

長計についてご意見を聴く会でのご講演に関する追加質問とその回答

平成16年1月28日に開催しました「長計についてご意見を聴く会(第1回)」でのご講演に関する追加質問とそこへのご回答につきまして、書面にて行いましたやり取りを以下のとおりとりまとめました。

【内山 洋司 教授(筑波大学)】

「将来のエネルギー需給の展望：エネルギー基本計画と今後の課題」について

Q1. 原子力が京都メカニズム柔軟性措置(CDM など)として認められていない理由についての質問(町委員)に対して、「CDM 執行会議などで原子力技術が『持続可能な技術』と認定されなかったからだ」というご説明がありました。先生は、原子力技術を持続可能な技術に含めるためには、どうすればよいとお考えですか。

(答)

大変難しい質問です。“持続可能な発展”の定義から判断されるべき問題かと思えます。定義については、多くの人や機関によって異なった見方があります。たとえば、社会が持続可能な発展をしていくためには、将来の世代に引き継がれているべき資源が、現在の世代の行動によって減少した場合には、現在の世代は将来の世代にそれを補償すべきである、といった定義がある。また、国連の“地球と未来を守るために”環境と開発に関する世界委員会では、持続可能な開発として“将来の世代の要求を満たしつつ、現代の世代の要求も満足させるような開発”を掲げており、具体的な目標を掲げている。基本的には次の3つが重要なキーワードと考えられます。

「環境性」：自然環境、人工的環境および文化的環境の価値を強調する。

「未来性」：短・中期的未来と長期的未来の双方に配慮する。

「公平性」：社会における最も恵まれない人々のニーズを満たすこと(世代内公平性)とともに、将来の世代を公平に扱う(世代間公平性)を強調する。

上の定義から判断すると、原子力がなぜ“持続可能な技術”から外されるのかがよくわかりません。少なくともCOPとCDM執行委員会では認められていません。私としては原子力が温暖化を抑制する対策技術として最も優れたエネルギーであることは間違いのないと思っております。しかし、放射性物質の処分や事故、それに核拡散の問題を言われると、原子力をはっきりと“持続可能な技術”と断言するのが難しくなります。でも、再生可能エネルギーにしても安全性や環境性に問題があるので、基本的にも“持続可能な技術”などはこの世には存在しないのではないかと思います。方策の1つとして、原子力は温暖化対策と経済性において優れていることは事実でありますので、“持続可能な技術に準ずる技術”として位置づけていくようにしてはいかかと思えます。

Q2 . 量から質への転換の議論（木元委員質問）で、「エネルギー政策と情報技術の連携を高め、社会にとっての神経である情報技術を社会の中に取り込み、質の向上を図る」という提案がありました。具体的にエネルギー政策として情報技術について何をすべきとお考えなのか、とりわけ、この観点で原子力の研究、開発及び利用の計画において国と民間とそれぞれがどのような取り組みを求めることが適切とお考えですか。

（答）

軽水炉および書く燃料サイクル施設の経年劣化を診断する技術、修繕保守時のクリーン化技術、地震やテロが発生したときの対策システム、リスクコミュニケーションの双方向情報伝達システム、原子力関連データベースの設計と運営など、安全と安心を支えるリスク情報処理発信システムを構築する。情報は国内の原子力施設、研究機関、大学、民間企業だけでなく、世界の関連施設や機関とも共有する。

Q3 . 同じく量から質への議論の中で、「エネルギー需要の伸びを前提としない新たな発想で、原子力産業自らが需要を作り出すような新たな発展を模索せよ」という提案がありました。ご提案は、エネルギー市場において既存の供給技術を陳腐化させる新しい価値を有する技術を実用化して市場に供給せよという檄と理解しました。国は、このことを念頭において大学や民間のチームによる革新技术開発の提案を公募し、優れた提案を選んで財政的に支援する制度を整備していますが、こうした制度の評価、さらにはご趣旨を実現するための新しい施策（原子力分野の民間の活力を作り出す思い切った政策転換の具体例）についてご提案がありますか。

（答）

原子力分野だけに閉じこもった研究活動でなく、多分野との融合を図る研究活動を活発にする。技術も発電だけでなく、熱供給、淡水化、水素製造などについても実施していく。再処理によって発生する放射性物質を産業に利用する技術開発を支援していく。公募は大学、研究機関、民間企業、海外機関に対して実施する。

Q4 . アジアに対する技術移転（輸出）について

今後アジアへ原子力発電プラント等を輸出する上で、問題点（二国間原子力協定、濃縮ウランとセット？など）は何処にあるとお考えですか。また、国としてなすべきことは何でしょうか。

（答）

軽水炉が技術移転できれば望ましい。途上国の技術レベルからみて、運転や保守修繕、それに安全対策に対する指導も求められる（当然、二国間原子力協定に記載される事項）。

また、途上国のニーズにあった技術の移転も必要になる（淡水化や熱供給技術も対象）。技術移転には、使用後に発生する使用済み燃料の処理処分問題を解決することも不可欠となる。

Q5．現在、多くのメーカー等が東アジアや東南アジアに工場を移転していますが、将来、現地でのエネルギー供給不足や生産コストの上昇、あるいは設計、試作、製品化の効率化、スピード化等に起因し、日本が労働力を輸入し、再び、日本国内での生産が盛り返し、産業部門のエネルギー需要が伸びるということは予測できませんか（単純に人口問題ではなく）。あるいは、そのような検討をされている方、研究所をご存じありませんか。

（答）

国内に雇用需要があれば可能性があります。しかし、外国人の受け入れには、言語、文化、習慣、食事の違い、犯罪など多くの社会問題も同時に発生しますので、簡単な問題だとは思いません。この問題を検討している人と研究所については、私の関係している範囲ではわかりません。

Q6．先生のご意見で「エネルギー供給を支えるのは火力・原子力といった大型技術である。また、分散型電源の燃料輸送のインフラを考えると大型電源から送電線による電気の輸送の方がずっと効率的である」と言われていました。しかし、先生の資料に示されたアンケートにもあるように、今、水素社会ということが熱く語られ、「近い将来燃料電池による分散型電源が伸びる」という意見が多いと思われます。そのようなご意見に対してどのようなお考えをお持ちですか

（答）

水素は電気と同様に二次エネルギーです。天然ガスからの水素転換は電気に比べると効率に優れていますが、輸送と貯蔵の特性は劣っており、また安全性についても大きな問題があります。水素は燃料電池を使った自動車用燃料として期待されていますが、発電用燃料としてはエネルギー効率からみても問題があります。発電用燃料としてのエネルギー効率の評価については、現在、当研究室で細々と研究しております。アンケートでは新しい技術に期待が大きいために、高く評価されたものと考えられます。

【山地 憲治 教授（東京大学）】

「地球温暖化対策における原子力の意義 定量的政策評価の事例として 」

（山地先生の回答はそれぞれの質問についてパラグラフごとに1）、2）・・・と分割して説明されております。）

Q1 . この DNE21 モデルによる解析は、エネルギー安全保障の問題がない世界、単純化していえば単一世界政府の支配している平和な世界を想定して行われていると理解しました。それが正しいとすれば、この解析からは、エネルギー政策基本法によって環境適合性、エネルギー安全保障、そして経済性の確保をエネルギー政策の柱にすることを求められているわが政府が依拠できる政策的含意は得られないのではないのでしょうか。あるいは得られるとしても、それは先生が資料に記載された政策的含意とは異なるものになるのではと思いますが。そうだとすれば、それはどんな風に変更されるべきとお考えですか。

関連して、この世界モデルによる総費用最小化解析を解析の計画期間を 1980 年から 2100 年として実施し、得られた 2000 年あるいは 2010 年という途中の姿を現実の世界の姿と比較して、世界各地域についてその差の発生原因を考察するなどして、この解析結果の性格を明らかにしてから、政策的含意を導くべきではないか、少なくとも配布資料にある含意には、「2000 年からそれまでとは異なり、世界がひとつの政府によって運営され、その政府によってエネルギー需給に関して総費用最小化政策がとられる場合には」という前提条件を明記するべきではないかと思いますが、いかがでしょうか。

付け加えて言えば、原子力発電が 2000\$/KW という前提でしたが、技術進歩による費用逓減をどのようにお考えでしょうか。他電源でも、技術革新が起こるため、相対的に相殺されるということなのでしょうか。

（答）

- 1) 地球温暖化対策という環境適合性、世界エネルギーシステム全体としての経済性という二つの基準については考慮されているので、その範囲内で政策的含意が得られると考えています。エネルギー安全保障については、まずこの基準について定量評価できるように問題設定を行う必要があります。原子力委員会でお考えいただけると幸いです。
- 2) 今回説明したモデル解析は、将来について経済的に望ましいエネルギーシステムを描いたもので、過去を説明するためのものではありません。また、モデル解析の結果は前提条件とセットで解釈すべきものですが、前提条件は数多くヒアリングの配布資料とするのは適切でないと考えて主要なことだけ述べました。必要でしたら入力データファイルをお届けします。
- 3) 現在市場参入している技術(軽水炉を含む)については現状ベースのコスト条件を設定しています。

Q2 . CO2 排出に関して究極の目標を達成するという制約のないケースと、あるケースの比較からの政策的含意の第一は、前者の場合には、人類は、少なくとも今世紀一杯は、安価な化石燃料を利用することになるが、後者の場合には、今世紀後半には、エネルギー効率の向上に資する技術と単位エネルギー生産あたりの CO2 排出量の小さい技術がその程度と経済的競争力に応じて役割を果たす時代が来ること、その場合、現在利用可能な情報に基づけば、そういう性格を有する特定の技術が主要技術として他を圧する供給力となることは予測されず、原子力やバイオ、その他の技術が競合しつつ採用されると予測されるから、現在は、それぞれの技術について、実用化を目指す活動を、適宜に評価を重ねつつ、続けることが適切ということではないでしょうか。

なお、新技術が後半世紀に多く登場するのは、解析期間の終わりに究極目標を達成するという制約を課している結果、全半世紀においては安価なエネルギーを使い、後半世紀においてコストは高いが単位エネルギーあたりの CO2 排出量の小さい技術が大規模に導入するのが最適解の構造になるためであると考えてよろしいでしょうか（バンバン制御が想起されますが）。ですから、これとは違って、あるいはこれにさらに、京都議定書の考え方のように、期間を区切って予防的に排出量制約を課す場合には、新技術の導入がもう少し早まる一方、その導入量はここまで大きくはならないと予測してよろしいでしょうか。勿論、現在取るべき政策を考察する際に参考にするべき政策的含意にはあまり変わらないのでしょうか。

（答）

- 1) CO2 回収・貯留技術を含めてご指摘の通りと考えます。
- 2) 枯渇性資源のコスト上昇や核燃料サイクルなど累積時間に関係する制約があること、また地域的に異なる条件が設定されていることなどから、単純なバンバン制御にはならないと思います。京都議定書のように特定時点特定地域の排出量に制約を課せば、当然結果は変わります。

Q3 . 原子力については、世界政府の成立している前提で、しかも、社会総費用最小化のみに関心がある場合には、原子力発電所の新設は行なわれないこと、他方、2100年において大気中 CO2 濃度の究極目標を達成とする場合には、エネルギー需要の増大に伴って約 50 年後から再び原子力発電所の建設が開始され、仮定されたウラン資源の供給曲線と現在開発目標とされている FBR の資本費が実現するとすれば、FBR も相当規模導入されていくというのが解析の示すところと要約してよろしいでしょうか。

また、ウラン資源が先生の解析で想定されている賦存量よりも多い場合（ウラン価格が上昇しない場合）においても、解析結果は同じと考えてよろしいのでしょうか。

なお、先日の質疑では計画期間を延ばしても解はあまり変わらないとのお答えでしたが、CO2 濃度目標の達成を目指す場合、2 . の質問にありますように、CO2 排出量は

小さいがコストの高い技術を解析期間の最後の部分にどっと導入するのが最適解になるので、たとえば、評価期間を 2200 年までにとると、そうした技術の導入がもっと遅れ、かつ大量に導入されることになり、技術開発のリードタイムが十分すぎるくらいあるということになるのではないかと思います、いかがでしょうか。

(答)

- 1) 同意します。
- 2) 前提条件によって結果は異なります。たとえば、利用可能な天然ウラン資源を 1 億トンとすれば、プルトニウム利用は最適解の中には入ってこないでしょう。
- 3) 2100年以降を考慮しても、2100年までに550ppmという制約が課せられているので、ご指摘のような効果はあっても小さいものと考えます。

Q 4 . この解析結果において、21 世紀後半に利用される原子力技術の経済特性をお示しいただければと思います。これをもとにエネルギー技術、特に原子力エネルギー技術の研究開発が目指すべき目標を定めることは不適切でしょうか。

(答)

- 1) ご説明したモデル解析では原子力の経済性は前提条件であって目標ではありません。前提条件の詳細については入力データファイルをご参照ください。

Q 5 . 後半にお話いただいた、2050 年以降に実施される CO2 排出制約の厳しさに不確実性があるという現実を考慮した解析結果は興味深いものでしたが、これは日本に領域を限った解析ではあるけれども評価期間が同じで費用最小化解析であるにも関わらず、前半の世界モデルの与える技術ミックスと著しく異なる技術ミックスが最適解として得られているのはなぜでしょうか。わが国においては、今世紀後半には供給セクターにおいて増大需要がほとんど生じないからでしょうか。あるいは、21 世紀中にわが国が利用可能なウラン量を、世界モデルが与えるわが国のシェアとせず、21 世紀中わが国が引き続き世界の大国でありつづけ、原子力発電の規模は小さいのに世界のウラン資源のかなりの割合を使えると仮定しているためでしょうか。そうなら、前半の解析がわが国の使用する分としているウラン資源量を用いた場合の解をお示ください。

(答)

- 1) 電力部門だけを扱っているということも含めて前半でご説明したモデル解析とは対象範囲と前提条件が異なりますので結果も異なります。必要でしたら後半のモデル解析についても、入力データのファイルをお届けします。新しい前提で解析するには、別途作業体制を準備いただかなくては対応できません。

Q6．日本に限っての解析は、2050年まで使用済燃料の再処理のモラトリアムを行うべきとの結論と理解しますが、使用済燃料の保管など追加的に発生するコストを考慮した上でも、モラトリアムを選択すべきとお考えなのでしょうか。その際、使用済燃料の取り扱いなどをご教示下さい。

(答)

1) 使用済み燃料の保管コストは考慮されています。

Q7．先生のご意見で「将来の不確実性を考えると複数の選択肢を確保する必要がある。」というのはその通りと思います。ただし重要なのは、その選択肢が実現可能性のあるものでなければならないことだと思っております。そこで、今後の技術開発に対する見通しとその実施に関する実現可能性について、主に次の点について先生はどのようにお考えか基本的なデータを示していただきたい。

- ・ FBRの技術開発の見通しとその導入可能時期
- ・ FBRの性能(増殖比など)
- ・ 技術の成熟化に必要な期間
- ・ 燃料取り出しから再処理までの期間
- ・ コスト(再処理コストなど)
- ・ 立地の可能性(地域事業)(非常に重要であり、時には選択肢の妥当性を決定する最大の要因ともなると思います)

また、このような点を数値化してモデル解析に組み込むことは難しいと思いますが、現実の政策検討の場合には重要なことだと考えます。また、共通の認識に立たないと議論がかみ合わないと思われる。これらについての先生のお考えをご教示ください。

(答)

1) FBRの性能、新技術の導入率制約、サイクルにおける遅れ時間、再処理コストなどモデルの前提条件については入力データファイルを参照してください。立地制約については考慮しておりません。

2) なお、念のため付言しますが、将来は予測するものでなく創るものだという基本認識が必要だと思えます。原子力の将来をどうするかについて指針を示すのは原子力委員会の仕事です。FBR開発を推進するのであれば、開発計画の目標(時期と性能)を設定し、そのための開発費用と目標が実現されることによる便益を検討して、開発の妥当性を示すことが定量的政策評価といえるでしょう。1970年頃、米国原子力委員会はFBR開発に関する費用便益分析を広範に行っています。これは今日のエネルギーモデル解析の基盤にもなっています。原子力委員会がこのような分析を自らリーダーシップをとって実施されることを希望します。