

E-0809 中国における気候変動対策シナリオ分析と国際比較による政策立案研究

(5) 国際比較による対策総合評価に関する研究

埼玉大学経済学部

外岡 豊・黄 錚

〈研究協力者〉

埼玉大学大学院理工学研究科

坂本 和彦・王 青躍

埼玉大学環境科学研究センター

姜 兆武

平成 20～22 年度累計予算額：7,169 千円（うち平成 22 年度予算額：2,055 千円）

予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 環境クズネツ曲線について中国と発展段階が異なる他諸国とを比較分析し、ならびに各省別に同様の比較を行い、経済社会の発展動向と環境負荷および政策動向、その環境改善効果動向について考察した。また中国の国内環境問題への環境クズネツ曲線分析の応用について試行した。本研究の主目的は気候変動であり CO₂排出量とエネルギー消費量について主に分析したが環境項目として大気汚染、水質汚濁、個体廃棄物排出についても並行して分析し、環境クズネツ曲線の成立傾向を比較した。

[キーワード] 環境クズネツ曲線、気候変動対策、中国、国際比較、政策評価

1. はじめに

外岡はかねてから日本、USA、中国、韓国、台湾について環境負荷とその背景に関する長期的な動向分析を行ってきた。既に 1990 年に日中米 3 カ国の大気汚染物質排出動向分析を行い、環境クズネツ曲線の国際比較を試みた。本研究はそのような研究経験から、中国における気候変動政策と大気環境政策、エネルギー政策の総合的な確立に向けて、環境クズネツ曲線分析を過去の動向解析だけでなく、今後の政策検討にも活かすべく応用的な研究を試みるものである。

なお申請当初の研究計画では独立したサブテーマとして扱っていた欧州の気候変動政策研究とエネルギー市場との相互影響について、2009 年度に研究協力者に原稿執筆依頼したが、その後の予算制約から、これらの課題については研究を打ち切った。現時点では古い情報となっており、ここでは報告に取り込まなかった。

最後に各サブテーマを通じた温室効果ガス排出削減対策とその推進政策についてまとめを付記した。

2. 研究目的

このサブテーマの主目的は政策の客観評価であり、そこに環境クズネツ曲線分析を応用することを試みるものである。平成 21 年度研究の重点は環境クズネツ曲線の国際比較を応用して中国の気候変動政策を評価することである。

3. 研究方法

(1) 環境クズネツ曲線分析の国際比較と政策評価への応用

環境クズネツ曲線分析とはもともと経済成長と所得分配の変化の関係について USA の経済学者クズ

ネッツが提唱した逆 U 字仮説を環境負荷の動向にあてはめたもので経済成長とともに環境負荷は増大するが所得水準がある段階点に到達すると、環境は改善され環境負荷が逡減傾向に転ずるとする仮説である¹⁾。

気候変動問題について解析する前に過去の実績経緯において環境クズネッツ曲線が観察された SO₂ 排出の事例を中心に大気汚染と水質汚濁、個体廃棄物排出について検討した。その先行分析を参考に気候変動政策評価に応用するため CO₂ 排出量について分析した。CO₂ 排出量については SO₂ のような顕著な削減を実現できている国はまだ存在しないが、IPCC 報告にあるように世界合計排出量を 2050 年までに半減、先進国は 80%以上削減、途上国は現状並み以下という共通目標に向けた削減努力が各国に求められているのであるから、2050 年までの将来削減シナリオを環境クズネッツ曲線上に描き国際比較することで各国の政策を客観評価することができるはずである。

(2) 中国国内地域別環境政策評価への環境クズネッツ曲線分析の応用

省別あるいは都市別比較に、国際比較と同様の手法を応用して、地域格差が大きな中国の国内事情を踏まえた地域別政策評価を試行した。

(3) 各サブテーマを通じた温室効果ガス削減対策とその政策について まとめ

4. 結果・考察

(1) 環境クズネッツ曲線の国際比較分析

1) 先進国と中国の比較

図 1 は中国と日本の SO₂ 排出水準に関する環境クズネッツ曲線比較事例である。横軸は人口 1 人当 GDP、縦軸は GDP 当 SO₂ 排出量であり、この図では両対数表示となっている。このような分析には使用するデータによりあるいは作図法によりグラフの視覚的な印象が異なる可能性があるので軽率な結論付けは避けたいが、1 人当 GDP の水準と GDP 当 SO₂ 排出量の経年的な傾向において中国の動向は日本の動向を追いかけて減少して行く可能性を示唆するような経路をたどっている。この図に中国のこれからの動向を書き込めば、環境クズネッツ曲線分析の仮説通りなら図 1 の日本の過去の実績に近い経路をたどって環境負荷が低減してゆくはずである。しかしこれからの動向は、当然今後の環境対策次第で変わって行くものである。すでに 2008 年夏に北京オリンピックが開催されたが、ソウルでもそうであったようにオリンピック開催を契機に都市の大気汚染を一掃する政策を遂行し大気環境が改善されてきた。かねてから討議されてきたように気候変動対策は大気環境汚染対策にも同時効果が期待されるものである。中国における今後の気候変動対策の推進は大気環境改善への副次効果を持つ、あるいは同時効果を狙った対策政策が推進されるべきものであるので、図 1 に例示するようなこれからの中国の大気環境負荷動向、あるいは GDP 当エネルギー消費動向は、政策実施に依ってさらに低下する可能性がある。そこでこの研究では環境負荷の変遷経路を国際比較することにより、そこに政策シナリオ別の将来環境負荷動向予測結果を書き込み政策評価を試行する。詳しくは後述、図 4 参照。

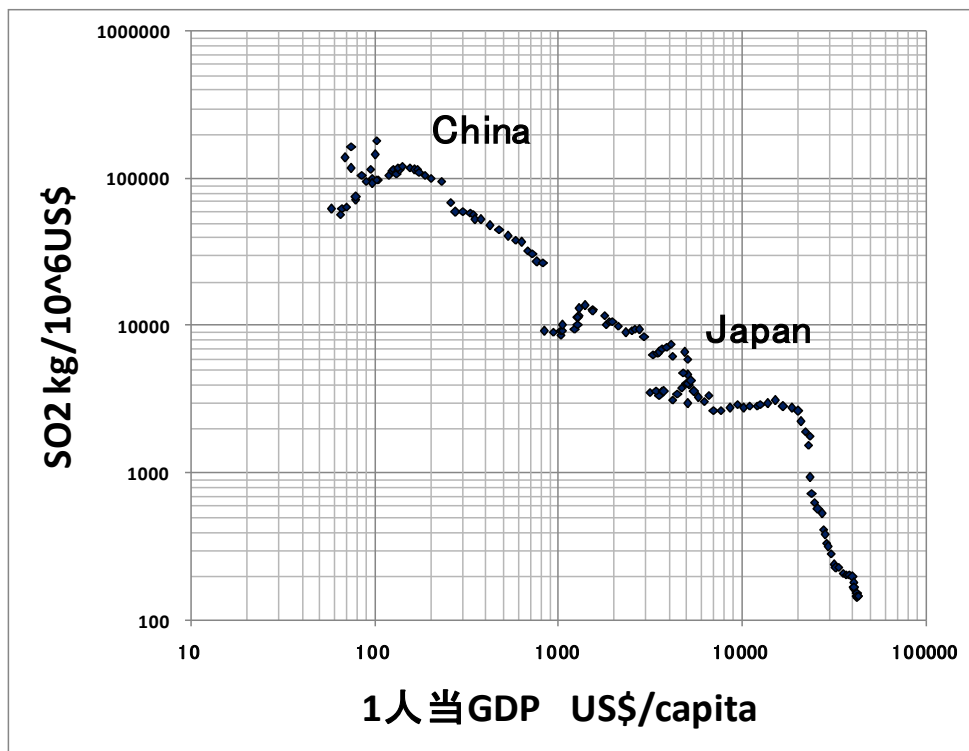


図1 SO₂排出量の環境クズネツ曲線 中国と日本の比較
1人当GDPとGDP当SO₂排出量 (両対数)

2) 大気汚染濃度に関する環境クズネツ曲線分析の試みーオリンピック開催都市における大気環境改善の経緯比較

知られているように2008年8月北京でオリンピックが開催されたが、大気汚染が予想されるとの理由から出場を辞退した選手も出るなど開催地の大気環境について注目を集めてきた。中国政府と北京市は市内のボイラの改善や大きな製鉄所を移転させたり、数ヶ月間工場の操業を停止させるなど早くから手をつくして大気汚染防止対策を遂行し成功に導いた経緯がある。そこでオリンピック開催都市、ロンドン、東京、ソウルと北京について都市内大気汚染濃度の変遷を比較分析してみた。その一部を紹介する。

図2は4都市のSO₂濃度と1人当GDPの経年動向を比較したものである。オリンピック開催年における各都市のSO₂濃度は明らかに低下してきている。また北京の大気中濃度も年々改善され特に近年顕著に低下しているが、2008年時点での比較において北京が他の3都市より高濃度であることは明らかである。ロンドンではオリンピックの開催は1952年のスモッグ大事件以前であり、その後急激にSO₂濃度が低下したことはオリンピック開催とは関係ないと考えられるが東京とソウルの場合には、それを契機に都市内の諸問題が解決され、特にソウルではオリンピック開催後市内の大気汚染の改善が進んだ。東京とソウルの先例からすれば、北京においてもこれからの数年間にかなり大気環境が改善されるものと期待される。

環境クズネツ曲線分析では国際比較を行うことが多いが、ここでは中国の省別経年データを用いて中国国内の地域格差について分析した。図3は省別の1人当GDPと1人当SO₂排出量の経年動向を比較

したもので、特徴ある省だけを抽出して例示した。総じて言えば各省も経年動向において、またプーリングデータ（時系列と地域差を同時に見た場合）においても傾向として環境クズネツ曲線が見られるが、雲南省、湖北省の例のように SO₂排出水準が低いまま経年的な変化が小さい省もいくつかあり、GDP水準は相対的に低いながら SO₂排出と無関係な経済成長が見られる地域もある。山西省は石炭産地であり GDP水準に比して SO₂排出水準が高く増大傾向にあるが、環境クズネツ曲線の仮説に従えば、これからの経済成長過程においては SO₂排出の増大を伴わない過程へと変化すると期待される。

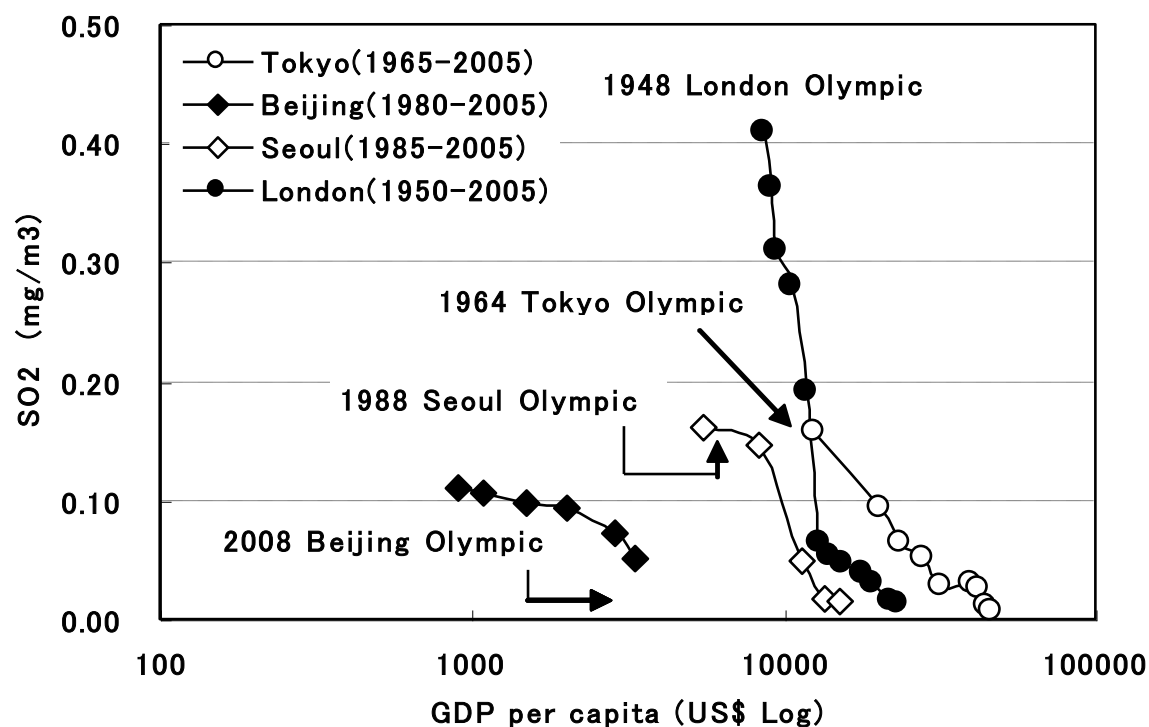


図2 4都市の大気中 SO₂濃度と1人当 GDP 比較³⁾
環境クズネツ曲線による中国国内地域格差分析

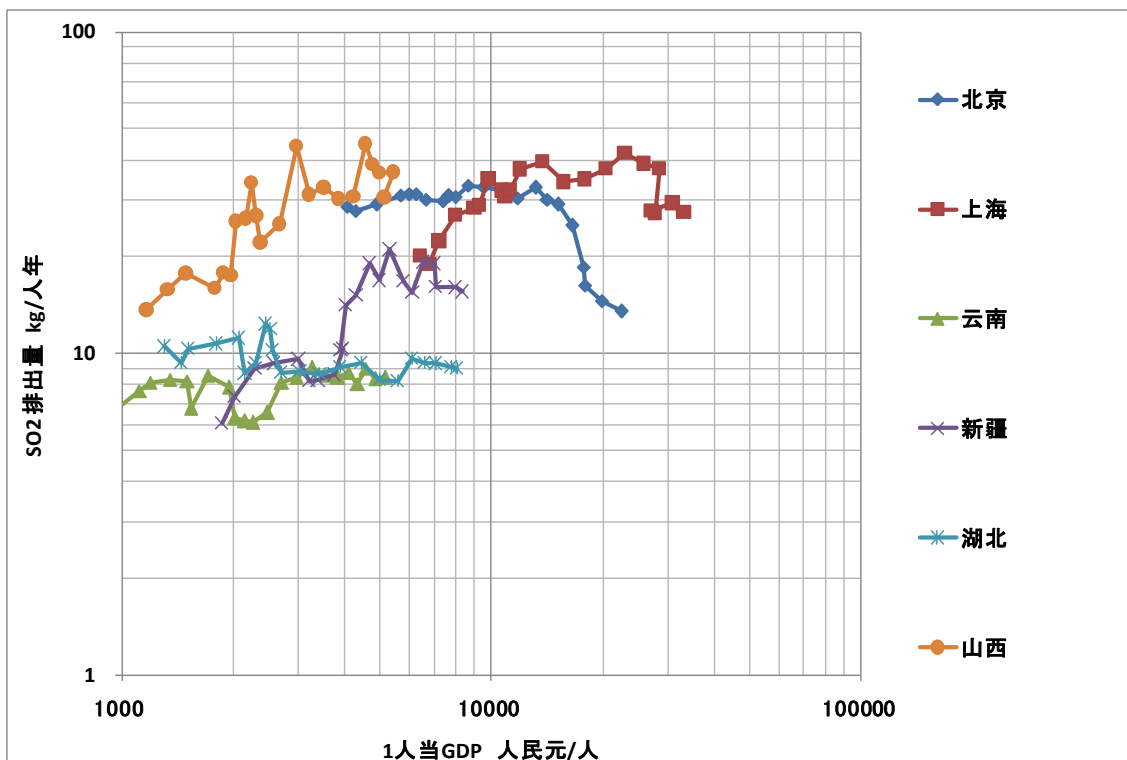


図3 中国各省の1人当GDP(人民元)と1人当SO₂排出量(kg/年)の経年変化(両対数)

(2) 環境クズネッツ曲線の国際比較分析

1) 先進国と中国の比較

図4は中国と各国のCO₂排出水準に関する環境クズネッツ曲線比較事例である。横軸は人口1人当GDP、縦軸はGDP当CO₂排出量であり、この図では両対数表示となっている。

中国の2050年までのCO₂排出動向は正式名称(能源研)²⁾の2つの将来シナリオを描き込んでみた。

USAは1人当GDPも先行して大きいのがCO₂も現況排出水準が突出して高く1980年以降ほぼ20t-CO₂/人年程度が続いている。欧州先進各国と日本は10tCO₂/人年程度でUSAの半分、中国はその半分で現在ちょうど5tCO₂/人である。韓国は京都議定書の削減義務が課されていないため2006年で12.5tCO₂/人であった。日本もUKも2050年には1990年比80%削減を掲げており³⁾⁴⁾、2050年の1人当CO₂排出量はほぼ同水準でUK 2.1tCO₂/人、日本 2.0tCO₂/人となっている。UKでは同じ2050年80%削減への経路として早めに削減する場合と遅れて削減する場合を比較検討しているが、両ケースの差が大きくないので早期削減ケースを作図した。最近の高度成長を受けて中国の将来シナリオは基本(BAU)ケースでは2050年に8tCO₂/人になるが「強低炭素」ケースでは2035年まで微増して5.6tCO₂/人に至るが、その後減少に転じて2050年には3.5tCO₂/人になるとしている。1人当GDPは経済成長が止まっている日本では2050年までの伸びが小さめである。一方、韓国がUKに追いつく。高度成長が続いている中国では伸び率が緩やかになってゆくと想定しても伸びが大きく、2030年には日本を超えて3万USドル台に入ると想定されている。この図では経済協力開発機構(OECD)が作成した購買力平価(PPP)換算のGDPを用いているため中国とUSAのGDPが大きめであるが、2050年には中国が日本、欧州を超えてUSA並みに追いつくという想定は非現実的と考えるべきだろう。世界的な経済危機の中でUSAの将来GDPも、もっと低めに想定されるべきものであろうから、今後の再設定において図4はかなり違ったかたちの図になるものと予

想される。

同様の比較を中国省別に分析できるが、結果については割愛する。

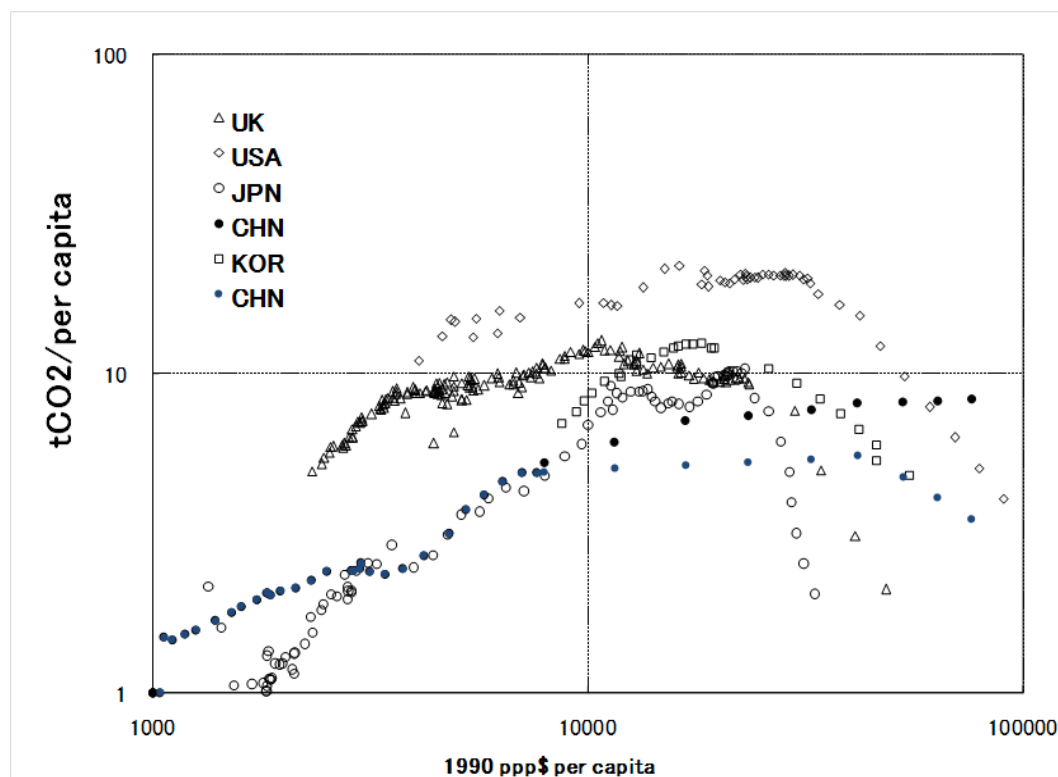


図4 1人当CO₂排出量と1人当GDPの環境クズネッツ曲線 国際比較
1850年–2008年現況実績 –2050年シナリオ予測

(3) 環境クズネッツ曲線分析の中国国内環境問題への応用

大気汚染濃度に関する環境クズネッツ曲線分析の試みとして、オリンピック開催都市における大気環境改善の経緯比較を行ってきたが、2008年オリンピック開催時の北京の大気汚染状況が明らかになったので、オリンピック開催前後の北京における大気汚染状況とそれを取り巻く環境対策、政策状況について調べた⁵⁾。

中国の都市大気汚染は長期にわたって石炭が主要燃料として使用されてきたため、ほとんどの都市における汚染は煤煙型である。特に北京のような北部の冬季寒冷都市では石炭を燃料とする暖房を行っていることから冬季の大気汚染が深刻であり、北京では1998年に大気汚染の状況が一段と深刻化した。それにあわせて北京市政府は19項目の緊急大気汚染対策を実施し、主として市内での低品位石炭の使用禁止令や低硫黄炭、無煙炭への転換促進策が取られた。それらの措置によって品質の悪い石炭消費量がかなり減少した。また、発電所や工場に汚染防止装置が強制的に設置されるようになった。その結果、主に石炭燃焼によって発生するSO₂等の大気中濃度が低下傾向を見せ始めた。図5は北京市環境年鑑から1981年から2008年までの北京における大気中SO₂濃度とSO₂排出量の経年変化を示した図である。図5に示したように、1999年を境に北京の大気中SO₂濃度とSO₂排出量が明らかな減少傾向を示した。北京ではSO₂排出量の場合、1981年の26万トンから始まり、それ以来、右肩上がりで上昇傾向が続いた。1990

年代に入り、その勢いが増して1991年から1993年まで連続3年37万トンの高排出量を記録し、1995年にピークの38万トンに達した。1990年代後半から一連の大気汚染緊急対策を実施し、徐々にSO₂排出量を減らしてきた。特に1999年には急激な低減が見られ、SO₂排出量は1998年の31万トンから1999年の23万トンまで低減し、削減幅は実に25%に達した。2000年代に入って低減傾向は止まったかに見えた。さらにオリンピック対策として積極的な対策が推進された効果か、2006年から2008年にかけて顕著な排出削減が見られた。2008年のSO₂排出量は12万トンであり、2007年の数値より19%の削減率を達成しており、近年最高排出量数値を記録した1995年の38万トンと比べ、70%近い削減率を達成した。

大気中SO₂濃度は1998年まで100 μg/m³を超える汚染状況が継続していた。100 μg/m³を超えるSO₂濃度は東京では1960年代には見られていたが、ロンドンでは当時300 μg/m³もの高濃度が記録されている。しかし、ロンドンでは1980年には50 μg/m³に低下しており、北京の100 μg/m³以下の達成年次は東京に比べて30年、ロンドンに対し20年の遅れがある。北京では1998年に119 μg/m³、2007年に47 μg/m³であったが、2008年に36 μg/m³に低下し、1998年に比べ70%、2007年に比べ、低下率は23%に達した。ロンドンや東京に比べれば、まだ高い水準に位置するが、この10年の濃度低下傾向は顕著であり、いつ頃先進国都市並みの10 μg/m³を達成できるか、今後の変化が注目されるところである。

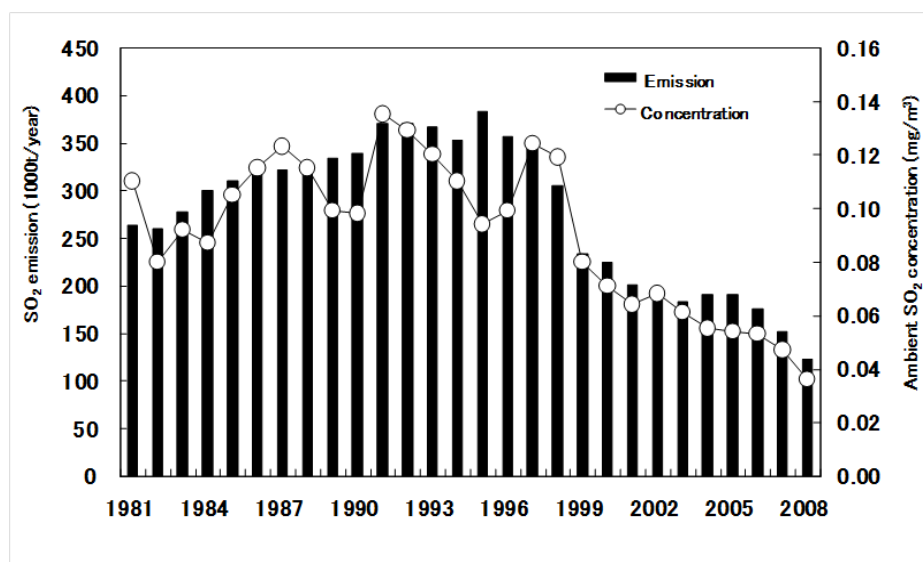


図5 北京の大気中SO₂濃度とSO₂排出量の経年変化（1981－2008）⁵⁾

北京市政府の発表によると、オリンピック期間中に（オリンピックとパラリンピックが合わせて 29 日）大気汚染状況を示す大気汚染指数（API）では、12 日は一級、17 日は二級であるとしている。大気中の主要汚染物の濃度は平均して 50%下がっていた。具体的措置としてオリンピック期間中では、排出基準を達していない自動車の走行禁止、一般自動車の走行制限措置を行い、揚塵をもたらす建設現場などの土木作業、27 社ものセメント生産工場と 140 箇所のコクリート作業現場の操業停止、首都製鉄所、東方化学工業、燕山石化学工業などの 18 社の精錬・建材企業の生産一時中止あるいは操業停止などの制限措置を取った。さらに、近隣の河北省と天津市にも同じ制限措置を取った。天津では、天津農薬工場、天津セメント工場などの工場に対し、生産の一時停止あるいは生産制限措置を行った。26 箇所の建設現場の作業停止措置を行った。

（４）温室効果ガス排出削減対策と政策 まとめ

１）産業部門と貨物輸送における省エネルギーと排出削減

産業部門では沿岸部から内陸部に浸透するかたちで工場立地が進んだが、とくに 2000 年以降、経済発展が加速化し北京オリンピックを迎えた。その後の世界的な経済危機の中でも年率 10%近い経済成長が継続しており、市場の成熟化と過剰気味の設備投資抑制政策、国内経済インフレなどにより鉄鋼生産などの成長鈍化、頭打ち傾向が見られるようになったが、成長基調に大きな変化はない。先行する沿岸部巨大都市の経済成長は富裕層を生み出し、その消費購買力をねらった商品開発がさらなる工業生産を誘発している現状にある。このような欧米先進国追随型の大量消費市場が沿岸部巨大都市から内陸部中核都市へと急速に浸透中であり、その基調が変わらない限り当面の経済成長が続くとみられる。

しかしながら世界経済の大きな流れはいずれそのような大量消費から脱してコリンクラーク法則に従い資源消費を伴わないサービス業や製造業においても資源消費量が少ない生産に移行してゆくと思われる。先進国におけるその変化が後を追う移行国、途上国においていつ頃顕著に発現するか、これまでの経験則に従えば短期間で追い付いてくると予想される。しかし中国の場合国土が広いので沿海巨大都市先進地域での富裕層における変化が内陸都市の中流層に達するまでにある程度時間を要すると予想される。

中国での産業生産額全般についてはこのような変化を考えておく必要があると思われるが産業部門とくに製造業におけるエネルギー消費と CO₂排出の動向に関しては、別の考察が必要である。産業部門の GDP 成長とそのエネルギー消費量は単純比例するものではない。エネルギー消費は重厚長大産業とも呼ばれる素材基礎品生産において大きく、機会組立工業や軽工業においてはエネルギー消費依存は低い。ゆえに産業部門エネルギー消費量の動向は素材産業の生産動向にかかっていることはどの国にも共通である。とくに中国においては世界的にも突出したセメントと鉄鋼の生産があり、かつそれが急成長しているため、両製品を中心に素材生産の動向に注目する必要がある。

鉄鋼生産量が多い先進工業国ではその鉄鋼利用の長い歴史から社会的な鉄鋼製品蓄積量も多く、くず鉄回収による電炉鋼生産も盛んである場合が多い。ところが中国の場合、鉄鋼需要は都市建設、社会基盤施設整備のための建築用、土木用需要が多く、すぐにはくず鉄として回収される可能性は低い。そのことから鉄鋼生産における高炉鋼割合が大きく先進国とは異なった銑鋼比となっており、鉄鋼生産量が増大しても、あるいは社会蓄積量が増大しても、高炉銑鉄から電炉鋼への代替速度は遅いと予想される。最近の中国鉄鋼業界は合併による企業規模拡大により経営効率を上げており、北京オリンピックを契機に首都鋼製鉄所が郊外に移転しそれを機会に生産設備の更新を計りエネルギー効率のよい鉄鋼生産を実

現したように、大規模化と生産効率追求を急激に進めている。中小規模高炉製鉄所の閉鎖を伴う設備更新が一巡した後は、容易に大幅な省エネルギーを見込める余地が減ってくる。副生ガス回収はもちろん、炉頂圧回収タービン発電(TRT 高炉炉頂圧発電)、連続鋳造等の導入により日本の高炉一貫製鉄所と大差ないエネルギー効率の鉄鋼生産体制が整うとして、その後の更なる省エネルギーにおいて電炉鋼生産への移行が期待できないところに壁がある。高炉製鉄工程で可能性があるのは次世代コークス炉、高温空気燃焼圧延加熱炉あるいは廃プラスチック利用等、日本で開発された省エネルギー技術である。また各種の高度な圧延技術、熱処理技術や大気汚染対策も技術移転の対象となる。これらの技術移転に当たっては排出量取引対象にする可能性を追求すべきであり、日本の各社と中国側の鉄鋼会社との相対取引で排出量取引を行うのが望ましいと考えられる。

次に考えられるのは素材量の削減であり高強度製品への移行や例えばリブ付き波板への代替で軽量化を図ったり、さらに鉄鋼から高強度炭素への代替による素材転換なども考えられる。

セメント生産の排出抑制についても同様の事が言える。縦型窯からNSP(ニューサスペンションプレヒーター)炉への代替が完了すると、クリンカ生産についてはその後の追加的な省エネルギーはほとんど期待できない。高強度コンクリート用に粒度がそろった製品にするには省エネミルを導入したとしても粉碎工程での電力消費原単位が悪化する恐れもある。そこで期待されるのは非焼成原料による石灰石起源CO₂の排出抑制である。しかし品質低下につながる恐れもあるので、生産側での省エネルギーや排出削減を追求するだけでなく需要削減に期する面が大きい。例えばプレキャストコンクリートなど少ない重量で大きな加重に耐えるコンクリート工法の利用でセメント消費量を抑制することができる。コンクリートの代替に地場産の石材を多用する等の、安易なセメント消費を避ける工夫が求められる。

もっと根本的な産業部門排出抑制は産業そのものの構造転換である。巨大なファイナ人口と広大な国土という他国にない条件下の中国において大幅な排出削減を実現するには需要そのものを減らすことには、その実現は困難である。過剰な消費を煽るような欧米先進国型の商業活動が巨大な中国市場に広まればその消費は莫大なものとなり、素材の資源も、製造と輸送のエネルギーも逼迫するか価格高騰を招くであろう。生活基礎品の供給、輸送を確保し内陸部を含めて全土の住民生活を支障なく維持するためには、不要不急の商品流通を抑制し、また生活の基礎的なエネルギー需要に優先して供給を行わなければならない状況になりかねない。とくに内陸部と郊外、農村への物資輸送供給において貨物輸送システムの整備とそのサービスを支える交通エネルギー供給が肝要である。

急成長する交通エネルギー需要の抑制には生活基礎需要品の地産地消による地域自立経済構造への変革が求められる。あわせて世界市場向け輸出品の生産を避けるとともに遠隔地からの輸入も意図的に抑制する必要卵がある。持続可能な社会を目指すというなら世界市場での輸送重量距離総量を削減する世界的な生産配置を追求すべきであり、広大な中国においては中国全土での国産化だけでなく省別にも地域内生産消費を希求するべきであろう。

2) 交通部門

物流については産業部門との関係の中で先述したが、交通全般については旅客交通を抑制することは簡単ではない。しかし貨物輸送に比べて人の移動は人体の大きさ重さが限られていて一定であること、自分で判断して動けることにおいて物流より楽な需要であり、省エネルギーな交通手段の選択肢が多くある。いわゆる公共交通機関であったり、自転車、徒歩のようなエネルギー供給不要の手段もある。し

かし中国における交通部門は明らかに他国より温室効果ガス排出抑制の条件として過酷である。人口が多い、国土が広い、それだけ交通の延需要は人 km として大きい。内陸には水路は限られているので航空機で行ける大都市以外は道路か鉄道かに頼る他ないが、黄河流域には隘路もあり交通施設の拡幅が困難であったりもする。そのエネルギー需要は交通機関別には当然、人 km と正相関するが、自動車輸送に比べて鉄道輸送はエネルギー効率がよいものの広大な国土にくまなく鉄道整備もできない。

中国における交通一般についての温室効果ガス排出削減対策は以下のようにまとめられる。

- * 地域間交通について 内陸へは鉄道網の輸送力を強化する。鉄道沿線に都市開発を行い道路輸送需要の抑制を図る。
- * 都市内交通について 人口密度が高い都市内では大量輸送機関（地下鉄あるいは高架鉄道、中国では「軽軌」と呼ぶ）を整備し、その駅近くに業務施設を集中立地させるいわゆるコンパクトシティー構造の都市開発を行う。自家用自動車から再び自転車依存に戻るよう政策誘導する。自動車の小型化を図る。
- * 郊外へのスプロール化を規制し交通需要を増大させない都市構造を維持する。
- * 農村戸籍者の都市移住を政治的に制御して来たように、例えば巨大都市居住者がビジネスチャンスを求めて内陸の未発展地域に進出移住したりすることに制約を課し、地域経済を地域出身者にゆだねることで人口移動機会発生を抑制する。

情報技術の発展で人的移動を抑制することが旅客交通排出削減の主要な（根幹的な）対策となる。

3) 建築分野における省エネルギーと温室効果ガス排出削減

3-1) 農村部住宅

中国における気候変動対策対象として農村部のバイオマス燃料利用は大きな潜在力を秘めた対策対象であり、本研究では他で注目しない農村部住宅のエネルギー消費と温室効果ガス排出についてサブテーマ（2）と（3）で重点対象として扱って来た。中国農村部のエネルギー消費実態の特徴として、バイオマス燃料依存が高いこと、農業生産と一体となった伝統的な生活様式の一部として農業廃棄物が燃料として自給利用されていること、そこに低い燃焼効率や不完全燃焼による大気汚染物質、温室効果エアロゾルの排出を伴う問題点があるとともに、カーボンニュートラルなバイオマス燃料資源が各地に豊富にあること、そして長距離輸送が不要な地域自給であることなどが挙げられる。その対策効果は省エネルギーを通じた CO₂ 排出削減という単純な構造ではなく、サブテーマ（2）で実測したように正負の温室効果を持った元素状炭素(EC)と有機炭素(OC)の同時排出が見いだされ、現時点の結論としてOCの冷却効果が大きい、バイオマス自給燃料が石油系燃料製品である液化石油(LP)ガスに代替されると温室効果を加速することになるのでバイオマス燃料の有効利用が対策上重要である。また大きな潜在力を持つ自然資源としてバイオエタノール原料としても期待されており、小麦わらは製紙原料としても利用されているため、中国の農業廃棄物資源をどう利用してゆくべきかという観点からも十分な検討が必要である。

本研究では中国全土で広く栽培されているとうもろこしの芯、茎、葉を主な研究対象として考え、その最も典型的な利用法である寒冷地における伝統かまどとカン（炕, kang）の組み合わせによる厨房暖房兼用利用について調査、実測し、同時に農村部の住宅の熱性能と住宅の在り方についても並行して考察した。

そこから得られた、温室効果ガス排出削減対策シナリオは以下のようなものである。

- * 厨房用・暖房用エネルギーという生活基礎需要をバイオマス燃料の自給自足によりまかなうことは持続可能な社会追求に合致しており、発電用やエタノール生産原料としての大きな競争需要があるとしても、農村部においてこれまで利用してきた農業廃棄物、柴は今後も生活用燃料として優先供給利用する。生活用燃料としてLPガスへの代替が進むことは温室効果ガス排出削減対策上逆行することになるので、LPガス化を食い止めるためLPガスに打ち勝つ利便性と高い効率を実現できる地域自給バイオマス利用厨房・暖房システムを開発普及させるべきであり、これは非常に優先度が高い対策政策として中国政府農業部が推進すべきものである。
- * その効率向上で余力ができたバイオマス資源供給力の範囲内で他の利用を企画するべきである。近隣他地域へのバイオマス燃料供給（ペレット化等）、発電兼地域暖房用燃料利用、素材資源利用、液化（バイオエタノール等）、ガス化（メタン発生）など様々な利用の可能性がある。どの手法に資源供給するかを地域条件や技術開発状況から総合判断することが求められるが、その的確な選択について支援するプログラムも必要になる。
- * 農村生活用バイオマス燃料の省エネルギーを達成するには、その前提条件として住宅の熱性能向上も重要になる。これからの農村住宅について熱性能と自然エネルギー利用（とくにバイオマス燃料と太陽エネルギー）、あるいは地場産素材利活用と煉瓦焼成抑制（農地周辺から土を採取することによる自然破壊が問題になり建築材料として煉瓦利用を禁止あるいは抑制する政策指針が出されている。）も考えた総合住宅ライフサイクルアセスメント（LCA）評価により新しい理想の農村住宅を開発普及させる。
- * このような生活用バイオマス利用の省エネルギーと同時に室内空気汚染防止、CO中毒発生回避を計ることは並行して追求されるべき目標である。燃焼管理水準の向上は大気汚染物質や温室効果エアロゾルの排出削減につながるが、住宅の高断熱化のともなう高気密化は室内空気汚染やCO中毒の危険を伴う恐れがあるので、室内空気室管理を同時に十分考慮しなければならない。
- * しかし、これまでの農村住宅は寒冷地においても密閉性が低い家が大多数であったため、居住民は高気密住宅の使い方に関して基礎知識が乏しくCO中毒を起こしやすい危険がある。農村住宅の改革には居住者の意識改革も同時に進め、のぞましい住生活と住宅の在り方について基礎認識を高めつつ利用的な農村住居を開発普及させることも政策の一環として必要である。

3-2) 都市部住宅

* 都市部住宅において主要な対策対象は厳寒地域の地域暖房熱供給である。多くは多世帯集合住宅で個別住戸の計量がなく従量料金制となっていないため節約への意欲が発揮されない。あるいは一棟が縦列の一方向流路で高温水供給されているため各戸、各室でのバルブ調整ができない状況にあり現状システムのままでは既存設備の省エネルギーは難しい。これについて住棟内の配管を並列に変更し各戸計量と各室調整が可能なように変更する事が考えられるが、既設建物では工事費用がかさむので新設住棟に導入を検討すべき対策であろう。JETROのプロジェクトで日本製計量メーターの導入可能性を検討するため瀋陽市の住宅で計量メーター付きの住戸実測と省エネルギー行動実験を行っており、地域暖房システムの管理運営を含めて日本のノウハウを中国東北地域に導入普及させることも考えられる。

- * 中国は太陽熱温水器の普及量が世界一であり、都市部の集合住宅でも屋上に太陽熱温水集熱器が

設置してあるところが多い。この太陽熱温水器は主にシャワー用給湯に用いられているが、この高効率機器開発と普及は大きな潜在力がある一対策である。

＊ 住宅の熱性能の向上は、とくに寒冷地の都市において当然追求されるべき対策である。

＊ 温暖地域では冷房エアコンの冷媒漏出による温室効果ガス排出抑制が大きな対策対象となる。モントリオール条約によってオゾン層破壊物質の使用は中国でも現在は禁止されている。しかし既設設備を廃棄する際にきちんと回収を行わなければオゾン層破壊と温暖化も悪化させる冷媒ガスが大気放出される恐れがある。代替フロン類(HCFC、HFC)であっても温室効果が大きなガスが多いので冷媒放出を防ぐことが大切である。既存空調設備廃棄時のオゾン層破壊物質排出防止に関する研究を上海市の研究所に提案し共同研究を企画したことがあったが実現できなかった経緯がある。香港、深セン等、南方巨大都市において共通の課題であり GWP（温室効果係数）が大きな物質が使われているので、廃棄時の冷媒回収、漏洩防止を徹底する施策を各都市が即刻実施するべきである。法規制されている日本でも、残念ながら回収率は低いままであり、むしろ行政の強制力が強い中国での実施により、その実績を受けて東南アジア諸国の巨大都市でも徹底実施してほしい対策である。

3-3) 業務建築

最近の急激な経済成長に伴い北京、上海など沿海部の巨大都市において欧米型の大規模高層業務建築がどんどん建設されているが、省エネルギーや都市環境面の配慮がなされることなく気候も文化も異なる地域の都市に欧米型建築が建設されている。そのことは東南アジアでも同様であり、比較的高緯度にあつて寒冷乾燥型の欧米巨大都市に比べて高温多湿な気候の東南アジアにおいても欧米型業務建築が建てられてきた歴史がある。持続可能や環境配慮を唱い文句にした建築や開発は多いが、実質本当に省エネルギーになっているのか環境優良な性能があるのか、疑問が残る案件も多いように見受けられる。清華大建築学科の朱教授は有名西欧設計事務所が設計した中国国内の省エネ環境優良業務ビル案を批判し、今中国に必要なのはこのような建物にお金をかけて1つだけ建てるのではなく、大局的に見るともつとその前にやるべきことがたくさんあり、きちんと環境設計して断熱性能を確保した建物を建てるのが先で、中国にとって極めて高価な太陽光パネルを組み込んだり、いかにも最先端の環境対策技術を取り込んでいることを表立って主張するような案は歓迎できないと主張していた（2010年2月、名古屋大学での国際会議での発言）。その後中国でも経済事情が変わって高価な対策技術を導入した建物を建てる経済余力は増してはいるが、対策の費用効果や地に足がついた着実な対策の普及推進には朱先生の主張に一理あると思われる。中国政府でも建築の省エネルギーが気候変動対策として重要と考える人は増えており、2008年秋にも北京の政府高官から建物の省エネルギー調査に関して協力を求められた。その後建設部で中国国内各都市でのエネルギー消費実態調査や実測がなされたようであるが、原データは部外秘でその成果はこの研究には直接取り入れることができなかった。

中国は国土が広いので地域による建築気候条件も幅があり、地元の気象条件をよく知っている人が関わって、その地に適した熱性能特性を追求した建築環境設計が望まれる。それには各地域における建築環境工学の基礎研究と専門家養成が必要である。建築環境工学と熱性能設計に関しては、高温多湿から寒冷乾燥まで幅広い気候条件に対処できる知識と経験がある日本の専門家は、諸外国に比べて水準が高く世界に誇れる実績がある。これを中国のみならず全世界に応用することで気候変動対策に貢献できる素地はこの分野に関して日本には十分にある。たまたま隣国中国に多様な気候条件下でこれからたくさんの業務ビルを新築する機会があるので、そこに日本の技術、学術体系を応用し現地の専門家と協力し

て発展させることは、大きな排出削減成果につながり得る多大な可能性を持っていると考えている。

4) 政策実施手法と地域格差

中国の特徴は国内に多様な発展段階の地域を含むことで先進国と途上国間の国際問題を区内問題として抱えているような面がある。そのことは一見障害のように見えるが政策推進上、これを利点に転換することもできるはずで、我々は気候変動対策の導入実施に関して地域格差を利用して、先進沿海部から徐々に内陸部へ進める手順を提案している。広大な国土で各省、さらに市やそれ以下の地方自治体になると環境行政の基礎知識を持った行政職員の人材確保は難しくなる。北京の中央政府の次に現場を知りつつ高度な環境政策実務を遂行できるのは、北京市や上海市である。そこでここで考えている省エネルギーや排出削減対策行政をまず最初に北京市、上海市などの先進巨大都市に導入し、そこでの経験を踏まえて内陸都市などだんだんに小都市に同じ施策を展開する。一段階上の先進都市で次の規模の都市の行政職員は実務を手伝いながら研修して自分の自治体に持ち帰り、実行する。このような手順で温暖化対策行政を中国全土に浸透させる。浸透速度を速めるには先進巨大都市に研修センターを設置したり、そこで能力を高めた人材を地方に送り出したりすることも考えられる。

5) 日本の協力貢献策

すでにオゾン層破壊対策についてはキャパシティビルディングプログラムとして日本から途上国への対策知識移転が行われてきた。あるいは四日市などの環境研修センターで途上国の環境行政職員に日本の経験を伝えるような研修活動を長年行って来ているので、中国での対策推進について能力開発事業に日本が寄与できる可能性は大きい。いわゆるアジアの環境リーダー育成はすでに日本の政策として推進中であるが、その一貫として中国における気候変動対策担当者能力開発事業も、上記の対策政策暫時地域進展計画にもとづき、経験を積みながら有効な協力手法を見いだしてゆくことが実効的な手法と考えられる。

6) 研究協力

これまで、本研究の中で数多くの中国研究者と接触してきたが、北京などやや現場から遠いところの研究者との交流が多く、各地の現場での実態に触れる機会は限られていた。中国の地方自治体行政担当者は概して保守的であり、なかなか実情がわかるデータや資料を外国人研究者には見せない。しかしマクロな統計だけでは実態を正しく理解できないので、今後は例えば内陸の小都市とも直接接して対策推進の可能性を実践的に探ることをしたい。すでにその企画は具体化しつつあったが年度内はこちらの都合で実現できなかった。隣国の専門家人材育成について我々が語ることはおこがましいが、中国の現場に行くには中国側の大学、研究所の専門家と協力して進める必要があり問題意識や基礎認識を共有して臨まなければ共同作業もうまく行かない。また学生の質が良くないと良い研究成果が得られないので大学院生指導力も求められる。実践の経験を積みなければ有効な対処ができないが、これまで様々な各地の研究者と接触してきたものの、まだ経験が十分ではなく、研究作業実務上の対処法が確立されていない実情にある。時間をかけて討論するか、共著で研究書を執筆するか、相互に確認して専門知識の共有を図ることが真の共同研究の出発点として求められている。一部の親しい研究者とその可能性について相談しているが、上記対策行政の推進に現実に関わるには中国側研究者との更なる親密な協力関係構築が求められている。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

環境クズネッツ曲線分析の有効性については賛否さまざまな議論がなされてきたが、本研究では政策検討への応用に積極的な学術的意義を見いだそうとする立場から、国際比較と中国の国内省別比較を行っている。環境政策の検討に歴史的な長期間の分析を応用する試みは、おそらくこれまでほとんどなされて来なかった新しい研究手法である。過去の歴史を学ぶ積極的な意義はそこから学んだことをこれからの社会構築に活かすことである。この研究ではそれを環境政策検討に実践的に応用してみることで新しい学術研究手法を開発する副次効果もねらっている。中国での環境政策検討には日本を始め諸先進国と韓国、台湾などとの比較から得られるものが大きいと考えられる。ここではさらに中国国内の省別分析にも、同じ手法を応用することにより国際比較分析を、国内地域格差への対処に応用する拡張を試みており、その学術的意義はきわめて大きいものと自認している。

(2) 環境政策への貢献

本研究はその成果を即時に政策立案に応用する意図があり、かなり実践的な狙いを持つものであるが、政策案を客観評価するための手法としてこのような分析を試行するものである。そのような観点から平成 21 年度作業として北京の大気汚染状況について事後分析を行った。本研究の分担者（このサブテーマでは協力者）の 1 人である王青躍（埼玉大学大学院理工学研究科）は環境省「日本モデル環境対策技術等国際展開検討 WG」の委員をしており、その WG はサブテーマ（1）の協力者になっている大野正人が代表取締役の（株）EX 都市研究所が事務局を務めている。日本の大気汚染対策、政策経験をアジア諸国の環境行政実務に応用、活用しようとする試みに対し、本研究の結果あるいはその手法は側面的に客観的な基礎情報を与え適切な展開を図る上で役に立つものと思われる。

世界的にも最大の温室効果ガス排出国となった中国において、逆に言えば削減への大きな潜在可能性がそこに存在しているのであって、大きな対策対象への政策の成否は影響が大きい。そこで本研究によりこれからの政策案について過去に照らした実証的な検討を行っておくことの意義は大きく、本研究は地球環境政策への実践的な貢献を期待して実施しているものである。

6. 引用文献

- 1) Kuznets, S. (1955) Economic growth and income inequality, *American Economic Review*, 45, 1-28.
- 2) 能源研課題組(2009) 中国 2050 年低炭素発展の路, 科学出版会
- 3) 環境省(2010) 中長期ロードマップ調査検討会資料、中長期ロードマップを受けた温室効果ガス排出量の試算
- 4) The Committee on Climate Change, UK (2008) Building a low-carbon economy, The UK's contribution to tackling climate change, London: TSO
- 5) 黄錚, 外岡豊, 王青躍, 坂本和彦 (2009) 環境クズネッツ曲線からみた北京の大気汚染と制御戦略, *環境科学会誌* 22, 5, 348-361

7. 国際共同研究等の状況

(1) 中国人民大学環境学院

本研究に先行する大気汚染濃度の環境クズネツ曲線分析について中国人民大学の宋国君教授の協力を得、共著の中国語の学術論文を執筆した。その後も随時、意見交換を行っている。

(2) Imperial College Centre for Environmental Policy (CEP)

外岡はこの学際的な研究センターの客員教授を兼務している。その傘下にある研究センターICEPTの長をつとめていた Peter Pearson 教授はエネルギーや環境問題に関する歴史的長期動向分析の研究者で環境クズネツ曲線の研究も行っている。用いている UK に関するデータの一部は Pearson 教授から提供されたものである。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) 黄錚, 外岡豊, 王青躍, 坂本和彦 (2009) 環境クズネツ曲線からみた北京の大気汚染と制御戦略環境科学会誌 22, 5, 348-361
- 2) Z. Huang., Tonooka Y., K. Sekiguchi., Q. Wang., K. Sakamoto., (2009) Long-term Sulfur Emissions and Environmental Kuznets Curves: Comparison and Implications, Asian Journal of Atmospheric Environment 3, 19-26
- 3) 黄錚, 外岡豊, 関口和彦, 王青躍, 坂本和彦 (2010) 汚染産業移転仮説と環境政策選択—地域間経済格差からみた中国の環境問題, 環境科学会誌 23, 2, 67-80

<その他誌上発表(査読なし)>

なし

(2) 口頭発表(学会等)

なし

(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

なし

(6) その他

なし