

アジアにおける環境リスクマネジメント

Environmental Risk Management in Asia

明日香 壽川*

Asuka-Zhang Shouchuan

1. はじめに

近年のアジアは、高い経済成長率を誇る一方で、環境破壊やエネルギー不足などの環境リスクの増大に脅かされている。しかし、世界の途上国人口の7割を抱えるアジアでは、環境リスク低減のための予防的投資は、依然として後回しにされがちである。したがって、経済・技術大国である日本が、リスク低減のための政策研究を進め、環境リスクマネジメントにおいて政治的リーダーシップをとっていくことが必要である。

本稿ではこのような問題関心の下に、2、3でリスクマネジメント一般とアジアでの環境リスクを総括的に論じる。4では、国際的な環境リスクマネジメントの一つとして期待される「共同実施」について説明し、5ではその事例研究として日本と中国における生態系の酸性化問題（いわゆる越境酸性雨問題）を取り上げる。6では、環境リスクマネジメントの今後を展望する。

2. 政策科学としてのリスクマネジメント

一般にリスクマネジメントとは、リスク要因の分析から政策オプションの実施までの一連のシステムとして考えられる(図-1)。政策の実施に至るまでには、リスクマネジメントの各ステップの中で、リスク、コスト、ベネフィットに対しての何らかの数値化が行われる。

リスクの数値化の方法は様々であるものの、確率や統計理論からのアプローチが主である。例としては、化学物質の安全基準のようにガンの発生率に換算する方法や、原子力発電所の安全性評価などに用いられる事故発生確率がある。しかし環境リスクに関しては、

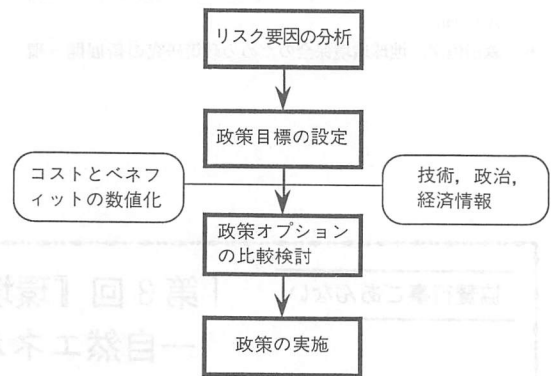


図-1 政策科学としてのリスクマネジメントの概念図

ほとんどの場合が複合的であると同時に、時間的・空間的範囲の規定が困難であるため、被害に関してさえ単純な確率計算を行うことは難しい。また、被害の大きさが無限大でも発生確率はゼロに近いので期待値はゼロという「ゼロ無限大の矛盾」も生じてくる。したがって現実的には、環境リスクの厳密な数値化よりも、それを低減するための対策コストや、それによって得られるベネフィットの数値化の方が緊急性が高いと思われる。

コストの数値化とは、リスク低減のために何らかの対策を講じることによって発生する対策コストの貨幣価値化である。このコストも、直接対策コスト（例えば、環境保全装置の初期投資費、運転費、減価償却費など）と間接対策コスト（国家間交渉および企業の海外投資の際の取引コストなど）に分けられる。

ベネフィットの数値化は、リスクあるいは被害の軽減、効用の増大、受益者および市場の評価の増大などの数値化によって行われる。例えば、環境改善による農作物の増収、建築物の寿命延長、医療費・補償費の軽減などを貨幣価値化したものがベネフィットとみなされる。

* 東京大学先端科学技術研究センター博士課程
〒153 東京都目黒区駒場 4-6-1

表1 アジアでの環境リスク

リスクの種類	最悪のシナリオ	リスク低減の対策コスト	リスク低減のベネフィット
越境汚染	生態系酸性化, 海水汚染	廃棄物処理技術の移転	生態系の再生, 健康回復
温暖化	異常気象, 陸地の損失	省エネ, エネルギー転換	生態系の再生, 食料増産
エネルギー不足	中国がエネルギー需要独占	省エネ, エネルギー転換	石油の早期枯渇回避
食料不足	中国が穀物大量輸入	環境保全, 増産技術の開発	食料増産, 飢餓の回避
水不足	農業用水不足, 地盤沈下	灌漑の効率化, ダム建設	食料増産, 衛生改善
放射能汚染	事故, 核によるテロリズム	管理強化と管理技術の移転	汚染事故, 犯罪の回避
環境難民	隣国・先進国への流入	生存権確立のための援助	政情および民生の安定

3. アジアでの環境リスク

このようなリスクマネジメントの観点から、アジア全域に影響または共通する環境リスクとして考えられる越境汚染、温暖化、エネルギー不足、食料不足、水不足、環境難民などのリスク、コスト、ベネフィットの内容を表1に整理した。

各国国内での環境悪化も含めて、アジアでの環境リスクには、特徴的な次の4点がある。

第一は、疲弊した生態系と乏しい資源である。人口一人当たりでの資源量を見ると、アジアは明らかに貧しい。特に中国では、文明の負の遺産ともいえる人口圧と稀少な自然資源（例えば恒常的な水不足と日本の5分の1しかない森林被覆率）が経済発展の隘路となっている。また、アジアの植民地時代の半強制的な単作農業による多様性の乏しさや、戦争の傷跡（地雷の敷設など）は、生態系に大きなダメージを残している。

第二は、工業に傾斜した急激な経済発展である。一般的に途上国は、植民地からの調達やフロンティア（未開墾地）を十分に持たないために、天然資源の売却あるいは農業からの「収奪」によって工業化への原始蓄積を行う。そのようにして中国やインドは、急速に増加する人口を養いながらの急速な工業化、それも軽工業からではなく重工業からの工業化を進めた。しかし、工場建設やインフラ整備の際の環境アセスメントは十分ではなく、かつての日本型の公害が各地で再現されている。同時に、農業から人が離れることによる都市のメガポリス化やスラム化もアジア全般で進んだ。その一方で、土地を失い都市にも行けない農民は、森林を伐採して換金作物の栽培を行うことによって土地をさらに疲弊させている。

第三は多様な政治体制である。環境破壊と政治体制との関連については議論があるとはいえ、少なくとも

アジアの多くの国においては、環境破壊の被害者の声が十分にくみ取られることは、物理的・制度的に容易ではない。また、「人権」とともに「環境保全」が西欧型の価値観の押しつけと解釈されやすく、政府が環境保護団体の政治団体化を懸念する場合もある。

第四は、「権威」の不在である。ヨーロッパにおけるEU（ヨーロッパ連合）のような超国家的な権威組織が、アジアには存在しない。様々な発展段階、政治体制、宗教が存在する状況において、ASEAN（東南アジア諸国連合）、APEC（アジア太平洋経済協力会議）、ARF（アセアン地域フォーラム）、EAEC（東アジア経済協議体）などが地域共同体として存在または構想されようとはしている。しかし、いずれも拘束力はEUに比べて意識的に弱く設定されており、「環境安全保障」を積極的に議題にするという姿勢は現時点では見られない。

4. 環境リスクマネジメントとしての「共同実施」

4.1 「共同実施」への期待

地球レベルの環境問題への対応が進展しない現状で、地球温暖化および生態系酸性化のリスク低減を目的として、途上国での環境保全対策を先進国と途上国が共同で行う「共同実施（Joint Implementation）」のスキームが、「環境安全保障」の枠組み構築のきっかけとして注目されている。1995年3月にドイツのベルリンで行われたCOP1（第一回気候変動枠組み条約締結国会議）でも、「共同実施」が主要な議題の一つであった。会議では、2000年までを、先進国に排出権などのクレジットを与えない自発的なプロジェクトによるパイロットフェーズとすることで合意が得られた。

「共同実施」が期待される理由は3点ある。

第一は、その経済合理性である（図-2）。例えば、

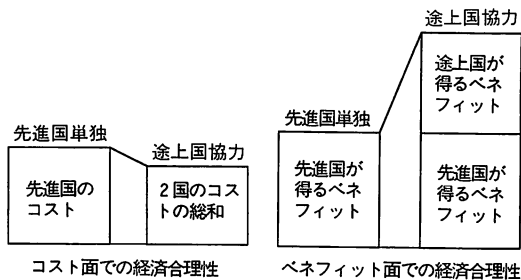


図-2 「共同実施」の経済合理性を示す概念図
(越境汚染物質の排出削減の場合)

大気汚染リスクの低減を目的とした対策を講じる場合、大気汚染物質排出の削減限界コストは各国で異なるので、限界コストの小さい途上国でより多く削減を行った方が、全体的に見ればコスト効果が高いことは明らかである。特に、越境汚染で、汚染物質の「送り手」が限界コストの小さい途上国の場合、途上国での汚染物質の排出削減は、汚染物質の「受け手」である先進国国内での対策コストの節約につながり、全体的なコストも小さくなる（コスト面での経済合理性）。また、越境汚染で国と国が影響しあう場合、「共同実施」によって両国がベネフィットを同時に得ることができる（ベネフィット面での経済合理性）。すなわち、先進国が途上国での排出削減に協力するグローバルアプローチの方が、個別に努力するナショナルアプローチよりも経済合理的であることが、大きなインセンティブになると期待されている。

第二は、その実効性である。これまでの「環境安全保障」の枠組み構築による環境リスク低減の試みとしては、多国間あるいは2国間での大気汚染物質の一律な排出削減などがある。しかし拘束力の欠如などから、実際に望ましい結果が得られた例は多くない。また、炭素税や「排出権」取引が構想中あるいは一部の国家で実施されているものの、地球的な規模での具体化はまだ当分先であると思われる。一方で「共同実施」の場合は、2カ国の強いコミットメントが基礎にあるため、強い拘束力が存在する。

第三は、途上国への技術移転の突破口としての役割である。1992年のブラジルサミットで確認された先進国から途上国への技術と資金の移転が、現実的には期待されたほど進展していない。このような状況をとにかく打ち破ることが、「共同実施」に期待されている。また、政策の策定過程において、技術移転の具体的な

コストベネフィットが明らかになるとともに、より途上国に適した技術開発自体が進む可能性があることも大きな意義を持つ。

4.2 批判と課題

現段階のスキームでは、先進国は「共同実施」によって、国際的な認知（「排出権」のクレジットなど）を受けない。また、「排出権」取引市場の構築というよりも、これまでの二国間の協力体制の上に、さらに実績を積み重ねるという方向で考えられている。それでも「共同実施」に対しては、「排出権」取引とともに、先進国が国内での排出削減努力を怠ることにつながるという批判が根強く存在する。また、「共同実施」に積極的なアメリカによって実際に計画されているプロジェクトの多くが、ラテンアメリカなどでの植林であり、途上国が求める省エネ・環境保全技術の技術移転にはなっていない。大気のような「社会共通資本」の取引に対する経済倫理的な批判もある。さらには、財源の調達・分配という問題や取引コストの大きさも懸念される。

ただ、「角を矯めて牛を殺す」ことは愚かであり、人類には時間的な余裕もない。また、何らかのインセンティブがなければアクションは起こりにくい。批判や課題に配慮しながらも、「共同実施」を冠した新規の途上国協力によって、技術移転が実際に進展することが望まれる。

5. 「共同実施」の事例研究（日中の酸性化問題）

5.1 背景と方法

日本の場合、検討すべき「共同実施」の政策課題としては、地球温暖化とともに、中国大陸での硫黄排出による東アジアの生態系の酸性化のリスク低減のための対策が考えられる。後者のいわゆる越境酸性雨問題に関しては、ヨーロッパ諸国が長い歴史を持っている。硫黄排出の一律削減協定なども、すでに地域的に締結されており、その経済的な評価に関する研究の蓄積もある。例えばTahvonenらは、フィンランドと旧ソ連の間で1987年に締結された酸性雨協定（国境付近での硫黄排出の一律50%削減）の経済評価を行っている。

本節では、彼らの研究をもとにして筆者が行った、日中間の越境酸性雨問題の数量的把握および日中協力の経済合理性に関する数量分析を紹介する。方法としては、日本と中国（単位面積当たりの硫黄排出量がアジアで最高水準にある遼寧省、山東省、河北省、山西省などを含む東部地域）の間での越境酸性雨の状況を

数量的に把握し、日本と中国の持つ複数の政策オプション（選択肢）による排出削減の直接対策コストの計算を試みた。オプションとしては次の4つを考える。

- 1) 「静観」オプション：日本と中国の両国とも、新規の脱硫対策による硫黄の排出削減を実施しない。
- 2) 「非協力」オプション：中国は排出削減は実施せずに、日本のみが新規の排出削減を実施する。
- 3) 「弱い協力」オプション：日本と中国が一律に排出削減の割合を決めて実施する。
- 4) 「強い協力」オプション：日本では新規の削減を実施せずに、日本からの技術・資金面でのサポートを前提に、中国のみにおいて排出削減を実施する。

この4つのオプションの中では4番目の「強い協力」オプションが「共同実施」に対応している。硫黄の排出と沈着の一般的な関係は図-3、硫黄の長距離輸送に関する中国と日本の影響関係は図-4のように表せる^(*)1)。硫黄沈着量 Q を、日本と中国東部のそれぞれの硫黄沈着量 Q_{Japan} と Q_{China} からなるベクトル、硫黄排出量 E を、日本と中国東部のそれぞれの硫黄排出量 E_{Japan} と E_{China} からなるベクトル、 A を行列式で表される硫黄の長距離輸送の輸送係数、 B を非人為的および日本と中国東部以外での発生源による硫黄沈着量 Q への寄与量 B_{Japan} と B_{China} からなるベクトルとすれば、 $Q = AE + B$ と表される。この A と B は、現在の排出量・沈着量、日本の沈着量の中での中国由来の分の割合などから求められる。両国における限界直接対策コスト（単位硫黄排出量あたりの排出削減コスト）が明らかになれば、日本と中国での硫黄沈着量、排出量、直接対策コストの関係が一元的に定まる。

5.2 分析結果と今後の課題

筆者の第一次近似的な計算により、以下の点が定量的に確認された^(*)2)。

註*1) 日本での硫黄の排出量・沈着量および中国と日本の影響関係は電力中央研究所（1994）、中国での硫黄排出量は科学技術庁（1993）などのデータを用いた。但し、中国での硫黄排出量 E と沈着量 Q の関係は、IIASA（国際応用システム解析研究所）と世界銀行によるRAINS-ASIAモデル（1994）などを参考に、筆者が $Q = 0.65E$ と設定した。また、中国の硫黄排出量の中国大陸の中での割合から、日本での中国大陸由来の硫黄沈着量の85%を中国由来と設定した。さらに、電力中央研究所（1994）による日本上空の空気塊のバックトラジェクトリ（評価地点から風向きを逆向きにたどって求めた軌跡）の観測データなどを参考にして、中国由来の80%を中国東部由来と設定した。

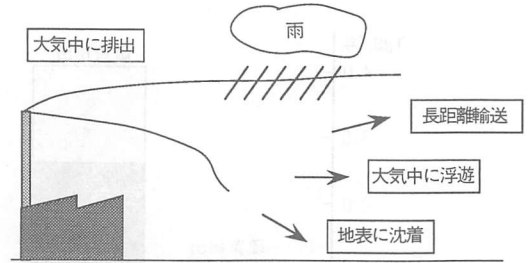


図-3 硫黄の排出・沈着の概念図

- 1) 中国で何も脱硫対策がなされなければ、硫黄沈着量は図-5のように推移する。
- 2) 日本単独による硫黄の排出削減努力では、日本での硫黄沈着量の低減に限界がある。また、中国での削減コストが日本に比較して十分に小さい場合に、中国での削減によって日本での削減コストの大幅な節約が可能になる。この場合、二国のコストの総和が日本単独でのコストの総和よりも小さくなる（コスト面での経済合理性の確認）。
- 3) 直接コストだけを考えれば、中国での削減コストが日本に比較して十分に小さい場合に、「弱い協力」（一律削減）は、「強い協力」（中国におけるより大きな削減）というオプションと比較して経済合理的でない。

しかし、この計算は以下の点でさらに綿密に検討する必要がある。

第一に、自然科学分野の研究によるより信頼性の高いデータのインプットが望まれる。例えば、アジア全域での硫黄沈着量に関して信頼できるデータは、いまだ存在していない。日本のイニシアティブによって東アジア酸性雨ネットワークなどのモニタリングシステムが整備されようとしているが、ようやく共通のプロ

註*2) 日本の限界直接対策費用は、経済企画庁（1995）が帰属環境費用の計算過程で利用した二酸化硫黄排出防止対策設備の減価償却分およびランニングコスト（1億4千万円/万吨硫黄）のデータを用いた。中国での値を日本の10分の1程度として計算した場合に、コスト面での経済合理性が確認された。もちろん、日本から技術移転を行った場合は、現実的には大きな初期投資が必要となり、これが技術移転に対する障壁となっている。しかし、日本はすでに80%以上の硫黄除去率（発生した硫黄を大気に排出する前に脱硫装置などによって除去している割合）を達成している（経済企画庁、1995）。一方、中国では技術・資金不足のために脱硫装置の装備率は、ほぼゼロに近い（徐ら、1995）。したがって、日本と中国の限界直接対策コストの差は、技術開発および技術普及が進展すれば、さらに大きくなっていくことが予想される。

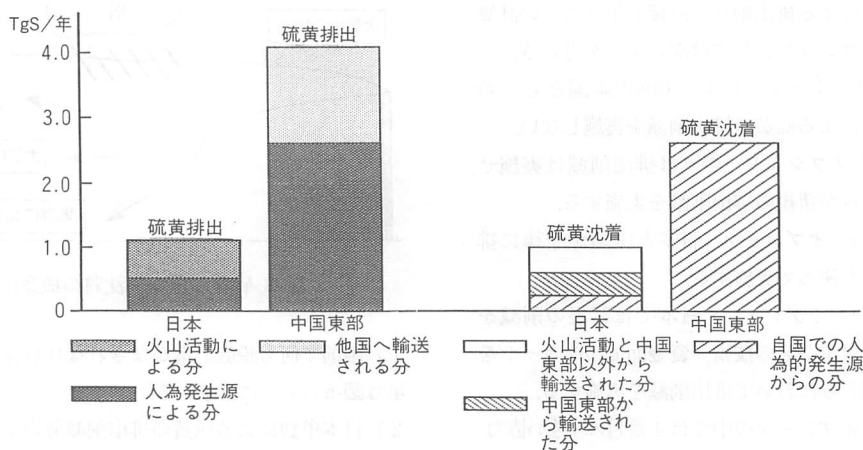


図-4 日本と中国（東部）の影響関係

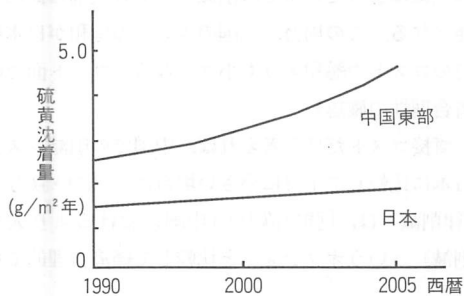


図-5 「静観」した場合の硫黄沈着量の推移

トコールが決定されつつあるのが現状であり、十分なデータが得られるのは数年先とされている。

第二に、コスト計算をより精緻化する必要がある。脱硫技術の技術移転の具体的な対象としては、選炭あるいは洗炭、脱硫剤を含んだ石炭のブリケット化、省エネと脱硫の二つのメリットを持つ流動床ボイラー、乾式・半乾式の簡易排煙脱硫装置などが考えられる。本来は、それぞれ個別の状況での比較可能なコスト計算および導入順序の検討が必要である。また、前述の

間接対策コストも無視できない。実際の政策策定や企業活動においては、このコストがクリティカルファクターになる。

第三に、ベネフィットの数値化を行うことによって、図-2で示したような「共同実施」のベネフィット面での経済合理性を具体的に明らかにすることが必要である。中国での硫黄の排出削減が進化した場合、日中両国においてベネフィットが生まれる。ちなみに、酸性化の深刻な中国四川省重慶市の環境科学研究所によって、酸性化による被害が貨幣価値化されている(表2)。酸性化対策による状況改善は、この被害の減少をもたらす。実質的にそれは重慶市にとって巨額なベネフィットとなる。中国全土および日本での、実地調査に基づいたこのような研究の充実が望まれる。

6. おわりに

これまでの分析を踏まえて、環境リスクのマネジメントを今後進めていく上で重要だと筆者が考える点を記しておきたい。

表2 酸性化対策による被害とその貨幣価値

	生態系	健康	人工物
酸性化地域と一般地域との被害の差	野菜・穀物生産量25%減少。森林5147平方キロ被害(300平方キロ枯死)。	肺ガン死者数2倍。呼吸器系の患者割合2倍。一人当たり医療費4倍。	金属の腐食スピード8倍。塗装寿命1年(一般地域の半分以下)。
ベネフィットの貨幣価値(年間)	穀物479万円。野菜2873万円。森林410万円。	患者一人当たり医療費約90万。労働損失と合計で23167万円。	金属材料3510万円。塗装費損失と合計で12581万。

(中国四川省重慶市での1992年の調査より。1995年10月現在の為替レートは、1元=約12円)

第一は、学際的な政策研究の必要性である。前述のように、環境リスクマネジメントには自然科学分野と社会科学分野の両方からのインプットが不可欠である。また、エネルギー経済モデルを用いるトップダウンな分析とともに、個別の技術評価や地域的な環境汚染のデータを長期間の地道な現地調査によって集めるようなボトムアップな研究も必要である。そして、「共同実施」などの政策作りを効率的に進めるためには、国家的なプロジェクトとして学際的な研究者の組織化が不可欠である。

第二は、技術開発の戦略性である。技術の空洞化を防ぐためにも、途上国のニーズにあった環境保全技術を、日本の高い技術力によってまず日本において研究開発するべきである。同時に、知的所有権を保持しながら、安い生産コストと途上国国内での技術伝播の促進の2つを考慮した技術移転システムの構築も不可欠である。これらは「共同実施」の経済合理性をより高めることにもつながる。

第三は、政策実施のタイミングである。環境リスクが増大している現状を鑑みれば、数量分析の厳密さにこだわるよりも、試行錯誤を繰り返しながらも何らかの政策を実施していくことが必要だと思われる。少なくとも、「共同実施」などの枠組み構築の検討は、途上国とのコミュニケーションのチャンネルを増やすことになる。

第四は、国内でのコンセンサスの早急な形成である。これまでのODA（政府開発援助）およびグリーンエイドプラン（通産省による対途上国環境保全協力プログラム）などの既存の海外援助と、ここで取り上げた「共同実施」などの新しい枠組みとの関係、そしてこれらの援助協力とPPP（汚染者負担原則）との整合性など、コンセンサスの形成を要する課題は山積している。「共同実施」の場合も、先進国から途上国への

何らかのサイドペイメント（手付け）がなければ、途上国が積極的に動くことはないと思われる。実際には、環境以外の様々な政治、経済に関わる利害の調整に「環境協力」が交渉カードの一つとして使われることも予想される。

以上、環境リスクのリスクマネジメントに関して、現状と今後の展望の総括を試みた。

アジアには、環境破壊とエネルギー不足によって、人々の生存権の行使すらままならない状況が数多く存在する。すなわち、表1での最悪のシナリオはすでに現実化しつつある。このような現状の打破には何らかのレヴェレッジが必要である。「地球社会における日本の役割」に関する長期的ビジョンをどのように持ち、短・中期的にどのような政策を実施するかを真剣に考える時だと思われる。

参考文献

- 1) ジョン・ディクソン、メイナード・ハフシュミット；環境の経済評価テクニック、長谷川弘訳、築地書館、1993
- 2) 定方正毅ら；酸性雨原因物質の発生源対策と酸性雨による陸上生態系被害の制御、文部省「人間環境系」重点領域研究報告集G088-N16B-01、1993
- 3) Olli Tahvlon et al ; A Finnish-Soviet Acid Rain Game : Noncooperative Equilibria, Cost Efficiency and Sulfur Agreement, Journal of Environmental Economics and Management 24, 1993
- 4) 科学技術庁；アジア地域のエネルギー利用と環境予測、1993
- 5) IIASA & World Bank ; RAINS-ASIA, 1994
- 6) 電力中央研究所；「酸性雨の影響評価」電中研レビュー No.31, 1994
- 7) Tim Jackson ; Joint implementation and cost-effectiveness under the Framework of Convention on Climate Change, Energy Policy, Vol.23, No.2, 1995
- 8) 経済企画庁；環境・経済統合勘定の試算について、1995
- 9) 重慶環境科学研究所；重慶地区酸沈降物对环境影響及对策研究、1992
- 10) 徐開欽ら；中国における酸性降下物の現状と対策、土木学会主催第2回地球環境シンポジウム講演集、1995