

エネルギー開発と核融合研究

小川雄一

東京大学教授

「夢のエネルギー」核融合は、夢から「現実を見据えた時代」を迎えた。
将来のエネルギー源としてみた、その利点と課題を考えてみる。

核融合は「夢のエネルギー」、あるいは「究極のエネルギー源」と言われ、とくにオイルショックの時代には研究が大いに活性化した。それから30年間、研究は着実に進歩してきており、「夢のエネルギー」を追い求める時代から、国際熱核融合実験炉ITERを建設し、核燃焼プラズマをこの地上で研究する時代へと進んできた。ただしそれと同時に、それでも核融合の実用化には今後30~40年を要し、しかも比較的巨額の投資が必要であるという点も認識しておかなければならない。

このように核融合研究は、ある意味「夢を追っていた時代」から「現実を見据えた時代」へと変遷してきている。別の見方をするならば、現実を見据えた判

断ができるレベルまで技術が進んできたということでもある。核融合研究がこのような新たな時代に踏み出すにあたり、核融合エネルギーの利点と問題点を地に足が着いた検討を踏まえて、検証しておくことは大変意義深いと言える。

エネルギー資源の問題

まず、資源量はどうかであろう。現在目指している核融合炉では、重水素と三重水素（トリチウム）が燃料である。このうちの重水素は水素（軽水素）の同位体（同位体比は0.015%）であり、海水からいくらかでも取れるので、実質的に無尽蔵と言える。トリチウムはリチウムとの反応で核融合炉内のブランケット部で生産される。したがって、実際に消費されるのは

リチウムである。リチウムは陸上の資源量としては有限であるが、海水中にかなりの量で含有されており、回収する技術も精力的に開発されている。もし海水からの回収が経済性も含めて手の届く範囲になれば、資源として無尽蔵と言える。

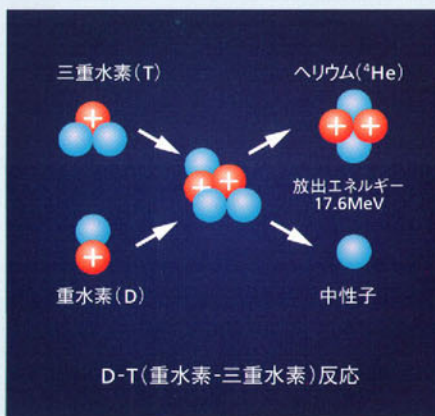
このような資源量の評価は、核融合炉の構成材料中の希少元素に対しても細かく検討されており、適切な対応をすれば十分供給可能であるという結果が得られている。

安全性と放射性廃棄物の問題

次に、核融合炉の安全・安心について考えてみる。核融合炉では核反応の暴走がない、ブランケットの崩壊熱が小さい、等の理由により、原子炉で重要な核反応を「止める」、原子炉を「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」の原則のうち、「閉じ込める」に留意すればよい。閉じ込めるべき主たる揮発性の放射性物質はトリチウムであり、プラント内に数kg存在している。ただし、生物学的危険性を定量的に表す潜在的放射性リスク指数（BHP値）は、原子炉のそれと比較すると1000分の1以下であり、より高い安心感をもてる。

後世への負の遺産と考えられる放射性廃棄物についてはどうだろう。核融合炉では、核融合反応で発生した中性子に照射されるブランケットの構造材等が放射性廃棄物となる。そこで、このような炉構造材には放射化がより少ないフェライ

核融合とは



水素やヘリウムなどの軽い原子核どうしが結合してより重い原子核になる反応を「核融合」という。核融合反応では、ほんのわずかに失われる質量が膨大なエネルギーに変わる。太陽や星は、この核融合エネルギーで輝いている。この核融合反応を制御したかたちで実現し、その熱で発電しようというのが核融合炉である。

第1世代の核融合炉は、重水素と三重水素の核融合反応を利用する。それぞれの原子核が融合すると、ヘリウムの原子核であるアルファ粒子と中性子ができる。このとき、アルファ粒子は3.5MeV（1 MeV：100万電子ボルト）の運動エネルギーを、中性子は14.1 MeVの運動エネルギーをもって出てくる。合計17.6 MeVのエネルギーが生みだされる。

ト鋼、バナジウム合金、SiC複合材料が候補として精力的に開発されている。さらに、これらの材料中の不純物元素の放射化をいかに低減させるかにも十分留意している。とくに強調すべきことは、核融合炉では寿命が数千年以上におよぶ超長期の高レベル廃棄物は発生しないということである。

核融合エネルギーの総合評価は？

核融合エネルギーの利点は他にもある。二酸化炭素排出量は十分低い、燃料が世界に広く分散して存在している、核拡散の心配がない、などが挙げできる。これらの特長は、今後ますますエネルギー消費が伸びると予想される開発途上国への技術導入に際して障壁が少ないということの意味している。では、核融合を将来のエネルギー源としてみたとき、どのように評価できるであろうか。

図1のように多角的な視点からの総合評価によれば、核融合炉は、経済性以外に関しては他の基幹エネルギー源と同等か、それ以上の評価が得られている。したがって、コスト削減が最大の課題である。

最後に、核融合エネルギーが世界のエネルギー供給および環境問題にいかに貢献できるかという分析を紹介する。図2は、二酸化炭素排出量を十分低く抑えるという条件を課した場合のシミュレーションで、21世紀末には世界のエネルギー消費量の10~20%程度を核融合エネルギーで賄っていると予想している。ただし、そのためには21世紀中葉には核融合を導入する必要があり、また核融合炉の発電単価をかなり安くしなければならない、という点が指摘されている。

このように地球規模で将来のエネルギー源を俯瞰してみると、21世紀のエネルギー・環境問題に核融合エネルギーが有為な貢献を果たすためには、核融合炉の早期実現をはかるべく、現実を見据えた着実な対応が必須である。そのためには、社会への理解を積極的に求め、社会の支持を得ることが肝要であろう。

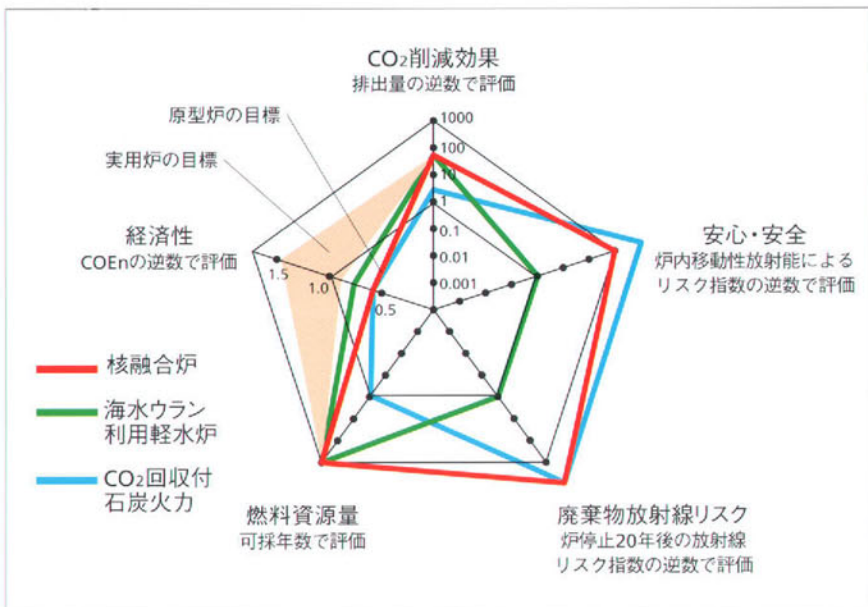


図1 エネルギーの総合評価例
 現行石炭火力（CO₂回収なし）の値を基準（=1）とした。
 ただし、安心・安全と廃棄物放射線リスクの項目は軽水炉が基準。
 経済性のみニアスケールで、他はログスケール。
 出典：平成12年5月17日「核融合会議開発戦略検討分科会の報告書」

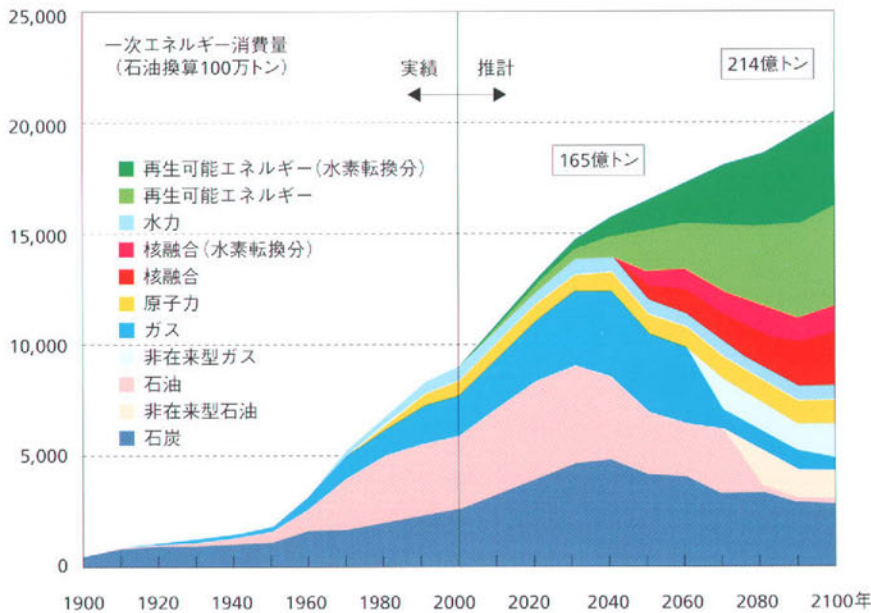


図2 21世紀の一次エネルギー供給予測例 出典：日本エネルギー経済研究所

小川雄一（おがわ・ゆういち）
 核融合の研究には、大学の学部3年生の夏休みに名古屋大学プラズマ研究所（現在の核融合科学研究所の前身）に3週間実習で滞在したのが出会いで、その後30年間一貫して核融合分野で頑張っています。核融合は国際プロジェクトITER計画がスタートしようとしていますので、「ITER時代の新たな核融合研究」に向けて頑張ろうと思っています。

