

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の考え方を提示するため、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、本報告においては、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、これまでの検討結果をとりまとめることとした。

## （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求められている。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、現状は非常に厳しい状況にある。現在の主要な非化石エネルギー源で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供給信頼性や経済性の制約からまだわずかにとどまっている。2010年(2008~2012年)における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はその達成は楽観視できない状況である。また、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が薄れていることが懸念されている。エネルギー問題の重要性について改めて認識を高める必要がある。

## (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は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。科学技術における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。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を図る必要がある。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、上記の3Eを同時解決するというだけでは十分ではなく、さらに次の3つの視点からの配慮

が不可欠である。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。国民への説明責任を果たし社会に安心して受け入れられる、あるいは社会に理解され受容される科学技術としなければ、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、雇用の創出を図ることが必要であり、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、政権交代等の影響を受けることがあるものの、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、世界に与える影響は大きいと言える。日本の国と民間とを合わせた研究開発投資は、近年増加傾向にある。研究本務者数も同様に増加傾向にある。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。エネルギー分野では新たな技術の研究開発に投資や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ことが懸念される。

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高まっている。これは大学等における教育の問題として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の解決にとって大きな障害となる。

#### (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多様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・安心面等で社会に受け入れられるものであって、かつ諸情勢に適切に対応できる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わたるものが多いことから、研究開発は早期に開始されるとともにチェックアンドレビューが定期的に行なわれ適時に適切な成果が生まれるようにする必要がある。変化する諸情勢に柔軟に対応するためには、提供される技術オプションの幅が十分広いことも必要である。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。多様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して必要である。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基盤となる基礎科学がある。これらのあり方について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、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。必要な人材が適時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、この問題に応えることはエネルギー科学技術の重要な役割の1つである。

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である。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  
み込んだ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分野が国家的・社会的課題に対応する重点分野と位置付けられて  
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である。

戦略の必要性に関する意味付けとしては、次の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  
描いて策定した計画どおりに研究開発を進めるのは困難である。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な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。未来を予想すること  
は極めて困難であるが、予め考えられる事態を想定して長期にわたる研究開  
発を実施しておくという戦略が必要である。2点目は、資金、人材などの投  
入できる資源は有限である。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  
実な未来を大胆に想定しつつ、想定される事態に手遅れにならないよう最も  
効率的に資源を投入して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  
柔軟性を持った戦略が必要である。

## (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要素で整理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。要素としては、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領域・項目の評価を行い、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、大まかなものから始めて段階的に充実させていくことが現実的な手順として考えられる。

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、一種の投資と考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と考えられる。投資として評価、判断することは既にかなり行われ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実用化を検討できる段階ではないものが多い。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心であるが、国の大きな資源を投入する場合には、評価の考え方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考慮すべき事項

エネルギー分野においては多様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、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。また、研究開発の進め方としては、例えば開発ターゲットが明確にできる段階の研究開発では、以下のような手順が考えられる。

- 明確なターゲットを持つビジョンの設定
- ビジョンを実現するためのシナリオ策定
- シナリオに基づき開発すべき要素技術の目標にブレークダウン  
(自然科学のみならず社会科学、人文科学的な検討も含む)

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)

- 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
- 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)
- 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)
- 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実立が必要である。

#### (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等を踏まえつつ、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

#### (1)重点化の視点

エネルギー科学技術においては、長期的展望に立ちつつ次の4つの視点から見て研究開発の重点化を図ることが必要と考えられる。

#### 社会経済に適合するエネルギー源の多様化

日本はエネルギー源の大部分を海外に依存しており、供給源を多様化することによって供給安定性を高めることが重要である。その意味で、化石エネルギーでは石油のみならず天然ガス、石炭等の有効な利用を推進するとともに、自然エネルギー、原子力エネルギー等非化石エネルギーの利用拡大に向けた研究開発に力点を置く必要がある。しかし、これらの研究開発においては単に選択肢を増やすというだけでなく、経済性、環境面のクリーン性、安全性など将来の社会経済に適合し国民に十分受け入れられるような条件を満たすことを目標としなくてはならない。

#### 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、さらにその後格段に厳しい排出削減が必要になる。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いるとは言えない状況であることから、エネルギー科学技術が担う役割は大きい。社会に適合するエネルギー源の多様化、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であると考えられ、エネルギー分野、環境分野に共通する重要課題として研究開発を推進すべきである。

#### 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、世界的の中で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。今後はさらに社会全体を見通してシステムの観点から効率向上を図ることが必要である。エネルギーシステム全体の变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变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。

#### 基盤科学技術の充実

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

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いる（「平成13年度関係予算の現状」を参照）。こういった技術は重要であり今後とも研究開発を推進していかなければならない。まず、これらの研究開発について厳正な評価を行いその結果を踏まえた重点化を図った上で、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。

エネルギーの研究開発予算の太宗を占める文部科学省と経済産業省から本

プロジェクト事務局に報告のあった平成13年度予算は、以下のとおりである。

平成13年度関係予算の現状

文部科学省：2,683億円（注）

高速増殖炉、核燃料サイクル、放射性廃棄物処分、原子力安全、核融合、革新的原子炉等の研究開発

経済産業省：2,139億円

新エネルギー（太陽光発電、水素、燃料電池、バイオマス等）、省エネルギー・エネルギー利用高度化（超電導等）、核燃料サイクル、放射性廃棄物処分、原子力安全等の研究開発

合計：4,822億円

（注）大学分が含まれていない。加速器科学、放射線科学が含まれている。

本プロジェクトで今後エネルギー分野の研究開発を検討する上でベースとなる予算額とその範囲については、今後さらに検討する必要がある。

こうした従来からの研究開発の効率的かつ着実な推進と併せ、前述の～の重点化の視点を踏まえると、当面特に以下の4項目に重点を置いて推進することが必要である。

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

水素社会構築（水素利用ネットワーク構築等）のための研究開発、燃料電池システムの研究開発、都市・交通・住宅建築物等のシステム全体としての省エネルギー化を図る研究開発等がある。

エネルギーインフラを高度化していくために必要な研究開発

分散型エネルギーシステムとエネルギー輸送・変換・貯蔵等の新技術のための研究開発等がある。

エネルギーの安全のための研究開発

エネルギーのあらゆる側面において安全を確保し国民の安心を得るための研究開発。原子力安全に関する研究開発、高レベル放射性廃棄物処分のため

の研究開発、その他エネルギーの諸側面での安全に関する研究開発、社会とのリスクコミュニケーションの研究等がある。

エネルギーを社会的・経済的に評価・分析する研究

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、新エネルギー導入・省エネルギー推進のためのインセンティブの研究等がある。

### (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。

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高まっている。これは大学等における教育の問題として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。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。

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取組みが必要である。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重要である。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。

以上