

DBJ Research Center on Global Warming
Discussion Paper Series No.35 (3/2008)

地球温暖化と経済発展

内山 勝久

本論は、執筆者個人の暫定的な研究（内容、意見については執筆者個人に属するもの）であって、関心ある研究者との議論等のために作成されたものである。

地球温暖化と経済発展

内山勝久

2008年3月

1 はじめに

地球温暖化は、現在得られている科学的知見から総合的に判断すると、人類が化石燃料の大量消費を始めた18世紀半ばの産業革命期から徐々に進行しはじめたと考えられている。20世紀の終わり頃からは世界各地がさまざまな異常気象に見舞われるようになり、地球温暖化との関連が指摘されているところである。一般に環境問題は人類の経済活動と密接な関連を有しており、地球温暖化も主として化石燃料の大量消費に基づいているという点において例外ではない。われわれは地球温暖化という環境面での犠牲のもとで豊かな生活環境、すなわち経済発展を享受してきたのだといえよう。

環境問題と経済成長・発展の関係を考察したものとしては、ローマ・クラブの『成長の限界』(Meadows *et al.*, 1972) が有名である。これは「世界人口、工業化、汚染、食糧生産、および資源の使用の現在の成長率が不変のまま続くならば、来るべき100年以内に地球上の成長は限界点に到達するであろう」(訳書 p. 11) と結論しており、経済成長が天然資源と環境破壊問題に制約されることの重要性を指摘した。この結論を巡っては賛否さまざまな見解が提示されたが、総じて批判的な反応が多く見られた。しかし、環境問題と経済成長がトレード・オフの関係にあるという注意喚起を人類に対して行ったという功績は評価に値しよう。

成長の限界に代わって1980年代半ばに提起された概念が「持続可能な発展」である。この概念は環境問題と経済発展は両立するという考え方、すなわち、環境と発展をトレード・オフではなく共存し得るものとして捉え、環境保全を考慮した節度ある発展が重要であるという考え方に立つものである。そしてこれは現在の世界各国が環境政策を立案する上でよりどころとしている考え方となっている。

持続可能な発展の定義や意味内容は識者によってさまざまであるが、それらに関する議論は本章の射程を超えるので行わない¹。しかし、さまざまな解釈の中にも共通項として含まれるいくつかの要素を見出すことが可能である。それは効率性と公平性の概念である²³。とりわけ、「持続可能性」は世代間の分配問題の一側面として捉えることができるので、公平性の概念が重要な要素として扱われている⁴。

宇沢(1995)においては、「地球温暖化の現象は結局、化石燃料の大量消費と熱帯雨林の

¹ 持続可能な発展のさまざまな定義については、森田・川島(1993)を参照。

² 公平性については「公平性(equity)」と「公平性(fairness)」を区別して議論することも多い。本章では両者の概念を意識しつつも前者のニュアンスにややウェイトを持たせるため「公平性」と表現することにする。

³ 羅・植田(2002)では、持続可能性を効率性、公平性とは独立なものとして議論している。

⁴ 持続可能な発展に関してしばしば引用されるWCED(1987)の定義では、世代内公平性と世代間公平性の両立が強調されている。

破壊とを二つの軸として惹き起こされたものであって、20 世紀、とくに第二次世界大戦後の、経済発展のあり方に密接に関わるものである (p. 83)」と述べ、地球温暖化と経済成長・発展の問題を指摘している。また、将来についても「消費生活が自然環境と調和的に保たれ、再生不可能な資源の浪費を行うことなく経済発展をはかることが可能であろうか (p. 84)」という持続可能な発展に関わる問題提起を行っている。本章ではこの問題意識に則して、地球温暖化問題と経済成長・発展との関係を捉えてみたい⁵。

本章の構成は以下のとおりである。次節では持続可能性に関わる問題として、効率性と衡平性について地球温暖化問題の国際協調の枠組みと関連させて考察する。第3節では、持続可能な発展の可能性を模索するための一つの仮説として環境クズネツ曲線を取り上げ、既存の研究動向を紹介する。第4節では、環境クズネツ曲線から得られる地球温暖化問題への示唆を検討する。第5節は結語として、J.S. ミルの定常状態に言及する。

2 地球温暖化と効率性・衡平性

地球温暖化問題では、各国の温室効果ガス排出量も受ける被害の大きさもそれぞれ異なる。問題解決に向けては、各国が合意した国際協調のもとで取り組みを進める必要がある。地球温暖化問題に対応するための国際協調の主要な枠組みとしては、1992年の地球サミットで採択された気候変動枠組み条約や当該条約の下で1997年に採択された京都議定書がある。本節では、持続可能な発展を目指したこれらの枠組みにおいて効率性と衡平性がどのように扱われているのかを簡単に概観する。

2.1 効率性

効率性とは一言でいえば「設定された目標を最小費用で実現する」ということであり、これはすぐれて経済学的な概念である。効率性の追求には市場メカニズムを有効に機能させることが鍵となる。地球温暖化問題では加害者と被害者の区別が困難であるが、このような特徴を持つ環境問題では、政策として、従来の公害対策に見られた直接規制ではなく、税や排出権取引などの経済的手法が採用されるようになりつつある。この手法は、いわば、加害者兼被害者であるわれわれ人類の行動を、価格メカニズムを通じたインセンティブによって変化させ、より環境に配慮した持続可能な社会の構築を目指そうとするものである。

気候変動枠組み条約第3条は「原則」principles と題されており、その3項は「予防原則」と呼ばれている。条文においては、気候変動に対応するための政策や措置は最小の費用で最大の効果をもたらすよう費用対効果の観点にも考慮を払うように要求している。ただし、気候変動枠組み条約はあくまでも「枠組み」でしかなく、具体的な経済的手法は京都議定書に委ねられている。

京都議定書では経済的手法としていわゆる「京都メカニズム」が導入されている。制度の詳細については他の文献に譲るが、京都メカニズムは(1)排出量取引(第16条)、(2)共同

⁵ 一般的には「成長」が量的な概念であるのに対して「発展」は量的な概念と質的な概念の双方を含むものとして捉えられることが多い。しかし、経済の質的な側面を定義するのは困難を伴うことも多く、WCED (1987)の持続可能な発展の定義でも、「発展」については何も定義されていない。

実施（第6条、(3)クリーン開発メカニズム（第12条）から構成され、純便益の最大化を図る手段・手法として期待されている。京都メカニズムを見ると、これは主として静学的効率性、すなわち、任意のある一時点における排出削減費用最小化とその結果としての最適排出量を追求していると思われる。京都メカニズムが効果的に機能すれば、温室効果ガスに関し、家計や企業の限界排出削減費用を均等化させることが可能になり、効率的な削減が議定書附属書B国を中心に進む可能性がある。

このように京都メカニズムは静学的効率性が理論的根拠となっているが、効率性には動学的効率性の考え方もある。静学が任意の一時点での考察を行うのに対し、動学では時間軸を導入する。つまり、動学的効率性は、排出削減費用を異時点間にわたって最小化し、目標排出水準へ向けての最適な排出経路を求めるものと換言することができよう⁶。地球温暖化問題は超長期の問題であり、持続可能な発展を達成するための成長経路を追求するためには動学的効率性に対する考慮が重視される必要があると思われる。ところが京都メカニズムでは、議定書の約束期間がわずか5年間（2008～2012年）の時限的なものであることもあって、こうした考慮が明示的に行われているとは認識しがたく、効率性を損ねるおそれも懸念される。

2.2 世代内衡平性

持続可能な発展を議論する場合には、効率性も必要だが、衡平性への配慮が一層重要であると考えられる。

市場経済制度のもとでは分配も市場メカニズムによって決定されることになる。例えば所得分配を考えると、希少性がある市場評価が高い人の所得は高くなり、逆の人の所得は極端な場合ゼロになる。市場経済制度のもとではこれがごく自然の状態なのであって、政府あるいは第三者が強制的に何らかの形で所得分配を行おうとすると、市場メカニズムによる資源配分の効率性を損なうことになり望ましくないという結論になる。

環境問題を市場メカニズムによって解決しようとする場合、環境利用権のような財産権の私有制を前提とし、それを適切に割り当てるが必要になることがある。排出量取引制度はこうした仕組みを適用したものである。このような制度を前提とする市場メカニズムによって効率的な資源配分の達成が可能になっても、分配の衡平性の側面は無視されることになる。持続可能な発展は、環境問題に起因する便益や費用に関する世代間の分配問題として捉えられるが、このように市場メカニズムによる効率性の追求だけでは分配の衡平性までは期待することができないという弊害がある⁷。

衡平性には、例えば国家間の衡平性のような同世代内の衡平性と、将来世代と現在世代のような異世代間衡平性に分けて考えることができる。ここではまず世代内衡平性について考察する。

国家間の衡平性に関しては、地球温暖化問題の特徴として各国の排出量も受ける被害の

⁶ この場合、将来生じる便益や費用を現在価値に割り引く必要があるが、その際の割引率をどのように設定すべきかという問題がある。

⁷ もっとも、効率性を基準とした資源配分の是非の評価は、それ自体一つの価値判断に基づくものである。しかし現実には世界各国の所得分配が衡平性を欠くことが問題となっており、地球温暖化問題を議論する際にも、その点は看過できない。

大きさもそれぞれ異なることから、すべての関係国に対して衡平性に配慮した内容を持つ国際協調の制度的枠組みでなければ合意に達することは難しい。しかし、協調体制を遂行するような超国家的組織が欠如した現状においては、その制度的枠組みを構築することは困難を極める。現に気候変動枠組み条約の交渉段階から主として先進国と発展途上国の間で衡平性の観点に基づく対立が見られた。対立点はおおよそ次のようなものであった。

第1に、先進国の責任論である。先進国は、温暖化は地球全体の問題であり、温室効果ガスの排出量に応じて各国が共通の責任を負うべきだと主張する。一方、発展途上国の主張は、途上国にも「発展の権利」があること、および温暖化は先進国の経済発展のプロセスの中で引き起こされたものであって、対策の費用も先進国が負担すべきだとするものである。その結果、条約では第3条1項で「締約国は、衡平の原則に基づき、かつ、それぞれ共通に有しているが差異のある責任及び各国の能力に従い、人類の現在及び将来の世代のために気候系を保護すべきである。したがって、先進締約国は、率先して気候変動及びその悪影響に対処すべきである。」という、いわゆる「共通だが差異ある責任」原則がとられた。これにより先進国の責任と途上国の発展の機会や権利を損なわないような衡平性に関する配慮が国際協調の枠組みで行われた。

第2に、先進国と発展途上国の対応能力の差に起因する点である。具体的には排出目標の設定、あるいは全世界の排出量の配分に関わるものである。目標数値は各国の責任に関する指標ともなりうるので、上記の共通だが責任ある差異にも関係する。米国を除く先進国は目標設定に賛成したのに対して、米国は、目標値に科学的根拠がないことや対策費がかさむことを理由に、目標設定に難色を示した。途上国の主張は、汚染者は先進国であって途上国としては先進国の援助の範囲内で対策を実施するとするものである。条約では先進国に対して対策策定を要請し、その目標値は1990年レベルに戻すことで決着した(第4条2項他)。また、温暖化で被害を受けるのは主として途上国であることから⁸、その被害を負担する能力に関しても対立がある。

第3は、資金援助に関わる点である。温暖化対策費用を先進国と発展途上国でどのように分担すべきかという問題である。先進国は、汚染者負担原則を進めた形で、世界銀行を中心に設立された「地球環境ファシリティ」(Global Environment Facility: GEF)に基金を設置し、その基金で援助を実施するというを主張した。これに対し途上国の主張は、GEFはいわば先進国の代理組織なので、新組織の設置を要求するものであった。条約では、暫定的という限定付きでGEFを資金援助機関として位置づけることになった(第4条3項他)。資金援助に関しては直接的な負担が発生するので、先進国でも必ずしも積極的に取り組まれているわけでもない。このためこの問題は論点として残り、引き続き交渉が続いた。その後、COP7のマラケシュ合意により、GEF基金に加え、気候変動枠組み条約に基づく「特別気候変動基金」「後発発展途上国基金」、および京都議定書に基づく「適応基金」が設けられることになった。

このように、地球温暖化対策に関する国際協調を巡る交渉過程では、世代内衡平性、す

⁸ 小島嶼国は国土が水没するおそれが高く、最も重大な危機に瀕している。キリバス共和国やツバル共和国といった南太平洋の島嶼国は国土の最高地点が海拔5メートル以下しかない。いくつかの島は既に水没しており、対応能力にも乏しいため、国民は移住を迫られている。彼らは温暖化による過酷な被害者である。

なわち、各国の衡平性に関する考慮が不可欠であった。ただし、結果として発展途上国が京都議定書に参加しなかったことで、これを議定書の欠点と見る向きは多い。議定書に参加しない国は自国の経済成長への影響を懸念しているが、近い将来に途上国の排出量が先進国を超えるのは確実視されており、途上国の扱いが温暖化防止に向けた鍵となる。先進国が削減義務や資金負担で多くの責任を負うのは衡平性の観点から望ましいが、加えて2013年からのポスト京都議定書では途上国の参加を促す制度設計が強く望まれる。

2.3 世代間衡平性

地球温暖化問題は世代内衡平性の問題であると同時に、超長期にわたる世代間の分配問題として捉えることができる。市場経済制度のもとにおける現在世代の分配が衡平性を欠くものだとすると、世代間の連鎖を通じた将来世代の分配は不衡平の程度が拡大される傾向を持つ。したがって、世代間衡平性の議論は超長期的な問題である温暖化問題では不可避である。われわれ現在世代が享受しているのと同等の経済的繁栄を将来世代にも等しく約束しなければならないし、現在世代と同等の環境資源を将来世代にも等しく残さなければならない。その意味でこれは持続可能な発展の概念により直接的に結びつく。

また、世代間の問題の解決を困難にしているのには、次のような理由もある。すなわち、地球温暖化には過去および現在の経済活動が大きく影響しているが、加害者の一部を構成する過去世代は既に存在しないこと、一方、被害者となる将来世代は現存しないことである。標準的な経済学の議論では、外部不経済の解決や政策の規範的な根拠を求めるに当たって、公害問題のような分離可能な特定の加害者と被害者が同時に存在する局地的な汚染を想定しているように思える。地球温暖化問題は時間的・空間的に大きな広がりを見せる、人類がこれまでに経験したことのない問題であって、既存の経済学の分析枠組みでは十分に捉えきれない可能性もあり、これを適用することに対する疑問もある(鈴木・蓼沼, 2007)。その意味で世代間衡平性の問題はより本質的な問題であるといえる。

大気という社会的共通資本⁹は、現在世代のみならず、将来世代の人たちも等しく利用する権利がある。しかし、温暖化の被害をより深刻に受けるのは現在世代ではなく将来世代である。前述のように、京都議定書では世代内衡平性についてはある程度考慮されているが、世代間衡平性についてはほとんど検討されていないと思われる。世代内でも世代間でも共通することだが、衡平性の概念は価値判断を含む。われわれ現在世代および将来世代にとって何が衡平であるかは個人によって判断基準が異なるものであり、その意味で経済学的というよりはむしろ政治学あるいは社会学、倫理学、社会哲学的な要素を多分に含むものかもしれない。したがって、取り扱いが大変難しい概念であるともいえる。

Uzawa (2003) は、持続可能性を「社会の構成員がさまざまな種類の社会的共通資本の帰

⁹ 社会的共通資本とは、「一つの国ないし特定の地域がゆたかな経済生活を営み、すぐれた文化を展開し、人間的にも魅力ある社会を持続的・安定的に維持するような自然環境、社会的装置」であり、「市場経済制度が円滑に機能し、実質的所得分配が安定的となるような制度」を意味する。社会的共通資本の範疇には、自然資本(環境)のほか、社会的インフラストラクチャー(堤防・道路・港湾・文化施設など)、制度資本(医療、教育、司法、行政、金融制度や警察、消防など)が含まれる。社会的共通資本は公有・私有にかかわらず、「社会全体にとって共通の財産として、社会的な基準に従って管理・運営される」べきものである。地球の大気は自然資本の一つとして位置づけられる。宇沢(1994, 2000)を参照。

属価格を、時間を通じて一定に維持するように確保（ensure）すること」と定義している。そして、帰属価格により評価された炭素税の概念を導入することにより、世代間の衡平性と効率性に配慮した大気の安定化が図れるとしている¹⁰。

世代間の衡平性を議論しようとする場合に問題となる点は、第1に、割引率の問題である。温暖化対策の費用は短期的なもので主として現在世代が負担することになるのに対し、対策からもたらされる便益は長期的なもので将来世代が享受するものである。したがって、割引率が高ければ将来の便益は過小評価され、費用便益分析のもとでは対策がとられないということも起こりうる。

第2に、温暖化対策の意志決定をするのは現在世代であるが、衡平性の観点からは将来世代も意志決定に参加すべきである。しかし、そもそもこれは不可能である。意志決定に参加できない将来世代に代わって現在世代がその代理人を務める必要があるが、この場合衡平性が担保されるわけではない¹¹。

3 温暖化問題と経済発展の関係

将来の持続可能な発展を検討する上で、環境の質と経済発展の関係に関する過去の経緯や現在の状況を把握しておくことは重要なプロセスであると考えられる。一つの試みとして本節では「環境クズネツ曲線」仮説を取り上げ、経済理論的・実証的な研究動向をサーベイし、問題点を整理してみたい¹²。

3.1 環境クズネツ曲線とは

環境問題と経済発展の関係を考える際の一つの仮説として、環境経済学分野では「環境クズネツ曲線」（Environmental Kuznets Curve: EKC）仮説というものがある。これは観測事実から生み出された仮説である。ある一国について、量的な指標である1人あたり所得と質的な側面である環境汚染度合いとの関係を図示してみると逆U字型曲線を描くというものである。換言すると、経済発展の初期段階では環境負荷は増加するが、所得がある水準（転換点）を超えると、所得の増加に伴い環境負荷は低下すると主張する仮説である（図1）。サイモン・クズネツ（Simon Kuznets）は1人あたり国民所得と不平等度の関係を捉え、経済発展の初期段階では所得格差が拡大するが、ある段階を超えると縮小に転じるとする仮説を提示した（Kuznets, 1955）。これは「クズネツ曲線」として知られている。環境クズネツ曲線仮説はこの仮説のアナロジーである。持続可能な発展を考える上で、経済成長が環境に与える影響を理解することは近年ますます重要になってきている。環境クズネツ

¹⁰ ただし、宇沢（1995）は帰属価格の概念だけでは世代内衡平性の点からは満足しうるものではないとして、帰属価格の概念に適切な修正を加えることによって発展途上国にも配慮した「比例的炭素税」を提唱している。

¹¹ 一般的に将来世代の問題を考えるときにはその人口や固有の特性を所与のものとして考えることが多い。鈴木・蓼沼（2007）では、将来世代の人口や固有の特性が現在世代の意志決定行動に依存するものと考え、世代間の分配問題の考察が論理的困難に陥ることを指摘している。

¹² 本節の記述の多くは、内山（2007）に基づいている。

ツ曲線の考え方は持続可能な発展を追求する上でも一定の注目を集めるようになってきた。

<図1：環境クズネツ曲線（模式図）>

環境クズネツ曲線に関する経済学的な研究は、Grossman and Krueger (1991) や、世界銀行のレポート (World Bank, 1992) のバックグラウンド・ペーパーである Shafic and Bandyopadhyay (1992) を嚆矢とする。そして、その概念が広く知られるようになったのは、世界銀行によるところが大きい。これらの研究はいわば単純に経験則に基づいてデータを当てはめただけのものであるが、分析により環境クズネツ曲線の存在が明らかになると、それは持続可能な発展の実現可能性を示唆する一つの有力な証左と考えられるようになった。また、長期的な環境変化の予測と予防的な政策的対応にも貢献するものと期待されはじめた。環境クズネツ曲線に関する研究においては、専門学術誌における特集号もあり、多くの研究者の関心を集めていることを裏付けている¹³。

環境クズネツ曲線は模式的には図1のようになるが、経済の発展段階に応じて描ける図は当然ながら逆U字曲線の一部になる。具体的な国としてスウェーデン、日本、韓国、中国を取り上げて検討してみる。図2は各国の1人あたり実質GDPと1人あたり二酸化炭素排出量をプロットしたものである。発展途上国である中国は総じて右上がりになっている。アジア通貨危機の頃に右下がりの傾向も示したが、最近では再度右上がりに転じており、GDPあたりの二酸化炭素排出量増加のペースも速まっている。韓国はOECD加盟国であるという点では先進国と見なせるかもしれないが、気候変動枠組み条約上は非附属書I国に分類されるため、ここでは発展途上国として位置づけて考えたい。図を見るとそれを裏付けるかのように、一貫して右上がりの曲線を描いている段階にある。中国と同様にアジア通貨危機の頃を境に水準の低下が見られたが、最近でも引き続き右肩上がりとなっており、転換点には達していない。一方、先進国であり環境に対する意識が高いとされる北欧に位置するスウェーデンは、右上がりの時期の後、転換点を迎えて、現在は右下がりの段階にあるように見える。所得の増加につれて二酸化炭素排出量が減少しており、環境クズネツ曲線が成立しているように見える。日本も同じ先進国であるが、スウェーデンとは異なる様相を示している。高度成長の時期は所得の増加に伴い二酸化炭素排出量は増加した。2つの石油危機を経て省エネ等が進んだためか、所得の増加に伴い排出量は減少するようになった、すなわち転換点を迎え環境クズネツ曲線が成立していたかのように見えた。しかしバブル期以降は再び排出量が増加するようになり、発展途上国のような様相を示しながら現在に至っている。逆U字曲線ではなくN字曲線を描いているように見えるのが特徴的である。

<図2：各国の環境クズネツ曲線>

3.2 先行研究(1)：理論的研究

¹³ 学術誌の特集号としては、*Environment and Development Economics*, Vol. 2, Part 4, 1997年, *Ecological Economics*, Vol. 25, No. 2, 1998年, がある。また、環境クズネツ曲線に関する包括的なサーベイ論文としては、Stern (1998, 2004), Panayotou (2000), Dasgupta *et al.* (2002), Dinda (2004) などがある。

環境クズネツ曲線概念が広く知られるようになって以降、実証面での研究が盛んに行われるようになった。さまざまな環境問題に関して各種の汚染指標に基づきながら、その存在の検証が行われた。その意味で、環境クズネツ曲線は、いわば「定型化された事実」であるといえる。一方、当初は環境クズネツ曲線に関する理論的研究は存在しなかったが、それが理論的にも起こりうるということを説明する必要性も高まり、定型化された事実を整合的に説明するような理論面での研究が1990年代半ば以降多くなされるようになった。

多くの理論モデルがあるが、しばしば学術誌で引用される代表的なものには、John and Pecchenino (1994) および Selden and Song (1995)、Stokey (1998) のモデルがある。これらはいずれも時間軸を考慮した動学的なモデルであり、一国の経済発展のプロセスにおける環境質の変化を描写しようとしている。

これらのモデルでは次のような点が特徴的である。第1に、資本蓄積が少ない発展の初期段階では汚染削減支出を行わなかったりクリーンな技術を導入したりしない状態（コーナ一解の状態）にあるが、資本蓄積に伴いこれらの汚染削減活動を導入するような移行（内点解への移行）が生じ、その結果逆U字型の関係がもたらされる可能性を示している点である。第2に、逆U字型の関係がもたらされないのは、経済がコーナ一解の状態にあるケースであるが、汚染削減支出やクリーンな技術の導入は汚染物質ごとに収益性に差があると考えられ、コーナ一解からの離脱をもたらす所得水準は汚染物質ごとに異なる可能性があるという点である。これは、汚染物質によっては環境クズネツ曲線が存在しないとする実証分析結果の理論的な解釈となり得る可能性がある（柳瀬, 2002）。

環境クズネツ曲線の理論的導出は、上記のようにさまざまなものが試みられているが、対象となっている汚染指標の経路は各種の仮定やパラメータの値に依存しているものが多い。なぜ逆U字型になるのか、すなわち、なぜパラメータの値が変化してコーナ一解から内点解への移行が生じるのかについてはいくつかの説明がなされている。代表的なものをまとめると、(1)生産や消費の構成が変化すること、(2)環境に対する選好が強まること、(3)外部不経済を内部化するような制度の導入、(4)汚染削減活動における規模に関する収穫逓増の効果、というものである（Andreoni and Levinson, 2001）。

3.3 先行研究(2)：実証的研究

環境クズネツ曲線については、これまでに実証分析に関する多くの研究が行われてきた。これはもともとこの分野の研究が実証分析から始まったこと、環境クズネツ曲線が素朴な概念であって解明されていない点が多く不完全であるがゆえに研究者の関心を引いていること、などの理由によるものと考えられる¹⁴。豊富な研究蓄積のすべてを網羅することは困難であるので、以下では代表的な研究のいくつかを取り上げて紹介したい。

Grossman and Krueger (1991) の先駆的な研究以来、実証研究においては、1人あたり所得水準の2次式によって1人あたり汚染水準を説明しようとするものが一般的となっている。標準的な回帰式は次のようなものである。

¹⁴ 3.4節で言及するように環境クズネツ曲線に関しては多くの問題点が指摘されている。

$$\left(\frac{E}{P}\right)_{it} = \alpha_i + \gamma_t + \beta_1 \left(\frac{GDP}{P}\right)_{it} + \beta_2 \left(\frac{GDP}{P}\right)_{it}^2 + u_{it} \quad (1)$$

ここで、 E は環境汚染の指標、 P は人口である。また、添字 i は国や地域、 t は時間である。 α_i は個別国や地域に特有の観察不可能な効果（ただし時点を通じて一定）であり、例えば、所得の高い国は寒冷地に位置する場合が多いなどの要因をコントロールするためのものである。 γ_t は観察不可能な時点特有の効果（ただし個別国や地域間で共通）を表している。例えば、全世界共通に影響を及ぼすような石油価格、技術変化、景気変動、環境政策や環境水準等の要因をコントロールするためのものである¹⁵。

環境クズネッツ曲線が実証的に成立するとされる条件は、 $\beta_1 > 0$ 、 $\beta_2 < 0$ で統計的に有意であって、汚染水準が低下に転じる「転換点」(turning point)が常識的に考えて納得できる水準にあるというものである(Selden and Song, 1994)。(1)式の場合、転換点を示す1人あたり所得水準は $(-\beta_1 / (2\beta_2))$ で与えられる。そして、実証分析上の最大の関心は転換点の水準がどのくらいであるかということにある。

実証分析においては、対象となる環境指標として、大気の質、水質、廃棄物、都市衛生、エネルギー利用等が多い。とりわけ二酸化硫黄(SO₂)、窒素酸化物(NO_x)、一酸化炭素(CO)、粒子状浮遊物質(SPM)、二酸化炭素(CO₂)といった大気質に関する研究が中心になっている。

大気質に関しては、汚染物質は大きく2種類に分類される。人間の健康に直接的な被害や影響を及ぼすものと、直接的には影響がないものである。

前者のタイプには二酸化硫黄、窒素酸化物、粒子状浮遊物質、一酸化炭素などが含まれる。こうした汚染物質はまた、汚染エリアがローカルであって、比較的短時間のうちに分解されるという意味でフローの汚染物質であり、さらに、既に何らかの規制が導入されているという特徴を持つ。こうした汚染物質に関しては多くの研究成果が蓄積されており、環境クズネッツ曲線の成立を支持する結論を得ているものが多い。しかし、汚染物質ごとに環境改善が開始する転換点の水準がどの程度であるかについては一致した見解や合意は見られない。

一方、後者のタイプには二酸化炭素をはじめとする地球規模での汚染物質の多くが分類される。これらの汚染物質は分解するのに長期間を要し、ストックの量が汚染の程度に大きな影響を持つ。さらに、規制が導入されていないか、導入後間もないという特徴も併せ持つ。これらの汚染物質に関しては前者ほどの研究蓄積はなく、環境クズネッツ曲線は単調増加するという場合と成立するという場合が並存しており、成立の是非については現状では明確な結論が得られていない。また、成立が確認される場合にも転換点は20,000米ドルを超える水準であることが多く、前者の汚染物質に比べて高い水準になっている。

したがって、二酸化炭素に関しては環境クズネッツ曲線の存在については議論の余地がまだ残されていると見てもよいだろう。二酸化炭素に関する代表的な実証分析については次のようなものがあり、表1のようにまとめられる。

¹⁵ 実際の分析では(1)式を対数線形や半対数線形にしたモデルもある。また、所得だけでなく追加的な説明変数を伴った研究も存在する。

<表1：環境クズネツ曲線（二酸化炭素）に関する実証研究>

表1から既存の研究については次のような特徴が読み取れる¹⁶。利用しているデータ・ソースについてはほとんどの研究において共通しており、二酸化炭素に関してはOak Ridge National Laboratoryあるいは国際エネルギー機関（IEA）、所得に関してはPenn World Table、世界銀行のWorld Development IndicatorあるいはOECDのデータとなっている。二酸化炭素データに関しては長期にわたって利用可能なデータに乏しいことから、多くの研究者がこれら特定のデータ・ソースに依存している。

推定期間および分析国数に関しては、説明変数が所得のみによる研究では1950年あるいは1960年から最近時点までの比較的長い期間となっていること、加えて、分析対象国数も100カ国を超えるような大きなデータセットを構築し、分析している点が特徴的である。一方、分析対象国数が小さい研究は、変数データの利用可能性に制約を受けていると考えられる。例えば、説明変数として所得のほかに貿易指標やエネルギー関連指標などを取り入れて分析している研究（Agras and Chapman, 1999; Cole, 2003; Richmond and Kaufmann, 2006）では、所得以外のデータの利用可能性に制約を受けている。なお、速水（2000）は、1995年一時点のみのクロス・カントリー分析である。

分析の結論である曲線の形状と転換点の水準については、次のような特徴が観察される。推定期間の終期が1990年前後までの分析では、単調増加あるいは逆U字型曲線であっても転換点が極端に高く、実質的に単調増加であると結論する研究が比較的多い。他方、推定期間の終期が1995年以降までとなっている分析では逆U字型曲線の成立を確認し、転換点の水準も概ね1万5,000米ドルから3万米ドル近くとなっている研究が多くなっている。比較的最近時点のデータを利用すれば環境クズネツ曲線が成立する傾向にある。

また、個別の国について環境クズネツ曲線の成立が確認されたとしても、世界全体では成立しないと結論する研究や、全サンプルとサブサンプル（例えば先進国のみのサンプルや途上国のみのサンプルなど）とでは異なる推定結果になると結論する分析も存在する。

3.4 環境クズネツ曲線の問題点

環境クズネツ曲線に関しては、理論的にも実証的にも多くの研究成果が蓄積されているが、その一方で、多くの批判的検討も行われてきた。こうした側面は、これが非常にナイーブな仮説であることを物語っている。そこで以下では、環境クズネツ曲線の概念的・理論的側面および実証的側面に対する批判や問題点を簡単に整理してみたい。

3.4.1 概念的・理論的側面

環境クズネツ曲線仮説を素直に理解するならば、要点は次のようにまとめられよう。第1に、発展の初期段階においては、環境と経済成長はトレード・オフの関係にあるので、成長のためには多少の環境汚染はやむを得ない。しかし、その結果として不可逆的な環境破壊を生じさせる可能性がある。第2に、汚染の増加によって環境は相対的に希少な資源となり、その価値は上昇する。また、成長に伴う資本蓄積もあって、適切な汚染防止対策が

¹⁶ 表1に記載の個別研究の詳細については、内山（2007）を参照。

とられるようになることから、成長と環境保全の両立がはかれるようになる、というものである。

果たしてこのような理解でよいのであろうか。批判的検討の契機となった Arrow *et al.* (1995) は、「いくつかの環境指標で経済成長と環境改善が関連づけられたとしても、一般に環境改善を誘発するためには経済成長だけで十分であるということではなく、経済成長による環境への影響を無視してよいということでもない」と述べている。経済成長のみに依存すべきでないのは当然であって、何らかの環境質改善策が不可欠であるのはいうまでもなからう。彼らはこれに加えていくつかの問題点の指摘を行っている。また、この論文の主張を踏まえた上で、他の論文においてもさまざまな問題点が指摘されている。

Arrow *et al.* (1995) をはじめ、その後のいくつかの論文で指摘されている批判や問題点はおおよそ次のようにまとめられよう。

第1に、環境と経済の相互依存関係が考慮されていない点である。現状の実証研究の動向では、所得が外生変数として仮定されており、これが一方的に環境に影響を与えるとされている。しかし現実には、環境から経済への逆方向の経路も考えられる。例えば、環境破壊が成長を抑制する方向に働くという場合である。このように、環境と経済の双方向への影響を考える必要がある。

第2に、代替的な汚染物質の排出や他国での排出が考慮されていないことである。通常は環境規制の導入や技術進歩により汚染水準の低下がもたらされるだろう。しかし場合によっては汚染物質の削減によって、その物質と代替的な他の汚染物質の排出をもたらす可能性もある。また、ある国での汚染物質の排出規制強化は、規制の緩い他国での排出を増加させる可能性もある。このように他の問題を誘発することによって、全体で見れば何ら改善していない、あるいは持続可能になっていない場合が想定される。

第3に、貿易の影響が考慮されていないことである。労働や天然資源が相対的に豊富な発展途上国が、人的資源が豊富な先進国よりも汚染を伴う生産に比較優位を持つ。貿易が比較優位に基づいて行われるとするならば、所得が低く汚染に対する選好があまり強くない発展途上国は汚染集約的な産業に特化し、排出を増加させることになるだろう。また、先進国における環境規制の高まりは、より規制が緩い国や地域への汚染集約的な産業の移転を伴う¹⁷。しかし既存の研究ではこのような影響（あるいはリーケージの影響）を分析しているものは少ない。

第4に、世界各国の所得分布の相違が考慮されていないことである。世界の所得分布は一樣ではなく、人口の大部分は所得の低い発展途上国に属している。したがって、環境クズネッツ曲線の存在が確認されたとしても、曲線の右上がりの部分に位置する彼らが成長を続けるならば、今後相当の長期間にわたって、世界全体で見た汚染水準は悪化し続けるものと予想される。

3.4.2 実証的側面

一方、実証分析における問題点としては次のようなものが指摘されている。大きな問題

¹⁷ こうした汚染集約的な産業の移転は、より低所得国へと向かうことになる。最後に汚染移転を受けた国は、経済成長を実現できたとしても、それ以上汚染を移転させようとする国が既に存在しないので、環境改善を達成することは不可能かもしれない。

はモデルの定式化に関するものである¹⁸。現状のところ理論モデルにしたがった実証分析はなく、標準的な手法となっているのは初期の頃から現在に至るまで(1)式のような所得の多項式というごく簡単な式で回帰する方法である。このため、推定されたパラメータの値に対する経済学的な解釈をすることはできず、理論と実証との間にギャップが生じている。こうしたモデルによる推定がやむを得ないと考えられているのは、主として環境指標データの利用可能性やデータの質の問題が大きいと思われる。

また、多くの実証研究は、すべての国が同様の軌跡を持つことを想定しており、個別国ごとの推定はあまり行われていない。しかし、容易に想像がつくように、実際には自然条件や社会状況など経済発展を規定する各種の条件は国ごとに異なる。また、発展途上国では後発の利益により、曲線が左下にシフトしている可能性も考えられる。このため主流となっている分析手法に対する疑問もある (Dijkgraaf and Vollebergh, 2005)。

定式化に関しては、変数欠落のバイアス (omitted variable bias) の問題も指摘されている。所得の多項式による推定が行われた場合にも、所得以外に環境指標に影響を与えると考えられる変数、例えば貿易の影響やエネルギー価格の影響などが欠落しているのではないかという問題である¹⁹。

以上のように、これまで報告されてきた多くの推定結果にはいくつかの問題が残されている。しかしながら、こうした点を改善しようとする場合にも、環境に関する利用可能なデータが質的にも量的にもきわめて不十分であるという現状を踏まえると、困難や限界に直面せざるを得ない。したがって、現状の研究動向を踏まえると、環境問題、特に地球温暖化問題に関しては、温暖化の緩和と経済成長の両立を図ること、持続可能な発展を求めることは、必ずしも容易なことではない。

4 環境クズネツ曲線からの示唆

前節では環境と経済成長は両立するのか、それともトレード・オフの関係にあるのかという観点から、一つの方法として環境クズネツ曲線について概観した。環境クズネツ曲線を巡っては数多くの問題点が指摘されている。しかしながら、逆 U 字曲線は観察された事実でもある。したがって、環境クズネツ曲線の意義は、環境と経済成長がトレード・オフであるという容易に受容できそうな観念に再考を求める点であろう。

特に地球温暖化問題 (二酸化炭素排出) に関しては、環境クズネツ曲線は単調増加になり環境と経済成長は両立しないとの印象が強い。しかし最近の研究に基づけば逆 U 字曲線に成りうることが示されており、環境と経済成長の両立に道筋を与えている。

¹⁸ 他の大きな問題としては、推定における技術的な問題 (同時性, 不均一分散, 定常性等) が挙げられるが、本稿では割愛する。内山 (2007) はこれらの技術的問題への対応を試みている。

¹⁹ 説明変数に貿易の影響を加えたものとして, Suri and Chapman (1998), Cole (2003, 2004) がある。エネルギー消費構造の影響を考慮したものとして Richmond and Kaufmann (2006) がある。また、気温などの自然要因を考慮したものとして Neumayer (2002) がある。Agras and Chapman (1999) では、所得以外の説明変数をサーバイしている。しかし、結局のところ所得の説明力が一番高いと述べている。

そうかといって、経済成長が地球温暖化問題の有効な解決策であると考えるのは拙速すぎるし誤った理解であろう。世界の大多数の国が発展途上国であることを踏まえると、地球規模で見た場合、当面の間は二酸化炭素の排出量が増加することになる。したがって、何らかの手段により転換点を低下させ、環境と経済成長が両立する状態に早期に移行する必要がある。京都議定書では衡平性の観点から途上国の参加が見送られたが、このような発展途上国による排出増加を踏まえると何らかの対応が必要となろう。

内山（2007）では2003年までのデータを利用して環境クズネツ曲線の推定を行っており、1997年の京都議定書採択以降の動向も検討している。これによると、転換点は京都議定書の義務を負っている附属書II国（先進国グループ）では、1997年以降の転換点は上昇傾向にある。したがって、京都議定書は2003年までに限れば有効に機能していない可能性が示唆されるが、議定書の効果に関するより確かな検証には2004年以降のデータが必要かもしれない。その結果現在も議定書が有効に機能していないということであれば、2013年以降のポスト京都議定書の枠組みの役割はきわめて重要となろう。また、義務を負っていない非附属書I国（発展途上国グループ）では転換点は低下傾向で推移している。排出削減に向けた各種の対策において後発の利益を享受している可能性がある。

より一層の転換点水準の低下を図るためにはいかにすればよいだろうか。中期的に見て重要であり、また短期的にも比較的即効性のある対策として、技術移転・援助を挙げることができよう。ただし、発展途上国側における技術受け入れ基盤の整備が欠かせない。削減に有効な技術は社会的便益が大きいかかわらず、研究開発には多大なコストを伴うため、企業レベルでは採算に合わない可能性もある。また、2006年に開催されたCOP12・COP/MOP2で議論されたように、技術に関する知的財産権を巡る問題が生じており解決される必要がある。こうした点を踏まえると、技術開発・移転に関しては国家あるいは国際的な枠組みでの取り組みが必要になる可能性もある。宇沢（1995）が衡平性の観点を踏まえて提唱する比例的炭素税と大気安定化国際基金は、発展途上国の参加が前提となるため実現には時間を要すると思われるものの、その活用は技術開発・移転の促進を図るための一つの方法として検討できよう。

5 結びにかえて—J. S. ミルの定常状態に向けて

温室効果ガスに限らず、あらゆる汚染物質について、環境と経済が両立する経済社会への移行が求められていることについては改めて強調するまでもない。J. S. ミルは、1848年の著書Principles of Political Economyの中で定常状態（stationary state）について次のように述べている²⁰。

It is scarcely necessary to remark that a stationary condition of capital and population implies no stationary state of human improvement. There would be as much scope as ever for all kinds of mental culture, and moral and social progress; as much room for improving the Art of Living,

²⁰ Book IV; “Influence of the Progress of Society on Production and Distribution”における、Chapter VI; “Of the Stationary State”を参照。

and much more likelihood of its being improved, when minds ceased to be engrossed by the art of getting on.

このように、ミルの定常状態とは、物理的な資本ストックと人口の増加がゼロであるのに、精神的・文化的活動、道徳的・社会的改善が継続的になされる状態である。環境や生態系も継続的に改善することになる。物理的な成長は停止し、生産や消費などのマクロ経済的な変数は時間を通じて一定水準に保たれることになるが、質的な改善は継続している。そして、生産は資本ストックなどの交換のためにのみ行われることになる。その文脈からすると、これは安定的な社会の様相であって、単なるゼロ成長とは意味合いが大きく異なるものである。

ミルはこの定常状態および質的な発展を古典派経済学の本質であると捉え、社会的に望ましい状態として高く評価していたと思われる。自然環境を社会的共通資本として考える立場からは、こうした点は注目に値しよう。一方、現代の主流である新古典派経済学は、主として量的な成長に焦点を当てるものであり、生産物やそれを生み出すための生産要素（労働や資本ストックなど）の時間を通じた最適な資源配分の問題として考えている。その結果として、定常状態（steady state）の成長率がどの程度であるかといった議論が行われており、ミルとは対照的である。

第1節の脚注5で見たとおり、一般的な「発展」の概念には量的な成長の側面と質的な発展の側面が含まれる。しかしミルにしたがうならば、環境と経済が両立する持続可能な発展とは、成長なき発展、つまり量的増加を伴わず、一定規模の経済社会における質的な改善を意味するのかもしれない。こうした点の考察は今後の課題である。

参考文献

- Agras, J. and D. Chapman (1999), "A Dynamic Approach to the Environmental Kuznets Curve Hypothesis," *Ecological Economics*, 28, pp. 267–277.
- Andreoni, J. and A. Levinson (2001), "The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve," *Journal of Public Economics*, 80, pp. 269–286.
- Arrow, K., B. Bolin, R. Costanza, P. Dasgupta, C. Folke, C. S. Holling, B. -O. Jansson, S. Levin, K. -G. Mäler, C. Perrings and D. Pimentel (1995), "Economic Growth, Carrying Capacity and the Environment," *Science*, 268, pp. 520–521. (Reprinted in *Ecological Economics*, 15, pp. 91–95, and in *Ecological Applications*, 6, pp. 13–15.)
- Cole, M. A. (2003), "Development, Trade, and the Environment: How Robust is the Environmental Kuznets Curve?" *Environment and Development Economics*, 8, pp. 557–580.
- Cole, M. A., A. J. Rayner and J. M. Bates (1997), "The Environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis," *Environment and Development Economics*, 2, pp. 401–416.
- Dasgupta, S., B. Laplante, H. Wang and D. Wheeler (2002), "Confronting the Environmental Kuznets Curve," *Journal of Economic Perspectives*, 16, pp. 147–168.
- Dijkgraaf, E. and H. R. J. Vollebergh (2005), "A Test for Parameter Homogeneity in CO₂ Panel EKC Estimations," *Environmental and Resource Economics*, 32, pp. 229–239.

- Dinda, S. (2004), "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey," *Ecological Economics*, 49, pp. 431–455.
- Forster, B. A. (1973), "Optimal Capital Accumulation in a Polluted Environment," *Southern Economic Journal*, 39, pp. 544–547.
- Galeotti, M., A. Lanza and F. Pauli (2006), "Reassessing the Environmental Kuznets Curve for CO₂ Emissions: A Robustness Exercise," *Ecological Economics*, 57, pp. 152–163.
- Grossman, G. M. and A. B. Krueger (1991), "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement," NBER Working Paper, No. 3914, NBER.
- Holtz-Eakin, D. and T. M. Selden (1995), "Stoking the Fires? CO₂ Emissions and Economic Growth," *Journal of Public Economics*, 57, pp. 85–101.
- John, A. and R. Pecchenino (1994), "An Overlapping Generations Model of Growth and the Environment," *Economic Journal*, 104, pp. 1393–1410.
- Kuznets, S. (1955), "Economic Growth and Income Inequality," *American Economic Review*, 45, pp. 1–28.
- Meadows, D. H., D. L. Meadows, J. Randers and W. Behrens (1972), *The Limits to Growth*, Universe Books.
(大来佐武郎監訳 (1972), 『成長の限界—ローマ・クラブ「人類の危機」レポート』ダイヤモンド社。)
- Panayotou, T. (2000), "Economic Growth and the Environment," CID Working Paper No. 56.
- Richmond, A. K. and R. K. Kaufmann (2006), "Is There a Turning Point in the Relationship between Income and Energy Use and/or Carbon Emissions?" *Ecological Economics*, 56, pp. 176–189.
- Schmalensee, R., T. M. Stoker and R. A. Judson (1998), "World Carbon Dioxide Emissions: 1950–2050," *Review of Economics and Statistics*, 80, pp. 15–27.
- Selden, T. M. and D. Song (1994), "Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?" *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, pp. 147–162.
- Selden, T. M. and D. Song (1995), "Neoclassical Growth, the J Curve for Abatement, and the Inverted U Curve for Pollution," *Journal of Environmental Economics and Management*, 29, pp. 162–168.
- Shafik, N. and S. Bandyopadhyay (1992), "Economic Growth and Environmental Quality: Time Series and Crosscountry Evidence," World Bank Policy Research Working Paper, WPS 904.
- Shafik, N. (1994), "Economic Development and Environmental Quality: An Econometric Analysis," *Oxford Economic Papers*, 46, pp. 757–773.
- Stern, D. I. (1998), "Progress on the Environmental Kuznets Curve?" *Environment and Development Economics*, 3, pp. 173–196.
- Stern, D. I. (2004), "The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve," *World Development*, 32, pp.1419–1439.
- Stokey, N. L. (1998), "Are There Limits to Growth?" *International Economic Review*, 39, pp. 1–31.
- Suri, V. and D. Chapman (1998), "Economic Growth, Trade and Energy: Implications for the Environmental Kuznets Curve," *Ecological Economics*, 25, pp. 195–208.
- Uzawa, H. (2003), *Economic Theory and Global Warming*, Cambridge University Press.
- World Bank (1992), *World Development Report 1992: Development and the Environment*, Oxford University Press.
- World Commission on Environment and Development (1987), *Our Common Future*, Oxford University Press. (大来佐武郎監修・環境庁国際環境問題研究会訳 (1987), 『地球の未来を守るた

めに』福武書店.)

- 赤尾健一 (2002), 「持続可能な発展と環境クズネッツ曲線」中村慎一郎編『廃棄物経済学をめざして』, pp. 52-79, 早稲田大学出版部.
- 宇沢弘文 (1994), 「社会的共通資本の概念」宇沢弘文・茂木愛一郎編『社会的共通資本—コモンズと都市—』, pp. 15-45, 東京大学出版会.
- 宇沢弘文 (1995), 『地球温暖化の経済学』岩波書店.
- 宇沢弘文 (2000), 『社会的共通資本』岩波書店.
- 内山勝久 (2007), 「二酸化炭素排出と環境クズネッツ曲線—ダイナミック・パネルデータ推定による検証—」『経済経営研究』第 27 卷, 第 3 号, 日本政策投資銀行.
- 鈴木興太郎・蓼沼宏一 (2007), 「地球温暖化抑制政策の規範的基礎」清野一治・新保一成編『地球環境保護への制度設計』, pp. 197-228, 東京大学出版会.
- 羅星仁・植田和弘 (2002), 「気候変動問題と持続可能な発展: 効率性, 衡平性, 持続可能性」細江守紀・藤田敏之編『環境経済学のフロンティア』, pp. 20-55, 勁草書房.
- 速水佑次郎 (2000), 『新版開発経済学—諸国民の貧困と富』創文社.
- 森田恒幸・川島康子 (1993), 「「持続可能な発展論」の現状と課題」『三田学会雑誌』第 85 卷, 第 4 号, pp. 4-33, 慶應義塾経済学会.
- 矢口優・園部哲史 (2007), 「経済発展と環境問題—環境クズネッツ・カーブ仮説の再検討—」清野一治・新保一成編『地球環境保護への制度設計』, pp. 55-86, 東京大学出版会.
- 柳瀬明彦 (2002), 『環境問題と経済成長理論』三菱経済研究所.

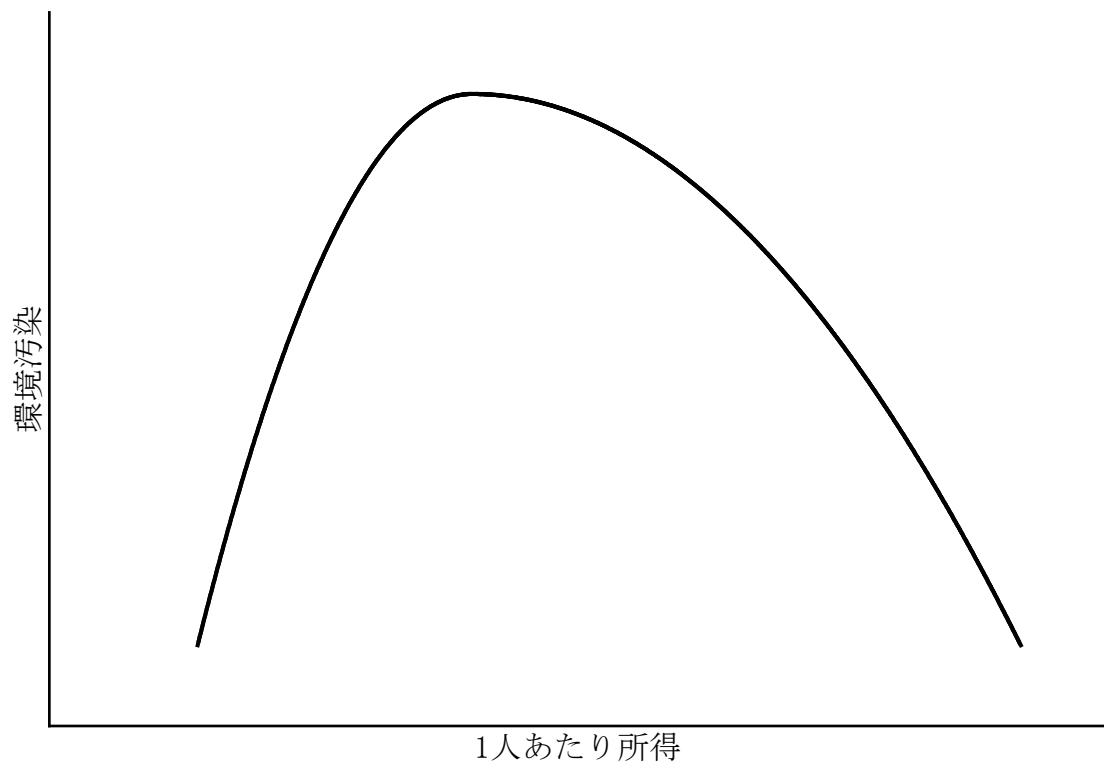
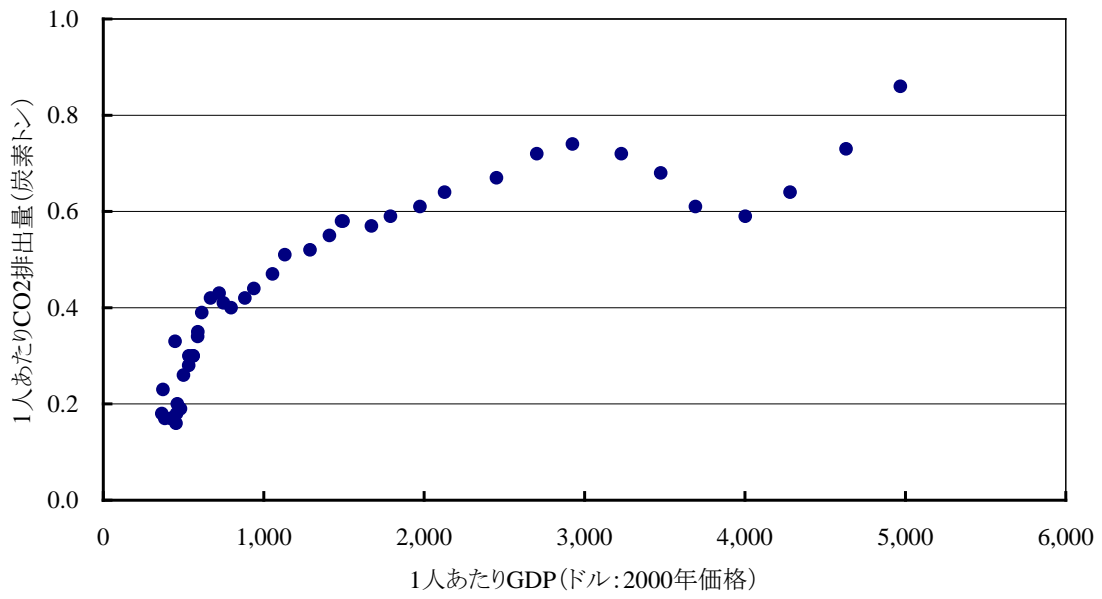
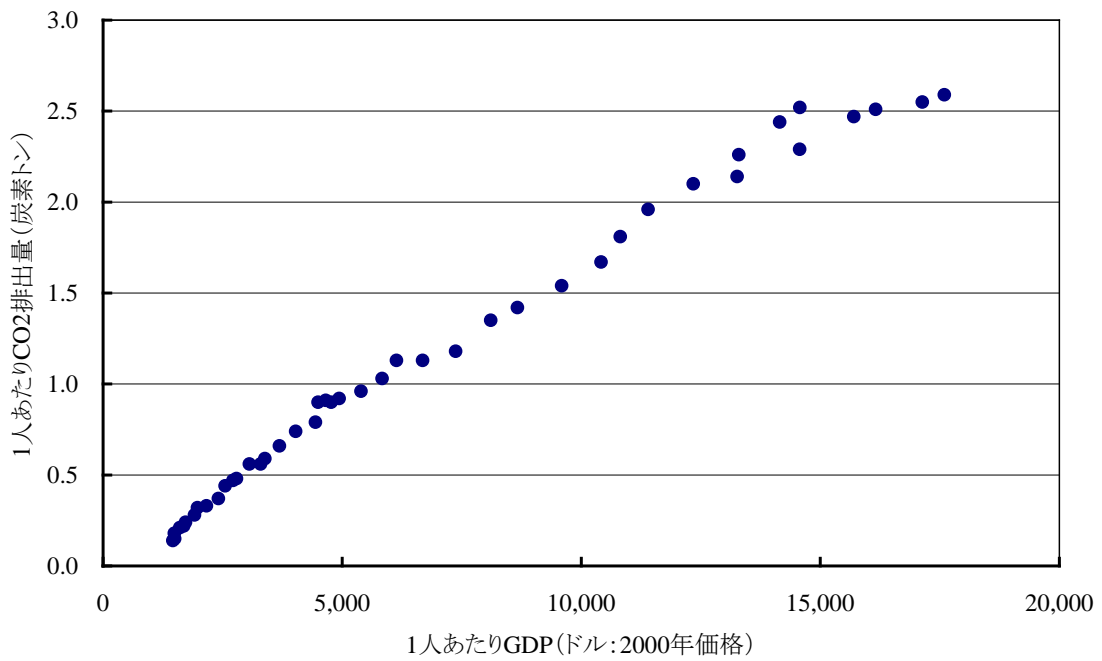


図1 環境クズネツ曲線 (模式図)

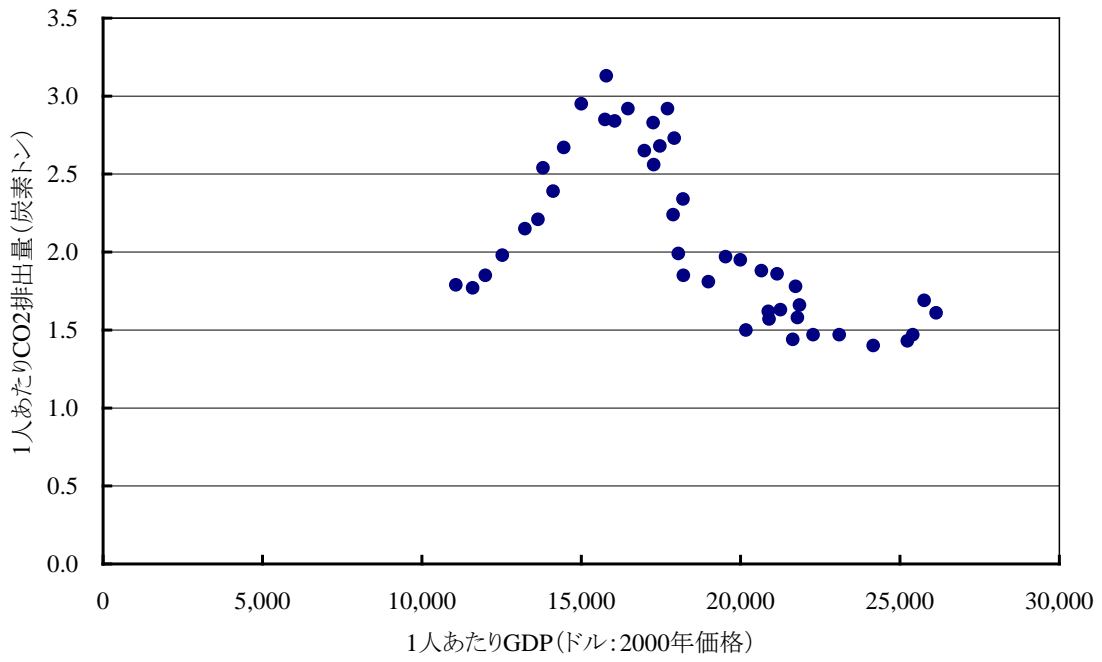


(a) 中国

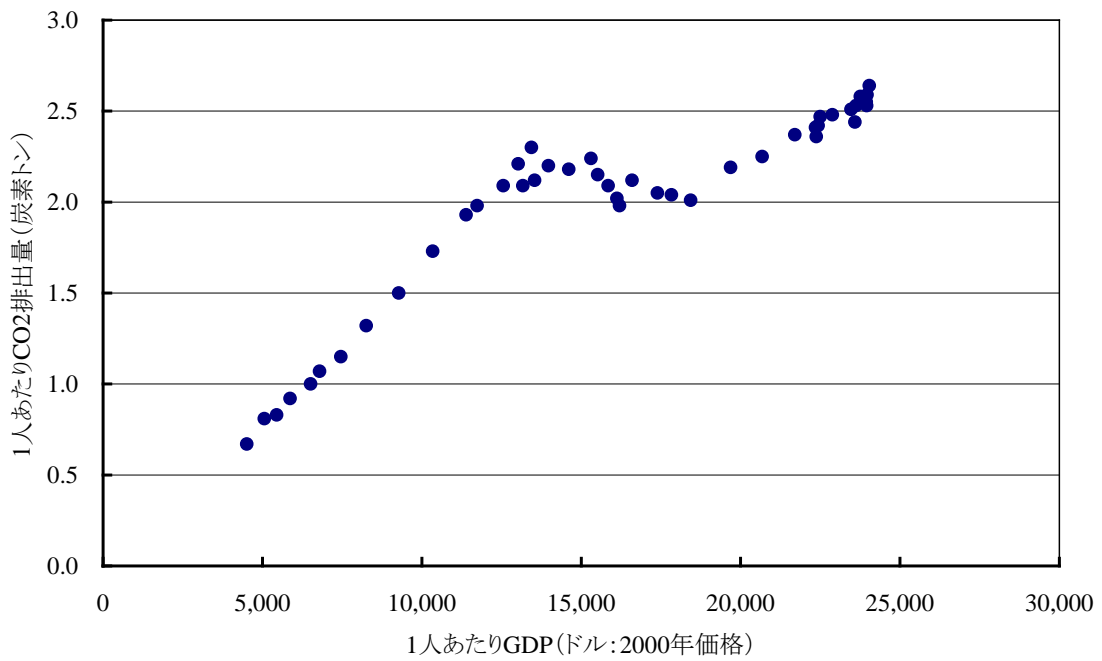


(b) 韓国

図 2-1 各国の環境クズネッツ曲線 (発展途上国)



(c) スウェーデン



(d) 日本

図 2-2 各国の環境クズネッツ曲線 (先進国)

表1 環境クズネツ曲線(二酸化炭素)に関する代表的実証研究

	データ	推定期間	分析国数	曲線の形状	転換点
Shafik (1994)	ORNL PWT	1960—89	153	単調増加	—
Holtz-Eakin and Selden (1995)	ORNL PWT	1951—86	130	(逆U字型)* ¹	35,428—800万 (1985USドル)
Cole <i>et al.</i> (1997)	ORNL PWT	1960—91	7地域	(逆U字型)* ¹	25,100—62,700 (1985USドル)
Schmalensee <i>et al.</i> (1998)	ORNL PWT	1950—90	141	逆U字型	N.A. (1985USドル)
Agras and Chapman (1999)	ORNL PWT, UN	1971—89	34	逆U字型	13,630 (1985USドル)
Galeotti and Lanza (1999)	IEA OECD	1971—96	110	逆U字型	15,073—16,646 (1990USドル)
速水 (2000)	WDI	1995	25	逆U字型	9,258—9,601 (1995USドル)
Neumayer (2002)	ORNL PWT	1960—88	106	(逆U字型)* ¹	N.A. (1985USドル)
Cole (2003)	ORNL PWT	1975—95	32	逆U字型	20,352—56,696 (1985USドル)
Dijkgraaf and Vollebergh (2005)	OECD	1960—97	24	(逆U字型)* ²	20,647 (1990USドル)
Richmond and Kaufmann (2006)	IEA PWT	1973—97	36	逆U字型	29,687 (1996USドル)
Galeotti <i>et al.</i> (2006)	IEA, ORNL OECD, WDI	1960—97	N.A.	逆U字型	15,600—21,186 (1990USドル)
内山 (2007)	ORNL PWT	1960—2003	124	逆U字型	25,115 (2000USドル)

(注1) 転換点が大きいため、実質的には単調増加と結論している。

(注2) 各国共通のパラメータをもつ環境クズネツ曲線は成立しないと結論している。

(備考) ORNL: Oak Ridge National Laboratory, PWT: Penn World Table, WDI: World Development Indicator.

Galeotti *et al.*の転換点は、OECD諸国と非OECD諸国のサンプルによる推定結果を合わせたものである。

その他の研究の転換点は全世界(全サンプル)ベースである。

(出所) 内山(2007)に加筆・修正。