

エネルギー分野推進戦略（案）
－平成14年度予算要求に向けての対応－

平成13年6月1日
エネルギープロジェクト

総合科学技術会議重点分野推進戦略専門調査会エネルギープロジェクトでは、科学技術基本計画（平成13年3月30日閣議決定）に基づいて、エネルギー分野における推進戦略について検討を行っている。第1回プロジェクト会合を本年4月23日に開催し、本日を含め合計4回の会合を開催し精力的に検討を行ってきた。この時期に各省庁の平成14年度予算要求作成作業に向けてエネルギー分野における重点化について提示するため、検討結果をとりまとめ重点専門分野推進戦略専門調査会に提出することが求められている。このため、本中間とりまとめにおいては、推進戦略の基本的考え方、各省庁の平成14年度予算要求作成作業の状況を聴取した上での重点化のあり方等について、検討結果をとりまとめて記述することとした。

（エネルギープロジェクト会合開催経緯）

- 第1回 平成13年4月23日
- 第2回 平成13年5月14日
- 第3回 平成13年5月21日
- 第4回 平成13年6月 1日

1. エネルギー分野の現状

(1) エネルギー問題の状況

エネルギーは国民生活や経済活動を支える基盤であるが、日本のエネルギー供給構造は依然として脆弱である。エネルギーの輸入依存度は先進国の中でも高く、主要なエネルギー源である石油の輸入先は中東地域に集中している。発展途上国を中心として世界的なエネルギー需要の増大が見られることから、日本が今後とも安定的にエネルギーを確保できるという見通しは不透明である。また、エネルギーは温室効果ガス排出源の大部分を占め、地球環境問題への対応が求められている。さらに、市場の自由化・効率化によるエネルギーコストの低減圧力が強まっていること等エネルギーによる経済成長

への貢献が必要である。すなわち、エネルギーの安定供給(Energy Security)、地球環境保全(Environmental Protection)、経済成長(Economic Growth)の3つのEを同時達成することが要請されており、エネルギー問題における基本的政策目標となっている。

エネルギー問題を取り巻く諸情勢を見ると、現実には非常に厳しい状況にある。原子力エネルギーは発電所の立地難から増設がなかなか進まず、自然エネルギーの導入はまだわずかでエネルギー供給を支えるまでには育ってはいない。2010年(2008~2012年)の先進国の温室効果ガスの排出削減目標を定めた京都議定書についてはその達成は楽観視できない状況であるが、2010年以降は温室効果ガス濃度安定化のために格段に厳しい排出削減が必要であるが、世界全体の削減率についてのコンセンサスは得られておらず有効な対策についても不透明である。エネルギーの安定供給、地球環境問題の解決への道のりはまだまだ険しいものがある。地球温暖化問題など環境問題に対する近年の国民の意識は高いものの、エネルギーコストが比較的安定していることなどを背景にエネルギー問題全般に対する危機意識は薄れていく傾向がある。エネルギー問題についての重要性について改めて認識する必要がある。

(2) エネルギー問題における科学技術

エネルギー問題は様々な政策や取組みの組み合わせを強力に推し進めないと解決することはできない。その場合、制度的・経済的な政策だけでは3Eの同時達成は不可能である。科学技術のブレークスルーによって新たな技術オプションを提供することが必要であり、エネルギー分野においては科学技術の果たしうる役割は大きいものと考えられる。ただし、科学技術は万能ではなく、その効用と限界、問題点を十分踏まえた上で、新たな技術オプションと他の政策や取組みを組み合わせることで効果的な解決策を求める必要がある。その意味でエネルギー分野においては、科学技術とエネルギー政策との連携は不可欠である。

科学技術によるエネルギー問題への貢献を考える上では、3Eを解決するというだけでは十分ではなく、さらに次の3つの視点を含まなければならない。1点目は、安全・安心の視点である。研究開発され適用されるエネルギー科学技術が安全なものでありかつ国民に安心を与えるものであることが必要である。100%安全ということはいかなる科学技術にもありえないことであるが、国民への説明責任を果たし社会的に安心して受け入れられる、あるいは社会的に理解され受容される科学技術でなければ、真に問題を解決し

たことにはならない。2点目は、国際競争力の視点である。エネルギー分野においても十分に国際競争力を向上させ、産業創出を図ることが必要である。科学技術の成果を活用する産業技術力が国際競争力及び産業活動の源泉であるという意味で科学技術の貢献が期待される。この点は国際競争力があり持続的発展ができる国の実現という観点から重要である。3点目は、国際的な視点である。エネルギー問題は日本だけでは解決することはできない。例えば近隣のアジア諸国を含む地域全体でエネルギー問題を解決しなければ、日本にとっても真に問題を解決したことにはならない。国際的なエネルギー問題の深刻化とりわけ近隣諸国でのエネルギー問題の深刻化は、日本の安全保障にとって大きな脅威となる。また、国際的な共同研究開発への参加は日本にとって効率的な研究開発の実施というだけでなく、知の創造と活用により世界に貢献する国の実現という観点から重要である。

(3) エネルギー科学技術の現状

エネルギー科学技術のための研究開発投資は世界的に見ると、経済の好不況、政権交代などの影響を受けることがあるものの、日本を含む先進諸国では概ね停滞する傾向にある。その中で日本の研究開発投資はトップレベルであり、世界に与える影響が大きいと言える。日本の国と民間とを合わせた研究開発投資は、ここ数年増加傾向にある。研究本務者数も同様にここ数年増加傾向にある。ただし、研究開発領域別に見ると、原子力分野において研究開発投資及び研究本務者数が減少傾向にある。エネルギー分野は新たな技術の研究開発に多額の投資や多くの研究者が必要というだけでなく、既存の技術の維持のためにも投資や人材投入が必要である。また、エネルギーは供給から利用に至るまで1つのトータルシステムとして考える必要があり、各領域において必要な投資や人材が確保されなければ、エネルギー科学技術全体としても深刻な問題となる。

人材の確保・育成については、特に原子力分野を始めとして近年人材の供給に対する懸念が広がっている。これは大学等における教育の問題としてもとらえることができるが、エネルギー分野に進むことが果たして若い人材にとって魅力的なのかどうかという社会全体の問題でもある。他の分野に比して魅力的でないとして認識されて十分な人材の供給がなされなければ、エネルギー科学技術の発展とエネルギー問題への解決にとって大きな障害である。

(4) エネルギー科学技術の役割

エネルギー科学技術が果たすべき役割は、第1には、エネルギー問題解決

のため必要な様々な技術オプションを提供することである。技術オプションはエネルギー安全保障面、環境面、コスト面、安全・安心面などで社会に受け入れられるものでなければならない。こうした技術オプションは諸情勢に適合するタイムリーなものでなければならない。エネルギー科学技術の研究開発は長期に渡るものが多いことから、研究開発もタイミングよく開始され迅速に成果が生まれることが期待される。変化する諸情勢に柔軟に適応するためには、提供される技術オプションの幅が十分広いことが要求される。こうしたエネルギー科学技術の研究開発は、大規模かつ長期の投資を必要とし大きなリスクを伴うものが多いことから、民間での取組みが難しく国が果たすべき役割は大きくなる。民間が研究開発を行う場合であっても、国による支援が必要な場合がある。

第2には、エネルギー分野での科学技術基盤を構築することである。様々な技術オプションを生み出し社会に適用していくためには、幅広く高度な科学的知見や技術が基盤となる。変化するエネルギー情勢に適切な対応策を用意し柔軟に対応していくためにも、科学技術基盤が重要である。エネルギー科学技術は幅広い科学技術が集積し総合されたものであり、広い裾野を持っている。この裾野に連なる部分として、エネルギー分野だけでなく他分野でも貢献する共通基盤的な科学技術、基礎物理学など特定分野の基盤というよりも科学技術全体の土台となる基礎科学がある。これらはエネルギー分野だけから論じられることは適切ではなく、むしろ科学技術全体を見通した観点から基盤科学技術・基礎科学として横断的に議論されることが期待される。

第3には、エネルギー科学技術を支える人材の確保・育成である。必要な人材がタイムリーに供給されることが重要である。原子力分野を始めとしてエネルギー分野での人材確保が懸念されているが、この問題に答えなくてはエネルギー科学技術が役割を果たしたとは言えない。

第4には、トータルシステムとして社会に適合していくことがある。どういう技術オプションをどう組み合わせれば最適な問題解決策となるか、技術オプションを受け入れる社会はエネルギーとの関係でどうあるべきかまで踏み込んで研究を行い提案をしていくことも必要である。

2. 推進戦略の基本的考え方

(1) 推進戦略の必要性

第1期科学技術基本計画は平成8年に5年計画として策定され、日本の科学技術全体の研究開発指針となってきた。第2期基本計画は本年3月に策定され、エネルギーを含む8分野が研究開発を重点化すべき分野とされている。さらに、エネルギーはトータルシステムであり幅広い科学技術が集積し総合されたものであることから、どのように研究開発を進めるべきかについて全体を見通した検討が不可欠である。このため、エネルギー科学技術全体を見通した研究開発戦略を策定することが必要になっている。

戦略の意味としては大きく2点を挙げることができる。1点目は、エネルギーを取り巻く情勢は不確実性が高く、確実なビジョンを求め策定した計画どおりに研究開発を進めるといことは困難なことである。例えば、地球温暖化問題については2010年以降長期を見通していつまでにどのくらいの温室効果ガス排出削減をすれば安全レベルの温室効果ガス濃度での安定化ができるのか不透明な状況にある。かといって、大幅な削減が必要となり削減率が具体的に決まった場合、そのときになってから必要なエネルギー科学技術の研究開発に取り組んだのでは手遅れである。予め考えられる事態を想定して長期に渡る研究開発を実施しておかなければならない。ただし、どういう未来の事態を想定すればよいかは大変難しい。2点目は、資金、人材などの投入できる資源は有限であるということである。未来が不確実だからといって想定しうるすべての事態に対処しようとするれば、膨大な資源を投入しなければならない。不確実な未来を大胆に絞って想定しつつ、想定される事態に手遅れにならないよう研究開発を進めるとともに、諸情勢の変化に敏感であってかつ想定が変更されるような場合には迅速かつ自在に対応していける柔軟性が必要である。

(2) 推進戦略のイメージ

ここでいう推進戦略とは、エネルギー科学技術全体を見通した研究開発戦略である。まず、どのようなイメージのものが策定されるべきであるかについて検討する。理想的には、すべての研究開発の領域・項目を整理した上で様々な評価軸でもって評価した研究開発マトリックスを作成することが、まず最初の段階の作業として考えられる。評価軸としては、時間（短期、中期、長期）、研究開発段階（基礎研究、要素技術研究開発、実用化開発等）等が考えられる。次に、研究開発マトリックスを基にして今後どの領域・項目に重点を置いていくべきかを選択する。最後に、重点領域・項目についてどのような資源を投入しどのような体制で研究開発を進めるべきかを検討することとなる。こうした推進戦略を策定することは容易ではないが、ラフなものから始めて段階的に充実させる方法により作業することが現実的な手順と考

えられる。

研究開発領域・項目を評価することが必要になるが、その場合研究開発の段階による性格の違いを考慮することが重要である。大きく分ければ研究開発には実用化に近い段階のものと基礎的な段階のものがある。実用化に近いものについては、一種の投資と見え投資に見合う成果が得られたのかどうかという評価が比較的なじむものである。投資として評価、判断されることは既にかかなり定着しているものと考えられる。基礎的な段階のものについては、実用化に至るまでに長い時間がかかるものや、もともと実用化に至るまでを想定しないで行われるものも多くある。この場合投資としてではなく、一種の保険として評価すべきとの見方がある。保険で購入するのは不確実な未来に備えた安全保障又は社会の安全・安心であるが、国の資源を投入する以上は、評価の尺度は異なるとしても慎重な検討・評価が必要である。

(3) 戦略的研究開発のための条件

エネルギー分野においては様々な研究開発プロジェクトが実施されている。同じ領域に属するプロジェクトや関連するプロジェクトの間では連絡・調整が行われている場合もあるが、今後は一層緊密な連携が必要である。連携を緊密にする方法としては、例えば同じ目的のプロジェクトを1つのプログラムとして統合することも有効と考えられる。各省庁において同じ目的のプロジェクトを統合し、場合によっては省庁間の連携も必要である。こうした統合化とともに、プロジェクト又はプログラムから独立した機関又は組織により客観的に評価が行われることも重要である。

エネルギー科学技術の研究開発は幅広い領域で様々なプロジェクトが実施されている。このため、全体を見通した検討を行う場合には、例えば以下のような大まかな領域分けを基にしてさらに細かく分けた領域を設定し、領域毎の評価を行いつつ全体を見通した戦略を検討していく方法が考えられる。

領域分けの例(エネルギー研究開発基本計画より作成)

① エネルギー源の多様化

自然エネルギー

化石エネルギー

原子力エネルギー

② エネルギーの供給及び利用効率の向上

基盤技術(次世代燃料電池、超電導発電等)

エネルギー高効率活用社会システム技術(コージェネレーションシス

テム、水素エネルギーシステム等)

③環境に対する負荷の軽減（二酸化炭素の回収・固定化、窒素酸化物・硫黄酸化物の排出低減等）

④基礎・基盤科学技術（高温耐熱材料等の新材料等）

戦略の検討のためには各種データの分析・評価、プロジェクトやプログラムの評価、エネルギー政策の分析・評価が必要である。また、エネルギーとエネルギーを受け入れる社会や人間との関わりまで分析する必要がある。その意味で社会科学や人文科学との連携も必要である。こうした問題意識に応える知的基盤を構築しておくことが重要であり、自然科学、社会科学、人文科学にまたがるいわゆるエネルギー学の確立が必要である。

(4) 推進戦略策定に向けての手順

本エネルギープロジェクトでは、前述のような推進戦略の必要性、イメージ、条件を踏まえつつ、今後推進戦略の策定作業に取り組んでいくこととしたい。具体的な手順としては、各省庁の平成14年度予算要求作成作業及び政府予算案作成作業の状況を踏まえつつ、可能な範囲で細分化した領域毎の状況を把握して粗い研究開発マトリックスを作成する。その後、その研究開発マトリックスを基盤にして各領域の評価や領域間のバランス等について検討を行い、エネルギー科学技術全体を見通した推進戦略を策定する。

3. エネルギー科学技術における重点化

※(2)当面重点とすべき項目、については、本日のエネルギープロジェクトでの議論を踏まえて補足・修文する。

(1) 重点化の視点

エネルギー科学技術としては、従来からエネルギー源多様化技術、省エネルギー及びエネルギー利用高度化技術、原子力エネルギー技術等の研究開発が行われており、今後とも効率的かつ着実に推進を図っていくことが必要である。今後は、次の4つの視点から見て研究開発の重点化を図るべきと考えられる。

①社会経済に適合するエネルギー源の多様化

地球環境保全及びエネルギーの安定供給の観点から、石油等の化石エネルギーから自然エネルギー、原子力エネルギーなどの非化石エネルギーの研究開発を推進しエネルギー源の多様化を図る。また、化石エネルギーについても環境保全に配慮した効率的な利用のための研究開発を推進する。この場合重要なことは、それらを導入する将来の社会経済に適合するものであるかどうかということである。すなわち、地球環境保全への配慮がなされているものを目指した研究開発であるか、十分な安全性があり国民の理解を得られるものを目指した研究開発であるか、経済的又はコスト上昇について国民の理解を得られる見通しの下に行われる研究開発であるか等について十分考慮する必要がある。単に選択肢が増えればよいということではなく、実際に導入される段階で社会経済に適合できるものかどうか、適合するような研究開発の方向は何かについて十分考慮しながら推進していかなければならない。

②エネルギーシステムの脱炭素化

地球温暖化問題が差し迫った課題になっている。2010年に1990年比で6%の排出削減が求められているが、問題はその後格段に厳しい排出削減が要求されることである。しかも、解決のための十分な技術オプションが用意されておらず、エネルギー科学技術が担う役割は非常に大きい。①社会に適合するエネルギー源の多様化、③エネルギーシステム全体の効率化と併せて、エネルギーシステムの脱炭素化のための研究開発が必要である。この問題は環境分野でも重要課題として位置付けられており、本領域・項目についてはエネルギー分野、環境分野双方に共通する重点領域・項目として研究開発を推進すべきである。

③エネルギーシステム全体の効率化

これまで日本では各種の省エネルギー技術の開発・導入が進められてきており、世界的にも省エネルギー化は進んでいるとの評価がなされている。しかし、社会全体として果たしてエネルギー利用効率が高いと言えるのか疑問がある。今後は、エネルギーシステム全体の変革又は高度化をもたらすような研究開発、エネルギーシステムの基盤となるインフラを高度化するための研究開発、受け入れる社会全体のあり方の変革まで考慮した新しいエネルギーシステムの研究開発等について推進していく必要がある。

④基盤科学技術

エネルギー科学技術は幅広い科学技術が集積し総合されたものであり、その中でブレークスルーにより革新的な技術オプションを生み出しそれを社会

に適用していくためには、基盤となる部分が充実していることが不可欠である。また、エネルギーシステムが社会や人間に円滑に受容されるためには、エネルギーが社会や人間に与える影響に関する研究、エネルギーの研究開発や政策の評価等、社会科学や人文科学と連携した研究が必要である。なお、エネルギー分野の基盤科学技術は広い裾野を持っていることから、他の分野と共通するもの、特定分野に分類するよりも基礎科学としてとらえるべきものまで視野に入りがちである。こうしたものについてはエネルギーの観点だけからの検討では不十分であり、他の分野での検討、基礎科学としての検討が別途行われることを期待する。

(2) 当面重点とすべき項目

従来からの研究開発の効率的かつ着実な推進を前提としつつ、前述の①～④の重点化の視点を踏まえると、当面以下の項目について重点を置いて推進することが必要である。

① 供給、輸送、変換、消費のエネルギー・トータルシステムの変革をもたらす研究開発

例えば、水素社会構築のための研究開発等がある。

② エネルギーインフラを高度化していくため必要な研究開発

例えば、分散型エネルギー源とエネルギー輸送・変換・貯蔵等の新技術のための研究開発等がある。

③ エネルギーを社会的・経済的に評価・分析する研究

例えば、大規模研究開発に関する社会経済的側面を含めたフィージビリティ研究、社会とのリスクコミュニケーションの研究等がある。

(3) 横断的事項

エネルギー科学技術政策及びに関連する政策を推進する上で、横断的事項として考慮すべき点としては以下の2点が挙げられる。

① 人材の確保・育成

原子力分野を始めとして近年人材の供給に対する懸念が広がっている。これは大学等における教育の問題として取り上げられているが、エネルギー分野に進むことが果たして若い人材にとって魅力的なのかどうかという社会全体の問題でもある。エネルギー分野での技術基盤を維持し研究開発を推進し

ていくため、人材の確保・育成を図ることが重要である。

②国際協力

エネルギー問題は日本だけで解決することはできない。国際的なエネルギー問題の深刻化とりわけ近隣諸国でのエネルギー問題の深刻化は、日本の広い意味での安全保障にとって大きな脅威となる。このため、日本としても積極的に国際貢献を行い、科学技術の成果を国際的に移転していくという姿勢が必要である。また、大規模で高度な研究開発について日本だけで実施するのではなく、諸外国との共同による研究開発の推進が必要である。国際的な共同研究開発への参加は日本にとって国際貢献、効率的・効果的な研究開発の実施の観点から有意義である。