

H-062 制度と技術が連携した持続可能な発展シナリオの設計と到達度の評価に関する研究
 (1) 理論経済学と実験経済学の相互フィードバックによる環境保全制度設計の検討

大阪大学社会経済研究所

西條辰義

〈研究協力者〉 広島市立大学国際学部
 日本学術振興会

沈俊毅
 赤井研樹

平成18～20年度合計予算額 60,690千円
 (うち、平成20年度予算額 21,000千円
 ※上記の合計予算額は間接経費12,359千円を含む

[要旨] 本研究では技術や地域の特性を反映させた地球環境保全制度の設計を検討する。このために、省エネと環境保護が国策となった中国において最も都市化が著しい上海を対象として、どのような技術をどのような制度で普及させるのが持続可能な発展において望ましいのかを検証する。初年度では、中国における経済成長と環境問題、そして国際貿易と環境問題の関係について実証的に分析し、これと同時並行で、中国人の公共財投資に対する選択行動および上海においてどのような社会的・経済的特性を持つ市民が環境への関心度が高いのかを経済実験とアンケート調査を行い、計量モデルを用いて分析した。また、上海において、中国政府が2005年3月に開始した家電製品（エアコンと冷蔵庫）のエネルギー効率ラベル制度に関して、消費者の意識の調査を行った。二年度目は、中国と日本における太陽光発電装置・太陽熱温水器（屋根設置型省エネ機器）の選択調査実験を行い、チョイスモデルを用いて分析した。さらに、工学研究科と共同で、上海における業務部門の省エネルギーへの取り組みに関するアンケート調査を行った。最終年度では、次世代型省エネ給湯器に着目して前年度の太陽熱温水器とそれ以外の省エネ給湯器に対する日中での選択調査実験を行い、チョイスモデルを用いて分析した。以上の分析から、中国人はお金に敏感でコストパフォーマンスに優れるものならば貪欲に導入する経済合理性が日本人よりも強いことがわかった。中国での持続可能な発展のためには、コストパフォーマンスに優れた省エネ技術として太陽熱温水器などの省エネ機器の普及や、コストが高い技術については補助金やFITなどのコストを減らす制度補助によって省エネ技術普及を促進可能であると考えられる。

[キーワード] 省エネ、太陽熱温水器、太陽光発電、補助金、FIT

1. はじめに

2005年の12月に、中国政府は初めて「省エネルギー」と「環境保護」を国策とした第11次5カ年計画（2006年から2010年まで）を正式に発表した。具体的には、循環経済を進展させ、生態環境を保護し、省エネと環境にやさしい循環型社会を作ることを加速し、経済成長と人口、資源、環境との調和・促進を目指している。これを受けて、中国政府は経済発展戦略を従来の高度成長の追求から、全面的な調和と持続可能な発展への転換を図り始めた。また、中国政府は、エネルギーや環境などの、市場メカニズムだけに頼ると達成が困難で、過去に成功しなかった分野におい

ては、拘束性の数字目標を設定し、精力的に取り組んでいる。

こうした背景を踏まえて、中国に適した環境保全制度の設計が現在必要とされている。しかし、従来の環境問題などを解決するための制度は技術や地域の人々の特性を考慮していなかった。そこで、本サブテーマの研究では、初年度において、まず中国のエネルギー・環境問題の現状と将来展望を調査し、エネルギー政策の現状と課題、また中国において期待される国際協力などを分析した。次に、中国の著しい経済発展とその背後の環境問題の関係を明らかにするため、中国の省レベルのパネルデータを用いて、経済成長・国際貿易と環境問題の相互作用を分析した。さらに、中国において最も都市化が進んでいる上海において、上海交通大学の学部生を対象とした公共財供給実験と上海市民を対象としたアンケート調査を行い、中国人の自然環境を守るための投資などを含む公共財供給の選択行動と上海における環境への関心に関する社会的・経済的決定要素を明らかにした。二年度目において、初年度から引き続き、まず中国のエネルギーラベル制度が消費者の電気商品の購買行動へ及ぼす影響を分析した。そして、技術と制度の連携の具体像を明らかにすることで、太陽光発電・太陽熱温水器の制度が技術の普及に与える影響について、日本（大阪）と中国（上海）での比較を選択実験法調査によって行った。最後に、中国において最も経済規模が大きく、周辺地域への影響が最も高い上海では、業務部門を対象とした省エネルギーへの取り組みに関する調査を行い、業務部門の省エネルギーの取り組みとエネルギー消費の相互関係を明らかにした。最終年度では、次世代型省エネ給湯器に着目して前年度の太陽熱温水器とそれ以外の省エネ給湯器に対する日中での選択調査実験を行い、チョイスモデルを用いて分析し、日本人はイメージを重視し、中国人はコストパフォーマンスを重視して省エネ機器を選択することを発見した。

2. 研究目的

平成18～20年度に行われた研究を通じて、本サブテーマでは、中国のエネルギー・環境問題の現状・将来課題、中国の経済成長・国際貿易と環境問題の関係、また中国人の環境保全に対する関心度および態度、中国のエネルギーラベル制度の効果、日本と中国の消費者が太陽光発電装置・太陽熱温水器という屋根型省エネ機器を選択する際の選好、及び上海における業務部門の省エネルギーへの取り組みを知った上で、工学研究科側が抽出した重要技術の情報をもとに、平成20年度に、経済実験・アンケート・歴史分析・法体系調査を行い、環境保全性・経済効率性・公平性・技術普及を考慮した制度を試案する。さらに、これらの情報を工学研究科側にもフィードバックして、工学研究科側では、提示された制度で持続可能な社会が成可能かどうかを評価する指標体系を検討する。そして、その指標体系で制度を再評価する。

こうした研究を活用することで、具体的には国際的な温暖化防止制度の枠組みの中で日本が得意とする技術開発の特性を考慮し、その国際的普及を促進可能とすることが期待される。また、上述のような持続可能社会達成へ向けたシナリオやそれに寄与するための技術開発に対するロードマップの策定において、その達成のための制度のあり方を提言可能とすることが期待される。さらに、国や地域が異なる場合の経済的・環境的影響を比較し、より望ましい制度を提示可能とすることが期待される。

3. 研究方法

これらの目標に向け、次の方法で研究を実施した。まず、初年度では、中国における経済成長と環境問題、そして国際貿易と環境問題の関係について実証的に分析した。これと同時並行で、中国人の公共財投資に対する選択行動および上海においてどのような社会的・経済的特性を持つ市民が環境への関心度が高いのかを調べるために、経済実験とアンケート調査を行い、計量モデルを用いて分析した。また、上海において、中国政府が2005年3月に開始した家電製品（エアコンと冷蔵庫）のエネルギー効率ラベル制度に関して、消費者の意識の調査を行った。

次に、二年度目において、初年度の研究成果を広げるために、上海交通大学へ出張し、上海でどのような制度ならば現地で受け入れられるのか、どのような技術普及が可能なのか、そして初年度の研究結果に解釈できなかった部分について現地の研究者と意見交換を行った。これと同時並行で、技術と制度の連携の具体像を明らかにするため、工学研究科と連携して、中国と日本における太陽光発電装置・太陽熱温水器（屋根設置型省エネ機器）の選択調査実験を行い、チョイスモデルを用いて分析した。さらに、工学研究科と共同で、上海における業務部門の省エネルギーへの取り組みに関するアンケート調査もを行い、工学研究科が中心となる上海業務部門のエネルギー消費の分析以外に、業務部門の省エネルギーへの取り組みとエネルギー消費の相互関係についての分析も行った。最終年度では、次世代型省エネ給湯器に着目して前年度の太陽熱温水器とそれ以外の省エネ給湯器に対する日中での選択調査実験を行い、チョイスモデルを用いて分析した。

4. 結果・考察

(1) 中国における経済成長と環境問題の関係に関する実証分析

本分析は中国において経済成長と環境の相互作用を分析した。環境と経済成長の関係について、

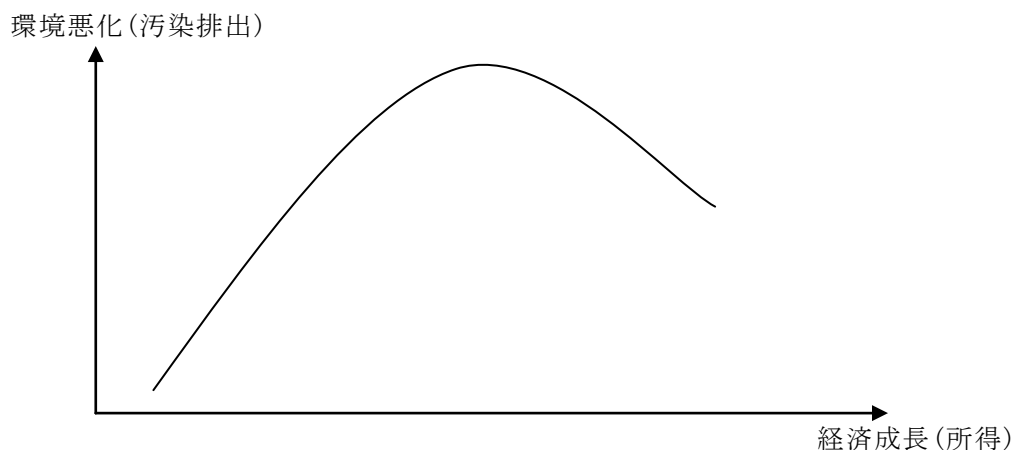


図1 環境クズネッツ曲線

図1に描かれている環境クズネッツ曲線(Environmental Kuznets Curve : EKC)の分析の先行研究は非常に多くあった(Grossman and Krueger, 1995¹⁾; Selden and Song, 1994²⁾; Hilton and Levinson, 1998³⁾, etc.)。これらの研究では、「経済成長あるいは所得水準の増大に伴い、汚染物質の排出量は、はじめの内は増加していくが、十分な所得水準に至るとその関係は逆転し、

経済成長に伴って汚染物質の排出は減少していく」という結論を得た。

経済成長と環境問題の分野での多くの理論研究は、汚染排出量と所得は同時に決定されると仮定をおいている。しかし、これまでの環境クズネツ曲線に関する多くの実証研究では、この仮定は考慮されていない。これらの研究は、汚染排出など環境への負荷を表す変数を被説明変数とし、GDPあるいは一人当たりGDPを説明変数とする回帰分析を行い、汚染排出が経済成長あるいは所得に与える影響が考慮されていない。すなわち、一本の多項式での回帰分析は、汚染排出などの環境への負荷が経済成長に影響を及ぼさないことを前提としている。しかし、実際には、環境の質の悪化は経済成長に影響を及ぼすかもしれない。例えば、汚染などによる環境の質の悪化は、人々の健康に影響を与え、労働者の労働日数を減少させるかもしれない。労働日数が減少することは、生産投入量が減少し、経済成長に負の影響を及ぼしている可能性が存在することを意味する。このように、経済成長と環境の質は同時に決定される可能性がある。従って、もし経済成長と汚染排出との同時性が存在するのであれば、一本の多項式での回帰分析は統計的に問題があり、同時方程式モデル (Simultaneous Equations Model : SEM) の推定が必要になる。

この場合、環境クズネツ曲線を検証する難しいところは二つあると考えられる。一つ目は同時方程式モデルの特定化が困難であるということである。二つ目は同時方程式の推定に必要なデータを集めるのが困難であると考えられる。

本分析では、まず同時方程式モデルを以下の式のように構築し、そして構築された同時方程式モデルで環境クズネツ曲線の検証を行った。

用いられたデータは中国31省の1993年から2002年までの省レベルのパネルデータである。また、二つの大気汚染物質 (二酸化硫黄、降下ばいじん) と三つの水汚染物質 (化学的酸素要求量、ヒ素、カドミウム) が選ばれ、異なる汚染物質と所得との関係の違いが比較可能になる。

所得と汚染の同時性が存在しているか否かを検証するHausman検定の結果により、中国の場合に所得と汚染物質の排出が同時に決定されることが分かった。二段階最小二乗法 (Two Stage Least Squares : 2SLS) での同時方程式モデルの推定結果から見ると、環境クズネツ曲線は中国の水汚染物質のみに存在している。

一方、すべての汚染物質のケースでは、汚染物質の排出は所得に負の影響を及ぼす。これは汚染物質の排出が経済成長の妨げを意味している。最後に、政府の汚染防止への投資が汚染物質排出の減少に正の効果を与えるものと推定された。これは中国政府が環境政策または経済政策を制定する際の重要なインプリケーションであると考えられる。

(2) 中国における国際貿易と環境の関係に関する実証分析

近年、国際的に貿易と環境の関係を巡る議論が活発化している。特に、貿易の自由化により、先進国から発展途上国へ汚染集約的産業が移転されるかどうかについての議論が重要な争点となっている。国際貿易が環境に与える影響に関して主に二つの仮説がある。一つ目のPollution haven hypothesisでは、貿易の自由化は先進国から発展途上国へ「汚染産業」の移転を引き起こすとしている。発展途上国にとって、経済成長は重要な政策課題であるので、途上国政府は、海外直接投資 (FDI : Foreign Direct Investment) を通じて汚染集約的産業を自国に引き付けるために、あるいは、国内汚染集約的産業の競争力を上昇させるために、環境政策を重要視しない。すなわち、この仮説によると、発展途上国では、貿易の自由化は環境に外部効果を与える産業に比較優

位を与えるとしている。一方、二つ目のFactor endowment hypothesisでは、ほとんどの汚染集約的財は資本集約的であるので、相対的に資本の多い国は汚染集約財を輸出しているとしている。言い換えれば、この仮説によると、資本集約的国家は、十分な資本を有していない国家と比較すると、より「汚染されている」と言える。

上述の二つの仮説を検証したこれまでの先行研究のうち、特にAntweiler, Copeland and Taylor(2001)⁴⁾は国際貿易の自由化の環境に与える影響が規模効果(scale effect)、技術効果(technique effect)と合成効果(composition effect)に分けられると主張してきた。ここでいう規模効果とは、貿易の自由化により、マーケットへのアクセスが増加することで、経済規模が増大することを意味する。他の事情を一定とすると、規模効果は、環境を悪化させる可能性がある。技術効果とは、貿易の自由化により生産技術が変化することを意味する。貿易拡大と経済成長により所得が上昇すれば、環境規制に対する需要が増加する。規制が厳重になればなるほど、企業は、より「クリーンな」生産プロセスへ移行させるインセンティブを持つようになる。それゆえに、技術効果は環境に正の外部効果を与え得ると言える。合成効果とは、貿易の自由化に伴い、それぞれの国家が比較優位を有する産業に特化し、経済の構造が変化するであろうということを意味する。それゆえに、合成効果による環境への影響は、それぞれの国家の比較優位の決定要素に依存すると言える。

もし、国家の比較優位の決定要素が資本、労働、汚染であるならば、Pollution haven hypothesisあるいはFactor endowment hypothesisが支持されるかどうかについて、実証的に検証することが可能である。環境規制が国際平均的水準より低い国家は、汚染集約的産業に比較優位を有する。従って、環境規制効果は、環境規制の水準によって決定される合成効果を見ることと同じである。また、一人当たりの所得と環境規制の間の相関は高いので、環境規制効果はPollution haven hypothesisを意味する。一方、資本労働効果は、Factor endowment hypothesisを意味する。所得が高い国ほど資本が豊富であり、資本集約的産業のほとんどは汚染集約的産業であることはよく知られている。従って、貿易自由化の中では、資本集約的な先進国は汚染集約的産業に特化し、一方、途上国は相対的にクリーンな労働集約的産業に特化する。すなわち、資本労働効果は、資本労働比率によって決定される合成効果を見ることと同じであると言える。これら2つの効果（環境規制効果と資本労働効果）は、環境への影響に対照的な役割を果たしていることに注意されたい。

本分析は中国31省の1993年から2002年までの省レベルのパネルデータを用いて、Antweilerら(2001)⁴⁾のモデルを以下の式のように少し修正した上で、まず上述の三つの効果が中国の場合にあるか否かを検証した。そして、国際貿易の環境への合成効果が確認された原因は、中国における各地域の資本・労働の違いにあるか(factor endowment仮説の検証)、それとも環境規制の違いにあるか(pollution heaven仮説)を検証した。

実証分析の結果から以下のような結論が得られた。第1に、大気汚染物質（二酸化硫黄と降下ばいじん）については、規模効果が技術効果よりも影響力が大きく、一方、水質汚染物質（化学的酸素要求量、ヒ素、カドミウム）については、技術効果が規模効果よりも影響力が大きいことが明らかとなった。第2に、全ての汚染物質について、合成効果は排出量に対して正で有意であり、これは理論と整合的な結果が得られた。第3に、Factor endowment hypothesisはカドミウムを除く全ての汚染物質について本分析の実証結果から支持され、一方、Pollution haven hypothesisは本分析の推定結果からは支持されなかった。さらに、国内に対する省の相対的一人当たり所得

の結果から、より高い所得の省は、排出量を少なくする傾向にあることが判明した。第4に、規模と技術効果、合成効果、貿易のintensityの弾力性から、二酸化硫黄と降下ばいじんについては、貿易の拡大は、中国の環境破壊を引き起こし、一方で化学的酸素要求量、ヒ素、カドミウムについては、貿易が環境にとって良いということが示された。この結果は、貿易の自由化が中国の環境に利益と損失の両方を与えることを支持するものである。従って、もし中国が長期的に持続可能な成長を遂げたいのであれば、これらの利益と損失のバランスをいかにしてとるかが中国の政策決定者にとって早急に解決すべき最重要課題と言えるであろう。

(3) 上海における公共財供給の実験：日中比較研究

本分析は上海交通大学で行われた経済実験を通じて、中国人が自発的寄付メカニズムの下に自然環境を守るための投資などを含む公共財をどのように供給するか、そして中国人と日本人との公共財供給に対する選択行動にどのような違いがあるかを分析した。

従来の自発的寄付メカニズムにおける公共財供給の実験では、全く寄付をしないのがベストというフリー・ライディングの場合よりも、かなりの寄付額が観察されている。これらの実験の対比として、すべての初期保有を寄付することが一回限り及び繰り返しゲームにおいても支配戦略となっているような実験をデザインした。すなわち公共財の限界収益が1以上の場合である。その結果を比較対照するために、これまでの実験のデザインに従って限界収益が1以下の実験も行った。

図2と図3は実験結果のグラフである。横軸は実験の各回を表しており、縦軸は投資比率を表している。Chinese low returnとJapanese low returnのグラフの実験における支配戦略は全く投資しないである。これに対して、Chinese high returnとJapanese high returnのグラフにおける支配戦略は全て投資するである。このグラフからも見て取れるように、どちらの実験でも、中国人と日本人の投資量には統計的に有意な差があった。これについて以下で詳しく説明する。

本研究の第一の発見は、中国人の(限界収益が1以下の場合における)初期保有を寄付しないという支配戦略と観測された寄付額の差が日本人の差より統計的に大きい。これは公共財を自発的に供給する場合に、中国人が日本人より協力していることを示唆する。

第二の発見は、中国人の(限界収益が1以上の場合における)初期保有をすべて寄付するという支配戦略と観測された寄付額との差が日本人の差より統計的に小さい。これは中国人が日本人よりスパイトフルな行動(西條・中村の1995年の定義: Saijo and Nakamura, 1995⁵⁾)をあまりしないことを表す。

第三に、中国人の(限界収益が1以上の場合における)初期保有をすべて寄付するという支配戦略と観測された寄付額の差と(限界収益が1以下の場合における)フリー・ライディングと観測された寄付額の差とを比べると、前者が後者よりも小さいという観測結果を得た。これは公共財を提供する際に、中国人の協力的な動機がスパイトフルな動機より強いことを意味する。

これに対して、日本人の場合には、(限界収益が1以上の場合における)初期保有をすべて寄付するという支配戦略と観測された寄付額の差が(限界収益が1以下の場合における)フリー・ライディングと観測された寄付額の差より大きいので、スパイトフルな動機が協力的な動機より強いことを示唆する。

第四に、Random Effects Tobitモデルを用いて中国人の選択行動の分析結果から、協利行動をとった中国人は、他の被験者が協利してくれる限り協利することがわかった。

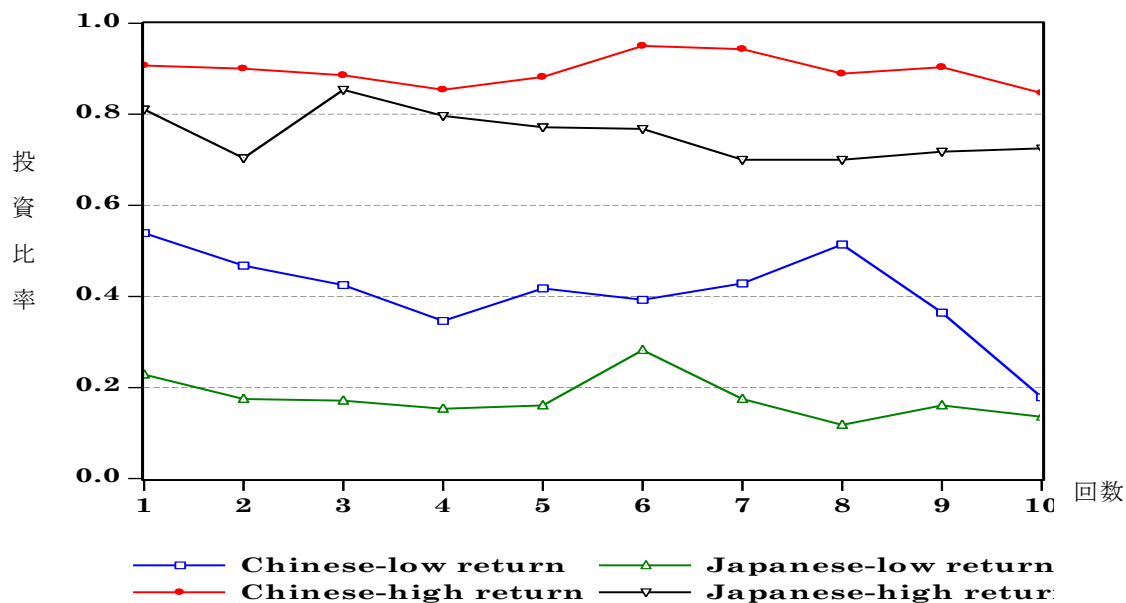


図2 中国人と日本人の投資量の違い（限界収益>1の次に限界収益<1を実施した）

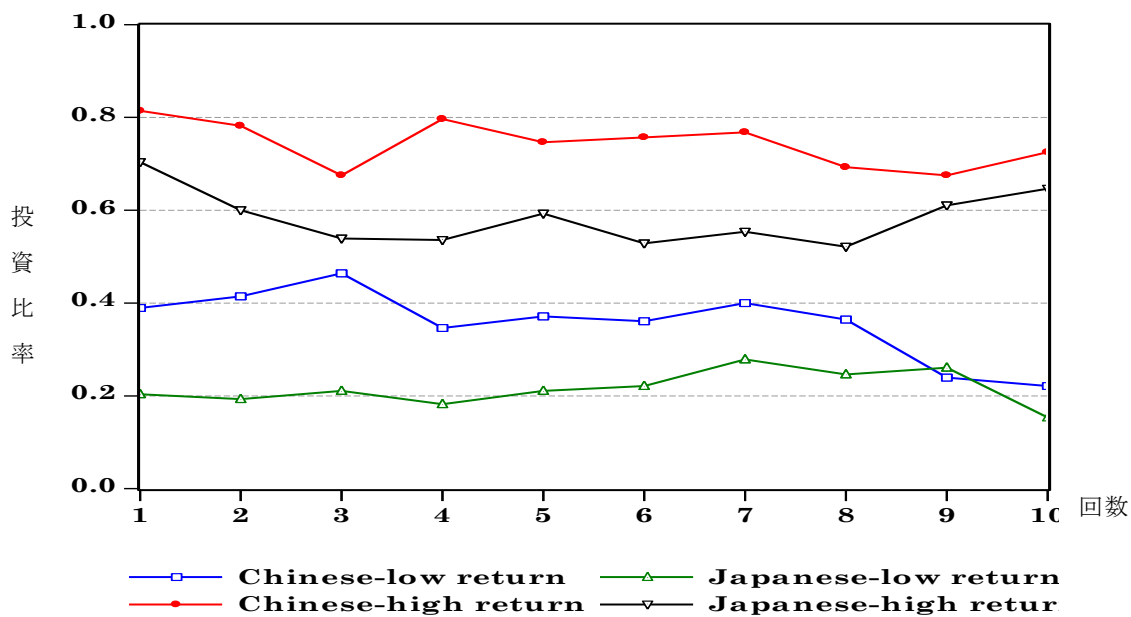


図3 中国人と日本人の投資量の違い（限界収益<1の次に限界収益>1を実施した）

(4) 個人の環境への関心に対する社会的・経済的決定要素の実証分析

本分析は上海でのアンケート調査(街頭調査600サンプルとインターネット調査600サンプル)を通じて、上海市民の環境への関心に対して、どのような社会的・経済的要素が決定的であるかを分析した。

先行研究(Van Liere and Dunlap, 1980⁶⁾; Fransson and Gärling, 1999⁷⁾)では、この問題に関して、五つの仮説(年齢、性別、社会階層、居住地、政治意向)が挙げられている。サンプルの

特性と中国の政治制度の為、本分析はOrdered Probit Modelを用いて、年齢仮説、性別仮説、社会階層仮説を検証する。用いられる環境への関心の指標は自然環境全体への関心や、色々な具体的な環境問題（例えば、地球温暖化問題、越境汚染・酸性雨などの問題、大気・水・土壌などの環境汚染、都市におけるエネルギーの問題、ごみの再資源化や減量化、適正処理などのごみ問題、緑地や生態系などの自然環境、生活騒音や悪臭など身近な生活環境の問題など）への関心や環境配慮行動などを含む物差しである。

本分析の第一の結果は、高収入または高学歴に関してすべての指標に有意かつ正の効果が得られたので、社会階層仮説を支持する。

第二の結果は、五つの指標に対して、年配の人は若い人より環境への関心度が高いと示したため、年齢仮説（若い人は年配の人より環境への関心が高い）は支持されない。また、ほかの四つの指標に年齢効果は年齢仮説と一致することが推定された。これらの結果は年齢効果が環境への関心の指標に強く依存すると示唆する。

第三に、性別が環境への関心度に与える効果に関して、五つの指標において、男性は女性より関心度が高いと推定された。最後に、ほかの考えられる二つの社会経済的属性（家族人数と就職状態）はほとんどの指標に影響を与えていない。

（5）中国のエネルギーラベルが消費者の購買行動に与える影響に関する分析

電気商品のエネルギーラベルに対して、一般消費者が持つ選好を探るために、中国のエネルギーラベルを用いて、上海における家電商品の購買行動の調査を行った。

中国エネルギーラベリング制度（2005年3月から実施）では、市場で販売されるエアコン・冷蔵庫はエネルギー効率で五つのランクに分けられており、最低ランク（ランク5）の基準を満たさない機器は市場で販売できない。こういう背景の下に、本研究は上海でのアンケート調査（街頭調査600サンプルとインターネット調査600サンプル）を通じて、上海市民が値段、商品の機能、エネルギー効率のランク、年間電力消費量などの項目について、エアコンと冷蔵庫のそれぞれに対して、どういった選択を行うのかを分析する。

近年、エネルギーラベルを含むエコラベル・プログラムが多くの国々で実施されている（例えば、ドイツのBlue Angel、EUのEU Flower、アメリカのGreen Seal、カナダのEnvironmental Choice、日本のエコマーク、シンガポールのGreen Labelなど）。こういう背景の下に、エコラベルが消費者に与える影響に関する理論と実証の先行研究も近年著しく増えてきた（例えば、Bjorner et al. 2004⁸⁾ ; Teisl et al. ⁹⁾ ; Loureiro et al. ¹⁰⁾ ; Banerjee and Solomon, 2003¹¹⁾ ; Howarth et al. 2000¹²⁾ など）。本研究はこれらの研究を踏まえて、先行研究であまり分析対象にされていなかったエネルギーラベルの消費者の購買行動への影響を実証的に明らかにしている。エネルギーラベルの影響は普通のエコラベルと比べて、商品についているラベルが及ぼす直接的影響以外にも、ラベルに示されているエネルギー効率ランクの高さが消費者の商品の選択行動に影響を及ぼすと予想されている。これらの効果を明らかにするのは重要な政策インプリケーションを持つと考えている。

本研究では、選択実験法を用いて、1200の上海市民のデータを集めた。選択実験において、各回答者がエアコンと冷蔵庫のそれぞれ六つのチョイスセットを答えてもらった。チョイスモデルの推定方法はLatent Class Logit Model (LCLM) を用いた。このLCLM方法は一般的にチョイスモ

デルで使われているConditional Logit Model (CLM) という推定方法より、回答者の社会的・経済的特性による選好の違いをよりよく見ることができるという利点がある。

本研究の第一の結果は、エアコンや冷蔵庫を購入する際に、エネルギーラベルが一般消費者にとって、重視されている項目であることを明らかにした。

第二に、エネルギー効率が高くなるほど、消費者がその電気商品を選ぶ確率が高くなるという結果が得られた。これは近年経済成長に伴って、上海市民の環境意識が高まってきたことで環境にやさしい商品が選ばれやすくなったことを意味する。

第三に、図4の示すように、エネルギー効率ランクの向上への支払意志額が各属性の中に中位であり、また冷蔵庫の方がエアコンよりもエネルギー効率ランクの向上への支払意志額が統計的に高いことが分かった。これは使用頻度の高い家電商品の方がエネルギー効率の向上への支払意志額が高いことを示唆する

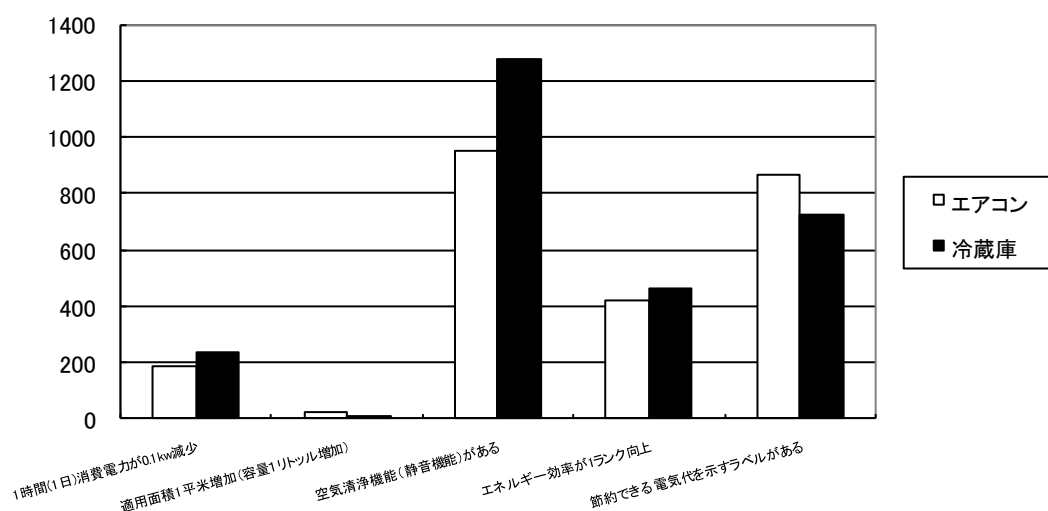


図4 冷蔵庫とエアコンの各属性への支払意志額 (元)

(6) 太陽光発電パネル・太陽熱温水器の選択に関する分析

本研究では、工学研究科が抽出した省エネ機器を対象として、社会経済研究所側で、これらの機器に対する選好を中国と日本で比較し、その選好データをもとに、普及のための制度と技術ロードマップを作成するという大きな目的の中のファーストステップである。

前年度の上海での公共財の投資実験から、日本人に比べて中国人はよりお金に敏感であることがわかった。日本では、サブテーマ(2)の研究から、同程度の二酸化炭素抑制技術でありながらも、導入費用が太陽熱温水器に比べて10倍する太陽光発電パネルが政府の普及制度すなわち補助金やR P S法によって、普及してきたという経緯がある。しかし、個人の経済合理性を仮定した場合、投資回収できない太陽光発電機が太陽熱温水パネルよりより好まれるというのは一種のパラドックスである。サブテーマ(2)の研究者たちとの議論を重ね、このパラドックスの要因を探ることに本研究の意義がある。

このパラドックスを解明するために、本研究では、調査実験の手法を用いて、まず、住宅購入

検討者に対して、太陽熱温水器と太陽光発電パネルの写真のみを見せて、どちらを新しい住宅につけたいのかを訪ねる。その後、表1のようなチョイスセットに直面させて、選択をさせる。具体的には、3kWの太陽光発電パネルを追加購入するか、太陽熱温水器を追加購入するか、どちらも追加購入しないという3つの選択肢に直面させ、それらの選択肢における太陽熱温水器追加購入費用、購入時の補助金、余剰電力の販売単価、光熱費節約額、一世帯当たり追加的CO₂削減量、全国の世帯普及率（保有世帯数）を様々に変えて、被験者に選択をさせた。アンケートの記入は、調査員との非対面式で、選挙のように自分の記入用紙が他人に見えないようにパネルで隔離された机でアンケート記入を行った。さらに、このアンケートではフィードインタリフ制度や補助金制度の効果を探ることを目的に、金銭的補助の項目を導入し、被験者が自分自身で節約額や得する額を計算できるかどうかを試した。このような複雑な作業に取り組んでもらうインセンティブとして、アンケートを空欄なく回答した被験者に対して商品券を謝礼として渡した。

表1. チョイスセット

追加購入プラン	3kWの太陽光発電パネルを追加購入する	太陽熱温水器を追加購入する	どちらも追加購入しない
追加購入費用	A万円	B万円	
購入時の補助金	C万円	D万円	
余剰電力の販売単価	E円/kWh	F	
光熱費節約額	G万円/年	H万円/年	
一世帯当たり追加的CO ₂ 削減量	Jトン/年	Kトン/年	
全国の世帯普及率（保有世帯数）	L%（M万世帯）	N%（P万世帯）	
一番望ましい追加購入プランを1つ選んで□の中に✓してください	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

データとして、大阪府の千里住宅公園で375サンプル、中国の上海の住宅展示場付近で700サンプルを集めた。これらのデータを元に、Conditional Logit Modelによって推定した結果は次のとおりである。まず、日中とも、3kWの太陽光発電パネルを追加購入することは何もしないよりも好まれる。中国は、太陽熱温水器を追加購入することは何も付けないよりも好まれるが、日本では、太陽熱温水器を付けるよりも何も付けない方が弱い水準ながら好まれる。写真だけで選択させた場合と比較すると、中国では、写真判断だけならば太陽熱温水器が好まれているが、conditional logitの推定結果では、太陽光発電パネルの方が好まれる。一方、日本では、写真判断でも推定結果でも太陽熱温水器は好まれていないことがわかる。日中とも、追加購入費用の増加は好まれない（経済合理性がある）。日中とも、購入時の補助金の増加は好まれるが、日本のみ余剰電力の販売単価の増加が好まれる。日本のみが強い影響を受けるのは、太陽光発電特有の電力買取制度を日本人は知っているが中国人は知らないことが影響していると推察される。日中とも、光熱費節約額の増加は好まれる。日本のみ、弱い水準ながら、一世帯あたり追加的CO₂削減量の増加は好まれない。しかし、日本・中国ともに、一世帯当たり追加的CO₂削減量が増加することの方が望ましいという結果のため、両国の被験者とも、削減量を排出量と読み間違えた可能性がある。なお、日中とも保有世帯数は影響を与えないことから、見栄の影響は読み取れなかった。

(7) 上海の業務部門における省エネルギーへの取組みに関する分析

最近の十数年間に、上海において、たくさん建築物が建てられたことに伴って、業務部門のエネルギー消費は著しく増加してきて、地球温暖化の面で深刻な問題になってきた。上海におけるエネルギー消費を全面的に把握するため、昨年度の家庭部門のエネルギー消費現状の調査を続け、上海における業務部門のエネルギー消費の実態および省エネルギーについての考えと取組みに関する調査を行った。

調査は2008年1月から3月までの期間に、プレリクルートと訪問面接法を用いて、上海にある300業務部門（オフィスビルが183、病院が43、学校・ホテルが36、商業施設が36、その他が2）のデータを集めた。集めたデータの分析に関して、上海業務部門のエネルギー消費に関する将来予測などは工学研究科側が中心として分析するが、本サブテーマの分析は主に上海における業務部門の省エネルギーへの取組みの実施とエネルギー消費との相互関係を明らかにすることである。しかし、企業の省エネ取組みとエネルギー消費の相互関係について、私たちが知る限り先行研究はあまりなかったので、本研究で用いられた分析手法や推定結果などは新しい試みであると考えられる。

本分析では、三つの方程式（電力消費方程式、省エネ取組み実施方程式、省エネ技術使用方程式）からなるシステムを三段階最小二乗法で推定した。三段階最小二乗法でのシステム推定は一般的な最小二乗法より、電力消費と省エネ取組み実施と省エネ技術使用とのそれぞれの内生性を考慮したことで統計的に有効であると考えられる。本研究の結果は下記の通りにまとめる。

第一、電力消費方程式から、省エネルギーに関する取組みが多く実施されればされるほど、上海業務部門の年間電力消費量は減ることが分かった。同様に、省エネルギー技術が多く使用されればされるほど、上海業務部門の年間電力消費量も減る。そして、床面積が多い建物とエレベーター・エスカレータの数が多い建物の方は電力消費量が多く、黒字になっている業務部門の方は電力消費量が高いことも分かった。

第二、省エネ取組み実施方程式から、エネルギー（電力）消費が多ければ多いほど、省エネに関する取組みが多く実施されることがわかった。また、黒字になっている業務部門のほうは多く省エネ対策を取り組んでいることも分かった。

第三、省エネ技術使用方程式から、エネルギー（電力）消費が多ければ多いほど、新しい省エネ技術が多く導入していることがわかった。そして、黒字になっている業務部門のほうは多く省エネ技術を導入していることも分かった。また、古い建物にとって、省エネ技術の導入が少ないことも明らかになった。

(8) 次世代省エネ型給湯器に対する選好の日中比較

本研究は二年度目の太陽光発電パネル・太陽熱温水器の選択に関する研究から引き続き、五つの次世代省エネ型給湯器（潜熱回収型ガス給湯器、マイクロガスエンジン・コージェネレーションシステム、CO₂ヒートポンプ、太陽熱温水器、ソーラーシステム）に着目して、これらの機器の様々な属性（購入費用、光熱費節約額、二酸化炭素削減量、機器の寿命など）に対する中国人と日本人の選好を比較・検証することを目的に、上海と大阪でそれぞれ1620人と700人に同様なアンケート街頭面接調査を行った。

まず、上海と大阪の回答者の個人属性についての集計結果は下記の通りである。

第一、上海での男女比率が 50%対 50%であったことに対して、大阪の場合には、男性の方がやや多かった（男性 51.22%対女性 48.78%）。

第二、大阪の回答者は 20 代と 30 代が最も多く、それぞれ全体の 45.34%と 18.79%を占めた。それに対して、上海の回答者は 30 代と 40 代が最も多かった（それぞれ全体の 33.33%を占めた）。

第三、職業に関して、大阪の場合には、会社員と公務員・教員を含むフルタイムで勤務している回答者は全体の約 45%を占めた。この割合は上海の場合には非常に高く、約 89%であった。

第四、短期大学以上の学歴を持っている回答者の割合は、大阪での 52.16%に対して、上海のほうがやや高く、全体の 57.41%を占めた。

第五、家計人数に関しては、上海の場合には、3 人家族が圧倒的に多かった（全体の 77.59%を占めた）。それに対して、大阪の場合には、3 人家族の割合（25.46%）が 4 人家族（40.06%）の次に 2 番目となった。

第六、同居している家族全体の年収について、「答えたくない」または「無回答」を除き、大阪の場合には、500～700 万円未満の回答者の割合が一番高く、31.85%であり、上海の場合には、10～12.5 万円未満（約 150～185 万円）の回答者の割合（全体の約 20%）が一番多かった。また、高所得者の割合は、大阪の場合に、1500 万円以上と定義されると 3.59%であり、上海の場合に、20 万円（約 300 万円）と定義されると 8.58%であった。

本研究では、まず各省エネ機器の写真と紹介資料のみを回答者に見せて、それらの機器の中から一つだけを選択させた。選択結果の単純集計からみると、大阪の回答者はソーラーシステムを選んだ割合が最も高く、31.33%であった。それに対して、上海の回答者は太陽熱温水器を選択した割合（50.74%）がほかの機器と比べて圧倒的に高かった。これらの結果は、価格などの様々な属性を考慮しない際に、上海の回答者が太陽熱温水器を好み、大阪の回答者がソーラーシステムを好む傾向があったと示唆する。

次に、各省エネ機器の色々な属性を回答者に提示して、それらの属性を持つ各機器の中から一つだけを選択させたという仮想選択型実験を通じて、各機器の色々な属性に対する中国人と日本人の選好を比較することを目的に、推定分析を行った。得られた主な結果は下記の通りである。

年間光熱費節約額が 1 万円上がる際に、購入費用を追加して支払ってもよいと思う支払意志額は、各機器において、大阪の場合には、一番高いのがマイクロガスエンジン・コージェネレーションシステムの 7.05 万円であり、一番低いのが太陽熱温水器の 0.85 万円であった。それに対して、上海の場合には、一番高いのが太陽熱温水器の 9.94 万円であり、一番低いのが CO₂ヒートポンプの 1.79 万円であった。また、各機器における大阪と上海の回答者のそれぞれの年間光熱費節約額への支払意志額の差は、ほかの機器の場合に大きくないものの、太陽熱温水器の場合には非常に大きい（上海の 9.94 万円対大阪の 0.85 万円）。

年間 CO₂削減量が 100 キログラム増加する際に、購入費用を追加して支払ってもよいと思う支払意志額は、各機器において、大阪の場合には、一番高いのがマイクロガスエンジン・コージェネレーションシステムの 5.62 万円であり、一番低いのが CO₂ヒートポンプの 0.41 万円であった。一方、上海の場合には、一番高いのが太陽熱温水器の 2.45 万円であり、一番低いのがソーラーシステムの 0.08 万円であった。また、各機器における大阪と上海の回答者のそれぞれの年間 CO₂削減量への支払意志額の差は、ほかの機器の場合に顕著ではないものの、ソーラーシステムの場合に

は非常に大きい（大阪の 2.37 万円対上海の 0.08 万円）。

購入時の補助金が 1 万円上がる際に、購入費用を追加する支払意志額は、各機器において、大阪の場合には、一番高いのが潜熱回収型ガス給湯器の 9 万円であり、一番低いのがソーラーシステムの 0.13 万円であったことに対して、上海の場合には、一番高いのがマイクロガスエンジン・コージェネレーションシステムの 7.78 万円であり、一番低いのがソーラーシステムの 0.88 万円であった。また、各機器における大阪と上海の回答者のそれぞれの補助金への支払意志額の差は、一番大きいのがソーラーシステムの場合（上海の 0.88 万円対大阪の 0.13 万円）であり、次に潜熱回収型ガス給湯器の場合（大阪の 9 万円対上海の 1.38 万円）と太陽熱温水器の場合（上海の 5.08 万円対大阪の 0.77 万円）であった。

機器の寿命が 1 年間延ばされる際に、購入費用を追加する支払意志額は、各機器において、大阪の場合には、一番高いのが CO₂ ヒートポンプの 2.41 万円であり、一番低いのが太陽熱温水器の 0.68 万円であった。一方、上海の場合には、一番高いのがソーラーシステムの 1.64 万円であり、一番低いのが太陽熱温水器の 0.11 万円であった。また、各機器における大阪と上海の回答者のそれぞれの機器の寿命への支払意志額は、ほとんどの機器の場合に大阪の方が大きいものの、ソーラーシステムの場合には逆であった（大阪の 1.17 万円対上海の 1.64 万円）。

上記の総合的なケース（つまり、年間光熱費節約額が 1 万円上がると同時に、年間 CO₂ 削減量も 100 キログラム増加し、購入時の補助金も 1 万円上がり、機器の寿命も 1 年間延ばされるケース）を調べると、大阪の回答者の支払意志額は、一番高いのが潜熱回収型ガス給湯器の 21.03 万円であり、次にマイクロガスエンジン・コージェネレーションシステムの 15.87 万円、ソーラーシステムの 7.68 万円、CO₂ ヒートポンプの 7.61 万円、一番低いのが太陽熱温水器の 3.5 万円であった。上海の回答者の支払意志額の順番に関しては、高い順からそれぞれマイクロガスエンジン・コージェネレーションシステム、太陽熱温水器、潜熱回収型ガス給湯器、CO₂ ヒートポンプ、ソーラーシステムであることが明らかになった。

最後に、上述の分析結果から、中国の消費者も日本の消費者も、省エネ機器の様々な属性に対する選好（支払意志額で示す）はそれぞれの機器によって異なることが分かった。また、中国の消費者と日本の消費者は、省エネ機器を選択するときに、一部の属性（例えば、購入時の補助金や機器の寿命など）に対する選好が大きく異なることも観察された。

5. 本研究により得られた成果

（1）科学的意義

1）これまで、同時方程式を用いて環境クズネツ曲線を検証する研究は極めて少なかった。本研究で所得と汚染物質の排出との同時性をコントロールする同時方程式体系の構築が今後さまざまなデータに適応可能である点は科学的意義を持つと考えられる。

2）先行研究を踏まえて、中国において、分析されていなかった国際貿易の自由化と環境問題の関係を明らかにした。また、先行研究の結論を支持した上で、新たな発見ができたのは本研究にとって、意義があると考えられる。

3）自発的寄付メカニズムの公共財供給実験の結果により、環境保全のための投資を含む公共財へ寄付する際、中国人と日本人の行動が異なることから、環境政策・制度を設計するには、ま

た日本の成功例を中国に移そうとするときには、地域・人々の特性を考慮しなければならないことが分かった。

4) 上海市民のアンケート調査を通じて、近年、上海市民の環境への関心度は高まってきたことが分かった。そして、社会経済特性の一つである教育水準が個人の環境への関心度に極めて重要な役割を果たしていることから、中国において、環境改善のためには、人々の所得を増加する経済政策を確保することだけではなく、国民の全体の教育水準を向上させる政策・制度を重視する必要があると考えられる。

5) 費用対効果面で太陽光発電機よりも効率的な太陽熱温水器の普及ロードマップを描くための基礎データが手に入った。

6) 日本よりも中国のほうが、より金銭に敏感なことが、省エネ投資の観点からも実証された。

7) 日本・中国の太陽熱温水器および太陽光発電機の購入に対する選好の項目として、光熱費節約額が最も大きな割合を占めることが実証された。

(2) 地球環境政策への貢献

1) 本研究成果の一つであるマクロ経済モデル・エネルギー需要モデル・環境モデルによって構成される統合型計量経済モデルが構築され、またさまざまなデータでこのモデルを用いて、将来のエネルギーの需給や二酸化硫黄・CO₂排出量などが予測できることとなった。

2) 地球温暖化防止の考察について、ポスト京都を目指して、いくつかの提案を試みた。

3) 日中ともにフィードインタリフが成功する可能性が示唆された。

4) 日本では太陽熱温水器の普及のためにはイメージ戦略が重要であることがわかった。

5) 中国での省エネ機器の普及には、まず、導入費用を抑制する制度が必要なことがわかった。

6. 引用文献

- 1) Grossman, G. M. and A. B. Krueger. 1995. Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*. 110. 353-378.
- 2) 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. 147-162.
- 3) Hilton, F. G. H. and A. Levinson. 1998. Factoring the Environmental Kuznets Curve: Evidence from automotive lead emissions. *Journal of Environmental Economics and Management*. 35. 126-141.
- 4) Antweiler, W., B. R. Copeland and M. S. Taylor. 2001. Is free trade good for the environment? *American Economic Review*. 91. 877-908.
- 5) Saijo, T. and H. Nakamura. 1995. The "spite" dilemma in voluntary contribution mechanism experiments. *Journal of Conflict Resolution*. 39. 535-560.
- 6) Van Liere, K. D. and R. E. Dunlap. 1980. The social bases of environmental concern: A review of hypotheses, explanations and empirical evidence. *The Public Opinion Quarterly*. 44. 181-197.

- 7) Fransson, N. and T. Gärling. 1999. Environmental concern: Conceptual definitions, measurement methods, and research findings. *Journal of Environmental Psychology*. 19. 369-382.
- 8) Bjorner, T. B., L. G. Hansen, and C. R. Russell. 2004. Environmental labeling and consumers' choice - an empirical analysis of the effect of the Nordic Swan. *Journal of Environmental Economics and Management*. 47. 411-434.
- 9) Teisl, M. F., B. Roe, and R. L. Hicks. 2002. Can eco-labels tune a market? Evidence from dolphin-safe labeling. *Journal of Environmental Economics and Management*. 43. 339-359.
- 10) Loureiro, M. L., J. J. McCluskey, and R. C. Mittelhammer. 2002. Will consumers pay a premium for eco-labeled apples?. *Journal of Consumer Affairs*. 36. 203-219.
- 11) Banerjee, A. and B. D. Solomon. 2003. Eco-labeling for energy efficiency and sustainability: A meta-evaluation of US programs. *Energy Policy*. 31. 109-123.
- 12) Howarth, R. B, B. M. Haddad, and B. Paton. 2000. The economics of energy efficiency: insights from voluntary participation programs. *Energy Policy*. 28. 477-486.

7. 国際共同研究等の状況

(1) 上海交通大学太陽光研究所長崔容強先生を招聘し、上海の太陽光発電と太陽熱温水器について講演いただいた。今後本研究に関する情報収集、調査、更なる共同研究が容易になると予想できる。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

- 1) Shen, J. and T. Saijo. 2008. Reexamining the relations between socio-demographic characteristics and individual environmental concern: Evidence from Shanghai data. *Journal of Environmental Psychology*. 28: 42-50.

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) Shen, J. and T. Saijo. 2007. Does energy efficiency label alter consumers' purchase decision? A latent class approach on Shanghai data. *Discussion Paper in Osaka School of International Public Policy (OSIPP), DP-2007-E-005, Osaka University*.
- 2) Saijo, T., J. Shen, X. Qin, and K. Akai. 2007. The spite dilemma revisited: Comparison between Chinese and Japanese". *Discussion Paper in Osaka School of International Public Policy (OSIPP). DP-2007-E-004. Osaka University*.
- 3) Shen, J. and T. Saijo. 2007. The socioeconomic determinants of individual environmental concern: Evidence from Shanghai data. *Discussion Paper in Osaka School of International Public Policy (OSIPP). DP-2007-E-003. Osaka University*.

<その他誌上発表（査読なし）>

なし

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) Shen, J. and T. Saijo : The Third Asia-Pacific Regional Meeting of the Economic Science Association. Shanghai, China. 2007
 “Does energy efficiency label alter consumers’ purchase decision? A latent class approach on Shanghai data”
- 2) Shen, J. and T. Saijo:環境経済・政策学会2007年大会. 滋賀, 日本. 2007
 “Does energy efficiency label alter consumers’ purchase decision? A latent class approach on Shanghai data”
- 3) Shen, J. and T. Saijo: 第12回大阪大学－上海交通大学学術交流シンポジウム. 上海, 中国. 2007
 “Does energy efficiency label alter consumers’ purchase decision? A latent class approach on Shanghai data”
- 4) Saijo, T., J. Shen, X. Qin, and K. Akai : 第10回実験経済学コンファレンス (2006)
 “The spite dilemma revisited: Comparison between Chinese and Japanese”
- 5) Shen, J. and T. Saijo : Asia-Pacific Regional Meeting of the Economic Science Association. Osaka. Japan, 2007
 “The socioeconomic determinants of individual environmental concern: Evidence from Shanghai data”
- 6) Saijo, T., J. Shen, X. Qin, and K. Akai: Asia-Pacific Regional Meeting of the Economic Science Association. Osaka. Japan, 2007
 “The spite dilemma revisited: Comparison between Chinese and Japanese”

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) 朝日新聞 (夕刊) (2007年2月5日、3版)

(6) その他

なし