

わが国における発電システムの外部性評価の実施に向けて

Toward Implementation of Assessment of Externalities of Electricity Generating Systems in Japan

谷口 武俊*

Taketoshi Taniguchi

1. はじめに

1987年、ブルントラント委員会が、環境と開発の統合、いわゆる“持続可能な開発”というコンセプトを提唱した。これは政治的意思、制度的変革そして市場経済自身の変革を求めたものである。これを受けて、各国において政府、産業界、学界そして市民レベルで自立的に「環境にやさしい」社会構造になるための処方箋を探すべく多くの活動が展開されてきている。このような流れのなか、エネルギー・電源の開発利用に係る分野においても、政策的対応や技術開発はもとより、当該分野と環境問題・経済発展等に関する分析研究が進められてきた。なかでも1990年代に入り、グローバルかつ長期の視点からエネルギー・地球環境問題の基本的構造への理解を深め各種シナリオ下での将来のエネルギーシステムの描写を試みるモデル分析や環境負荷のライフサイクル分析など、持続的な開発という文脈の下、エネルギーシステム分析研究は大きく進展した。わが国においてもこの分野の研究は大学・研究機関を中心に集中的に実施され、国際的にも第一線の研究水準に達している。

では、本特集の主題である外部性評価というエネルギーシステム分析研究は如何なる状況にあるだろうか。エネルギーシステム、とりわけ燃料資源の採掘から発電そして廃棄物処理処分に至る電力生産活動の全燃料

サイクル工程において生じている外部性の定量評価¹⁾は、OttingerやHohmeyerやPearceの研究を契機とし1990年代に大きく進展した。そして、その中核となったのは1991～1994年に実施された米国エネルギー省と欧州連合の「燃料サイクルの外部コスト評価」研究である。その後EUではExternEプロジェクトとして加盟国が国別評価を行う形で7年余り継続・発展してきた。その他、ニューヨーク州政府・電気事業者やカリフォルニア州エネルギー委員会やオンタリオハイドロ社による環境外部コスト評価、国際11機関による国際共同研究プロジェクトDECADES、IEAのGHGプログラムにおけるFull Fuel Cycle Studyと、海外において大規模かつ集中的に多くの研究プロジェクトが実施されてきた。

一方、わが国においては、90年代当初、総じてエネルギー・電源の開発利用計画の立案や意思決定に関わる関係者間に環境外部性やその内部化といった社会的費用という視点からエネルギー問題を論じるという意識が希薄であったと言っても過言ではなからう。そのため、同時期に進められていた国際的な研究活動への関心は薄く、わが国として総合的な研究プロジェクトを自発的に立ち上げる雰囲気はなかった。また、その背景には本学会誌1995年6月号の特集「エネルギーと社会的リスク」でも指摘したように、エネルギーシステムのリスク分析に係る方法論やデータベースなどの整備が進んでいなかったこと、外部性評価研究が求める学際的な研究の推進が不得手であったことが挙げられよう。そして、その基底には包括的な政策決定や計画策定という視点の欠如、また、政策・計画プロセスさらには社会全体のなかにリスクの存在を明らかにし、それらを社会全体で管理していくという考え方が明示的になかったことが指摘できよう。

本稿では、わが国における発電システムの外部性評価研究の本格的な実施に向けて、まず外部性評価研究の意義を整理した上で、今後取り組むべき課題につい

注1) エネルギー・電源システムの外部コストは、現在適用している技術や社会環境条件の下、当該システムが社会に与えている種々の残留リスクの経済的価値、いわゆる損害コストを評価し、そのコストのうち、既に制度的に市場のなかに内部化されているコストを差し引いてものを言う。ExternE等の評価研究ではこの既内部化のコストについての検討は国の制度（エネルギー税制など）により異なることなどから詳細な分析は行われておらず、とりあえず内部化されているコストは考慮せず、損害コストを外部コストとして称していることに厳密には留意する必要がある。

* 財団法人電力中央研究所 経済社会研究所上席研究員
〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1 大手町ビル7F

て私見を述べてみたい。

2. 外部性評価研究の意義と活用

90年代後半以降、わが国におけるエネルギー・電源の開発利用計画の立案・意思決定を取り巻く状況は、環境問題への対応が一層のリアリティをもってきたことや、規制緩和による競争市場への移行で大きく変化している。これに応じて、わが国においても政策・計画に関わる関係者に社会的コストの視点から検討する必要があるとの認識が生まれている。一方、環境保全に関心をもつ市民やグループにも、外部コストや社会的コストという言葉を使うか否かは別にして、環境経済学の教えるところの、1) 環境と経済運営は相互依存関係にある(環境はプラスの経済価値をもつ)、2) 環境をゼロの価値として扱うと環境が提供するサービスを過剰消費する、という“環境の価値”を評価することの意味が徐々に理解されつつある。

以下、外部性評価の意義とその活用について簡単に整理してみたい。

●エネルギー・電源開発利用の包括的な政策・計画

エネルギー・電源の開発利用の立案・意思決定は、ますます不確実で時間的・空間的な拡がりをもったマルチクライテリア問題になってきている。そこでは、エネルギーシステムが人々の生命や健康に与えるリスク、自然環境に与えるリスク、国家のエネルギーセキュリティや社会経済活動に与えるリスク、原子力エネルギーの開発利用に伴う核拡散リスクというような政治的な意味合いの強いものまで含め、それぞれのリスク・トレードオフを社会的便益との関係で包括的に検討する必要がある。

エネルギー・電力の競争市場への移行に伴い、電源選択やエネルギー政策においては多様な技術選択肢をlevel playing field、すなわち同等の条件下で扱うべきとの考えがある。そこでは、各技術選択肢が有する外部性も考慮し社会的コスト最小化の観点からの技術選択が志向される。統合資源計画(IRP)はその典型例であり、また環境ディスパッチングの考え方もその例である。

政策選択や計画立案に外部性要因を組み入れるアプローチは、まさに当該要因に関する取引市場が存在していないため、市場の代用とすることに他ならず、次に述べる外部コスト内部化実現の代替策と言えよう。

●外部コスト内部化方策の検討

上に述べたアプローチを一步進め、外部性を最適水

準に向けていくアプローチが外部コストの内部化である。この具体的な方策には直接的な規制と経済的な手法がある。

直接規制の手段である環境基準や安全基準は、合理的な意思決定者として規制者が外部性の概念である社会的望ましさを念頭に置きつつも、技術的要因や政治的要因さらには社会的関心などに大きく影響を受け設定されるものである。現在利用されている発電システムは当然のことながらこれらの基準を満たしているが、各システムの残留リスクや損害コストには大きな差がある。すなわち各発電システムにより損害コストの内部化の程度に差異があることが予想される。外部コスト評価研究は、現状の規制下で外部コストが如何なるレベルにあるかを明らかにし、もし同じリスク水準あるいは損害コスト水準にするとしたら、規制基準を強化あるいは緩和すべきか、規制基準の再考に情報を提供することができる。

しかし、事業者の経営活動の自由度を担保しつつ外部コストを最適水準に誘導する方策としては、市場(価格)メカニズムを利用した形での方策、いわゆる経済的手段の活用が直接規制より有効であるとされ、環境税や譲渡可能な排出権や補助金といった手段の活用が検討されているのは周知のとおりである。環境税はどれくらいにすべきか、の問題は政治的にも社会経済的にも多くの要因が絡み複雑で現実的には試行錯誤を要するが、外部性評価はその議論の出発点ともなる情報を提供するものとなる。

●エネルギー環境問題に関する理解促進

社会において健康および環境保全への関心は一層高まりつつあり、さらには政策決定過程への参加意識が生まれている。そこでは、まずエネルギー・電源の開発利用に伴うリスクや便益に関する情報が人々の間で共有化されることが前提となる。エネルギーの利用によって社会にどのような外部性をもたらされているか、真のエネルギーコストとはどの程度なのか、広く社会的な視点からエネルギー環境問題や各発電システムの特徴について理解を深める素材として、外部性評価研究の成果は教育・情報公開などを通して社会に提供されることが必要である。

その他、ExternE等で採用された影響経路アプローチ(あるいは損害関数アプローチ)に基づいた環境外部コスト評価研究を展開していく過程では、わが国にとっていくつかの副次的な研究成果が生み出され、その活用が期待される。その第一は、環境影響評価の高

度化である。従来、発電所の環境影響評価は当該プラントから排出される環境汚染物質の排出量、濃度分布が環境基準以下であるかを評価・確認するもので、地域環境や生態系への影響は定性的な評価に留まっている。しかし、環境規制の大きな潮流は、従来の環境影響評価を一步進めて人の健康や生活環境・生態系へのリスクに着目するとともに、それらを科学的に定量評価し判断する、そして情報を開示していく方向にある。今後事業者や行政は種々の場面でリスク管理の視点から説明を求められることが予想されるが、外部性研究は環境リスク評価手法の開発を通して大きく貢献すると考える。第二は、費用効果分析における基盤情報の提供である。外部性評価では、統計的生命の価値や環境財の価値に関する情報が不可欠である。わが国の社会環境下で人々の選好の測定に基づいた経済的価値付けに関する情報が外部性研究を通して得られれば、それらは行政施策の費用対効果分析や企業において試みがなされている環境会計の確立（環境保全投資による収益の評価）に寄与するであろう。第三は、自然科学・社会科学における重点課題の同定である。外部性研究は、技術的情報に加え環境科学や疫学や経済学さらには社会心理学など多くの学問領域の知識・知見の統合を要する学際的研究であるが、この実施を通して各分野における現在利用可能な方法論やデータの不確実性や未解明の要素を明らかにすることは、当該研究分野の発展に寄与するであろう。

3. 今後の研究課題

本節では、筆者がこれまで予備的分析ではあるが行ってきた発電システムの外部コスト分析の経験などを踏まえ、今後わが国で評価研究を展開していくにあたって特に独自に実施すべき課題を幾つか述べてみたい。

●環境・健康リスク分析に係る課題

発電システムがもたらす人の生命や健康、環境に対するリスクの分析に係る課題の第一は、分析対象とするバウンダリー、いわゆる時間的、空間的そしてモード（定常時、事故時）を明確にし、対象とする発電システムにおける外部性要因を同定することである。特にエンドポイント（最終影響点）を如何なる指標で評価するか、評価可能かを明確にする作業は外部コストとして評価するにあたって重要であり、なかでも環境影響の評価指標の選択は大きな課題である。

第二は、複数の環境媒体やライフスタイルを考慮した汚染物質・有害物質の暴露評価であり、データベ-

スの整備とともに複数環境媒体経路モデルの開発が望まれる。

第三は、化石燃料発電で重要となる大気汚染物質（SO₂、NO_x等）の二次粒子生成の評価である。天然ガス発電プラントの運転に伴う健康リスクはオゾンによる影響が支配的であり、欧米の先行研究でも二次粒子生成モデルの開発は大きな課題でもあった。わが国の発電プラントは海岸線に立地し、排煙は海風・陸風。急峻な地形の影響を受け拡散挙動は複雑である。質の高い分析を行うとすれば、USEPAが推奨しているUAM-V（オイラー型メソスケール物質輸送モデル）のような三次元モデルの活用もあるが、外部性評価に求められる精度を考慮すれば、より簡易なモデルの開発が求められる。また二次粒子生成に関しては、硫酸塩や硝酸塩といった浮遊粒子状物質（SPM）による影響も見逃せず、微小粒子PM2.5の健康影響評価は欠かせない。

第四は、健康影響や環境影響に関する線量-反応関係式（dose-response relationship）の科学的レビューである。健康・環境リスク分析のクリティカル・ポイントである線量-反応評価関数は、実験室研究や疫学研究から生成されるが、主要な大気汚染物質のそれらについて、わが国には科学的信頼性をもって利用可能なものはないのが現状である。わが国の社会環境条件下における情報が望ましいことは言うまでもないが、時間的制約を考慮すれば、先行研究で詳細にレビューされた情報をわが国の条件に照らしたとき、どのような限界を認識して利用すべきかを環境医学や疫学分野の研究者にレビューしてもらうことが重要である。また、先行研究で用いられている線量-反応関係式には、汚染物質濃度変化量と死亡あるいは疾病増加率といったものだけでなく、例えば汚染物質濃度変化量と通院回数、あるいは活動制限日数といったものの関係も利用されている。これらの指標は経済的価値の評価に直結しているが、これらの関係式の開発には疫学研究者だけでなく経済学者なども関与しており、わが国においてもこのような共同作業による研究の展開が今後望まれる。

第五に、地球温暖化影響の評価がある。温暖化影響は現在最も大きな外部不経済であるが、その物理的メカニズムの不確実性はもとより排出・影響間のタイムラグや多様なエンドポイント等の問題を抱え定量化はシナリオに大きく依存する。この課題については国際的な研究の進展を待たざるを得ないが、わが国も研究

への積極的な参画が必要である。

●生命・健康影響や環境影響の経済的価値付けに係る課題

経済的価値付けについては、本特集において述べられているので詳細は割愛するが、外部コスト評価において重要かつ論議を呼ぶ作業である。わが国においてもここ数年来、環境経済研究者らにより生態系等の環境財についての経済的価値評価が、人々の表明選好を測定するCVM（仮想評価法）やコンジョイント分析を用い行われつつあるが、今後エネルギー・電力の利用に伴う環境影響という文脈での測定研究が望まれる。また、統計的生命の価値（Value of Statistical Life）やVOLY（Value of Life Years）の測定研究も実施しなければならない。健康リスクの変化に対する人々の選好を反映するWTP（支払い意思額）やWTA（補償受入れ意思額）は、所得や年齢といった個人属性はもとよりリスクに対する認知や価値観など多くの心理的要素が作用する。したがって、原子力発電プラントの過酷事故に対するリスク嫌悪感、大気汚染物質暴露といった非自発的なリスクや子供や将来世代といった他者に及ぶリスクに対する選好など、種々のコンテキストの下でのわが国独自の調査・分析が必要であり、経済学やリスク心理学等の研究者の共同作業が望まれる。

その他、研究課題としては転用可能性（transferability）と集計（aggregation）の問題がある。経済的価値付けの原単位や先に述べた線量－反応関係式などは、言うまでもなくわが国独自の情報に基づいていることが望ましいが、現状においては諸外国の情報を活用せざるを得ない。したがってその際には、転用可能性についての慎重な検討やメタ解析などが必要である。また、トータル値を得るために各要素の値を単純に足し合わせることはできないかもしれない、という経済学という後者の問題は、特に異なったエンドポイントの集計や異なった価値観の集計による社会的価値の評価などにおいて重要な研究課題である。

●非環境外部性に係る課題

社会コストの決定において非環境外部性は環境外部性に劣らず重要である。いくつかの潜在的な非環境外部性は、環境影響と同様、物理的な影響および経路を有しているが、ほとんどのものは直接的な経済影響をもたらす。現在、潜在的な非環境外部性として挙げられているのは、市場の失敗（雇用、職業上の健康・安全、公共財の利用などに係る外部性）、エネルギーセ

キュリティ、政府の失敗あるいは規制上の外部性（経済への政府の介入に関連して生じる外部性で、例えば行政コストや公益事業規制に関連した限界コストによる価格付けからの乖離など）である。エネルギー政策を論じるとき、常にエネルギーセキュリティが一つの論点となる。この問題には、国際市場における戦略的な消費行動、エネルギー資源の信頼性と関連する国家セキュリティ、軍事・外交政策問題、貿易均衡を含むマクロ経済問題などが含まれるが、未だ包括的でより定量的な分析研究はなく、今後の大きな課題である。

4. おわりに

本稿では発電システムの外部性評価研究の必要性および研究課題について述べた。外部性も考慮した社会コストという視点からエネルギー環境問題を議論すること、さらには外部コストの市場メカニズムへの内部化が社会的に望ましいことは言うまでもない。しかし、多くの関係者が指摘するように、欧米の先行研究においても未だ外部コスト評価には多くの解決すべき方法論、データ上の課題があり、不確実性の大きさを考えたとき、その評価値は政策への統合化に供するには至っていないのも事実である。ただ、この事を理由としてわが国において総合的な研究の展開に意義なしということにはならない。環境外部性やそのコスト情報は電源選択に係る意思決定の全般的な効率性を改善しうるものであることは間違いない。

本来、エネルギー・発電システムの外部性は、ントリー・スペシフィックであり、ロケーション・スペシフィックであり、プラント・スペシフィックである。欧米諸国とは適用技術（設計、安全対策、環境対策等）も地域環境（立地条件、気象条件、人口動態等）もエネルギーに係る制度等も異なっている。わが国の社会環境条件下で各発電システムがもつ外部性とは如何なるレベルか、社会としてこれをどう捉え、どう対処していくか、総合的な研究の推進が必要である。ExternEを始めとする研究により開発された方法論や科学的知見など後発の利益を活用しつつ、世界の関係者に新たな知見を提供すべく各研究分野の深化、探索が求められる。

最後に次の点を指摘しておきたい。ここ数年来、わが国においても一部に外部性研究の重要性の認識はあったが、どのような立場にある組織が研究資金の確保も含めて実施するのか、特定の組織が実施したとき、特定の発電システムを擁護した評価と見られないかとい

た懸念があり研究実施以前に大きな壁が現実存在していた。しかし、研究は本来、現状の科学的知見に基づいて評価した結果を提示し、その結果のトレーサビリティを透明にしておけばよいものである。それらの結果をどう解釈するか、価値判断は研究活動とは別次元の作業である。米国ではエネルギー省や州政府さら

には電気事業者も共同で研究機関との協力の下実施してきている。わが国においても関係省庁・電気事業者・研究機関が連携していくべきである。その結果を基に国民との共考 (deliberation) がエネルギー・発電分野で展開されることを強く期待する。

他団体ニュース

1999年7月に「特定化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善の促進に関する法律」(PRTR法)が成立し、354物質が第1種指定化学物質 (PRTRとMSDSの対象物質)、81物質が第2種指定化学物質 (MSDSのみの対象物質) に決まりました。

このPRTR法が2001年度から本格施行になり、354物質を取り扱っている各種の事業所から、環境への排出量と廃棄物としての移動量が報告され、公開されることとなります (PRTR)。また、435物質を受け渡しする場合には、化学物質安全データシート (MSDS) の提供が義務付けられます。

これに伴い、大学や国公立の試験研究所、民間の企業の研究開発部署の研究者も、自らが使用している化学物質が指定化学物質であるのか否か、また、その毒性や物性はどうかをしっかりと把握して使用物質の選定や管理方法、あるいは教育方法を考えることが求められます。

そこで、これらに役立てるため、横浜国立大学環境安全工学研究室とエコケミストリー研究会では、ホームページ (<http://env.safetyeng.bsk.ynu.ac.jp/ecochemi/>) で、435種類のPRTR・MSDS対象の指定化学物質について、信頼できる情報源を厳選して、7種類の毒性の強さや証拠の確からしさをランク分けして分かりやすい棒グラフで示し、基本的な物性値も併せて提供することにしました。

物質の正式名称やCAS番号、組成式のほか、俗称や略号 (ex.トリクロロエチレンは、トリクレン、TCE等) でも検索できるようにし、使いやすくしました。

また、毒性の意味やランク分けの考え方の解説と情報源、および物性の意味の解説と情報源も示し、さらに主要な情報源にアクセスすることもできるようにしました。

横浜国立大学環境安全工学研究室 教授
エコケミストリー研究会 代表
浦野 紘平