

1. 序論

近年、中国やインドを代表に発展途上国は目覚ましい成長を続けている。経済成長は、社会を物質的に豊かにする反面、様々な問題を引き起こす状況が多く見られる。環境問題はその代表的な一例である。

中国は、国土・人口ともに巨大であり、その経済成長を支えるエネルギー、特に石炭の大量消費により硫酸化物(SO₂)をはじめとする大気汚染物質の排出量が膨大になり、大気汚染が深刻になっている。

環境負荷物質の大量排出要因として、まず、エネルギー源の多くを石炭に依存していることが挙げられる。中国は豊富な石炭資源に恵まれ、世界で最大の石炭生産・消費国である。中国の石炭消費量は2002年で1366Mtであり、一次エネルギー消費の65.6%を占める。石炭消費のうち48%は発電部門が占め、この部門で最も消費が多い。そのため、発電部門でのSO₂、CO₂排出量は抜きん出ている。中国の経済構造は国内のエネルギーに多く依存しているため、長期的にも石炭は主要なエネルギー源であるとEIA(2005)は指摘している。さらに、文部科学省(2002)では、エネルギー効率や汚染物質除去率といった技術レベルが低いが、先進技術を導入するのはコストが高く、現状では困難であると示している。そのため、先進国からの技術移転などを通じた協力が必要とされ、ODA(政府開発援助)やCDM(クリーン開発メカニズム)を通じた対策が望まれており、特に石炭火力発電技術がSO₂の削減に効果的であり、また、CDMを利用した技術移転は地球温暖化防止の観点からも期待されている。

2. 研究の目的

日本で導入されている火力発電技術をCDMを通じて中国に移転した場合、中国ではエネルギー効率の向上や脱硫装置の設置により、火力発電部門からのCO₂やSO₂といった環境負荷物質の排出抑制が期待される。このほか、発電部門における石炭需要の減少や、これまで石炭火力発電部門に投じられてきた投資が他部門に向けられるといったことが考えられ、こうした波及効果の結果、中国全体の経済活動がさらに大きくなる可能性がある。しかしながら、こうした変化は、CO₂やSO₂などの環境負荷物質の排出を増加させる要因ともなりうる。こうした環境負荷物質排出量のリバウンドを防ぐための方策を検討し、経済発展と環境負荷の削減を同時に達成できるような援助のあり方を検討することが重要である。

以上の視点から、本研究では技術援助に伴う波及効果を定量的に明らかにし、さらに、中国での硫酸化物の排出を抑制するための追加的な脱硫投資の効果、影響を定量的に分析する。本研究は、こうした分析を通じて環境保全と経済発展の両立を実現する技術移転のあり方について明らかにすることを目的とする。

3. モデルの構造

本研究では、中国を対象とした国別逐次均衡型応用一般均衡モデルを構築した。このモデルに、日本の産業連関表から日本の火力発電技術の投入構造を用いて、これを先進技術として中国に移転する技術移転モジュールを追加している。また、脱硫投資モ

ジュールを導入し、脱硫投資によるSO₂削減効果と経済活動への影響を評価できるようにしている。

生産部門では、Cobb-Douglas型関数で表現された労働と資本からなる合成生産要素と、中間投入財を投入して、各財を生産する構造になっており、投入比率を固定したLeontief型の関数で表されている。中間投入財はエネルギー財と非エネルギー財に分類されており、エネルギー財間の代替弾力性、非エネルギー財間の代替弾力性はともに0と想定しているが、投入シェアは新規技術の導入により変更が可能である。なお、エネルギー財は原料投入と燃料投入に分けられており、燃料として投入される場合には、投入量に比例してSO₂、CO₂が発生する。

家計の消費は、エネルギー財と非エネルギー財についてLeontief型の需要関数を想定している。また、エネルギー財間の代替弾力性は0、非エネルギー財間の代替弾力性は1としている。家計部門においても、所得の増加等に伴う需要関数の変化によるシェアの変更が可能である。なお、投資は、外生的に想定されている経済成長を満たすように行われ、投資の各部門への配分は、資本の収益に応じて行われるとしている。

生産部門は費用を最小化するように生産活動を行い、家計は労働と資本からの所得をもとに、効用を最大化するように想定された需要関数を通じて消費を行う。

技術移転については、技術援助に関する投資を外生的にシナリオとして与え、投資の翌年には生産活動が行われるとしている。技術援助による生産活動では原料財及び労働力は中国市場で供給されるものを投入する。労働と資本の代替弾力性は0とし、中間投入財については中国国内の生産部門と同様の関数を想定している。脱硫投資については中国により行われ、技術移転同様、投資は翌年から稼働し、投資の蓄積額に応じてSO₂が削減される。

本研究で構築したモデルでは、経済活動を40部門に類型化し、石炭火力発電を技術移転の対象としているため、発電部門は詳細に分割している。

基準年は1997年とし、2020年までを分析期間とした。

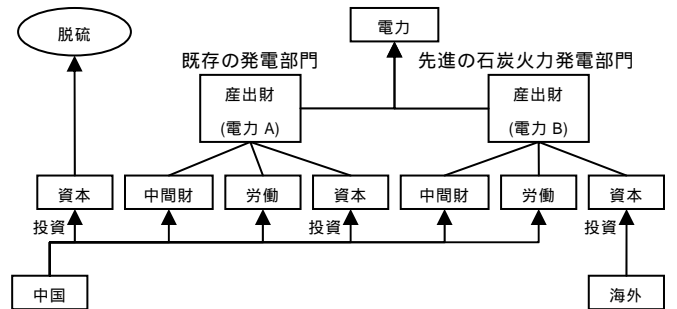


図1: 技術移転及び脱硫投資による生産活動の変化

4. シミュレーション分析

4.1 シナリオの想定

中国の技術移転に伴う影響を観察するために、本研究では以下のシナリオを用意した。

基準ケース(Base)

技術移転は行われず、現在の水準で推移するシナリオ。

技術移転ケース(TEC)

石炭火力発電部門に先進技術が導入される。投資額は年間10億元とした。なお、この投資額は約0.3GW級の先進石炭火力発電所が1基建設されることに相当し、ここ数年の年間の発電所新規建設の1~2%に相当する。なお、投資は2006年に開始され、2020年まで毎年行われるとしており、本来、中国国内から石炭火力発電部門に投資される資金は他の部門に振り分けられる。

技術移転+脱硫投資ケース(TEC_ENV)

石炭火力発電部門に と同規模の先進技術が導入される。また、2006 年より脱硫投資が行われる。脱硫投資額は年間 10 億元で、技術移転の投資額と同額とした。これは、中国国内から石炭火力発電部門に投資される資金を脱硫投資として活用している状況を示しており、この投資額で 1997 年時点の SO₂ 排出量の 1%程度の削減が可能となる。投資期間は と同様とした。

4.2 分析結果

(1) GDP への影響

GDP が最も増加したケースは、技術移転のみを行った TEC であり、基準ケースと比較すると 2020 年に約 0.1%増加している。

技術移転と脱硫投資を同時に実行する TEC_ENV では、脱硫投資にコストがかかる分、技術移転ケースの GDP に比べ 0.004%ほど低い水準で推移するが、技術移転による GDP の増加が脱硫投資による GDP 減少を大きく上回る結果となる。

(2) 部門別生産額への影響

基準ケースと比べたときの部門別生産額の変化を見ると、窯業、金属製品など石炭投入量の多い部門で生産の増加傾向が見られる。海外より導入される先進設備の石炭製品の投入量が多いことから、石炭製品部門でも増加が見られる。逆に、技術移転により導入される先進設備のエネルギー効率が高いため、石炭採掘部門では減少が見られる。また、石油採掘、天然ガス採掘、石油製品部門でも減少が見られるが、これは 2020 年時点で石炭価格が約 5%下がっており、このことが石炭多消費産業に有利に働いて産業のシフトが起こったためと考えられる。

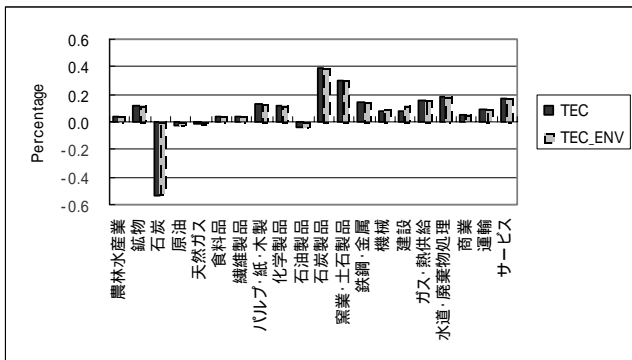


図2: 基準ケースと比較した部門別生産額の変化(2020年)

(3) SO₂、CO₂ 排出量への影響

TEC ケースの結果から、技術移転による CO₂ 削減量は中国全体として年平均 56 万 tC で、2020 年時点では基準ケース排出量の約 0.5%に相当する。また、SO₂ 削減量は年平均 1.5 万 tSO₂ で、2020 年時点では基準ケース排出量の約 0.6%に相当する。

基準ケースに対する部門別 SO₂、CO₂ 排出量の変化は、発電部門では石炭火力において効率的な技術が導入されることから大幅に減少するが、発電部門以外では SO₂、CO₂ 排出量が増加し、技術移転による発電部門での削減量に対して CO₂ で 15%、SO₂ で 13~14%がそれぞれ増加する。

この結果は、CDM を利用して先進技術を導入する場合、当該部門での CO₂ 削減量を排出枠として与えることは、波及効果による排出量の増加を対象としていないことから削減量の過大評価につながり、CDM の効果を失わせる可能性が存在することを示している。

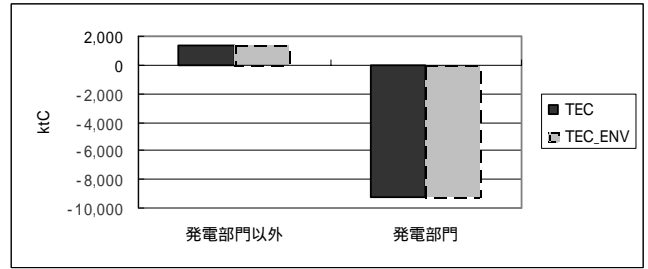


図3: 基準ケースと比較した CO₂ 排出量(2020年)

一方、脱硫投資を導入することにより、SO₂ 排出量の削減ポテンシャルが高くなり、SO₂ 排出量に大幅な削減が見られる。発電部門以外の SO₂ 増加分を脱硫投資による削減が大きく上回り、GDP あたりの SO₂ 排出量は最も小さくなることから、経済発展と SO₂ 削減という視点から、このシナリオは効果的な施策であると言える。

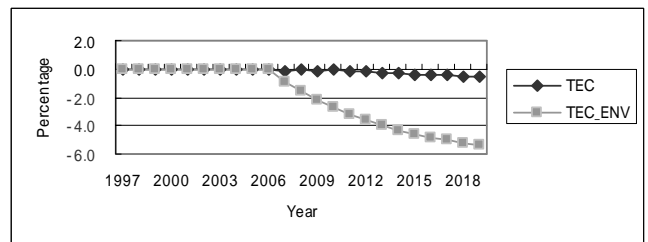


図4: 基準ケースと比較した SO₂ 排出量の推移

5. 結論

今回の分析により得られた結論は以下の通りである。

- 日本における石炭火力発電技術を中国に 2006 年から毎年 10 億元導入すると、技術移転を行わない場合と比較して、2020 年に GDP が 0.1%増加する。一方、エネルギー多消費部門の生産が増加することにより、これらの部門では SO₂、CO₂ 排出量が増加し、技術移転による発電部門での削減量に対して SO₂ で 13~14%、CO₂ で 15%がそれぞれ増加する。
- 技術移転と脱硫投資を組み合わせたときには、発電部門以外の SO₂ 増加分を脱硫投資による SO₂ 削減が大きく上回る。また、GDP あたりの SO₂ 排出量は最も小さく、効果的な SO₂ 削減ができる。
- CDM を利用した技術移転は経済成長を促すことが期待されるが、その分 CO₂ が増えて結果として CDM による削減効果を過大に評価する可能性がある

6. 今後の課題

今後の課題として以下の点が考えられる。

- CDM の効果を評価するには技術を移転する側も含めた多国モデルでの分析が必要である。
- CO₂ や SO₂ を削減する技術は多様であり、各技術の導入ポテンシャルも大きく異なる。こうした点を精緻化して評価する必要がある。

参考文献

- EIA(2005) International Energy Outlook 2005 (<http://www.eia.doe.gov/oiarf/ieo/coal.html>)
- 文部科学省(2002) 中国の環境問題と日本の技術移転 ~ 石炭焼却炉の転換と脱硫技術を中心として ~