するが、バイオマス供給を増加させればこれは原子力拡大・安定化時の低下 1.4%まで回復させられることが示された。

(2) K.Yamaji, J.Fujino and K.Osada, "Global energy system to maintain atmospheric CO₂ concentration at 550ppm", Environment and Economics Policy Studies, Vol.3, No.2, PP.159/171, 2000

DNE-21 の改良地球環境評価モデル LDNE-21 により、IPCC-SRES の A1,A2,B1, B2 の 4 シナリオファミリーに対し統合的なパラメータ設定を行うとともに、大気中の炭素濃度を 550ppmv と安定化させた場合の技術戦略シナリオを導いた。このモデルからは、21 脊柱はなお化石燃料に依存するところが大きく、炭素濃度安定化の際は炭素隔離と海洋投棄の大幅な導入が必要であることを示した。また、経済的には、21 世紀半ばまで炭素濃度がやや上昇の後その後低下するという delayed action が導かれている。