

報告番号 [※] 第 3748 号

主論文の要旨

題名

核融合炉のサイエンス・アセスメント

氏名 永井 亨

主論文の要旨

報告番号 ※ 第 号 氏名 永井 亨

核融合研究は、現在の実験炉の段階でその規模および経費は既に相当巨大化しており、計画段階でのチェック（アセスメント）が必要となっている。予算が巨額になるため、複数の炉タイプの研究開発路線がある場合にその優先順位を決定することが必要で、また、将来のエネルギー源の一つと位置付けられているのであるから、核融合が「技術的に実現可能か？」のチェックに加えて「社会的に受け入れられるか？」の視点からのチェックが要求される。現在行われている商業用核融合炉の概念設計は、現在の知見を総合し、クリティカル・パスを発見するための総合シミュレーションとしての重要性を持つが、商業炉として受け入れられるためには、研究開発の一貫としてさらにもう一つ「社会的に受け入れられるか？」のチェックを付け加える必要があり、そして、その結果は研究計画の次の段階に反映されるべきである。したがって、巨大化した科学研究の中に built in された形でこれを支援するためのアセスメント・システムが必要であると考え、これをサイエンス・アセスメントと呼ぶ。サイエンス・アセスメントは核融合研究の進行に合わせて、(1)資源・経済アセスメント、(2)リスク・アセスメント、(3)環境アセスメント、(4)社会・政策アセスメントの四つの段階に分けられるが、本研究ではこれまでに発表された商業炉の概念設計を対象に資源・経済アセスメントとリスク・アセスメントを行った。

資源・経済アセスメントでは、エネルギー分析の手法を用いて、核融合炉のエネルギー供給手段としての有効性と稀少資源の入手可能性を評価した。結論は次のようになる。

- 1) D-T炉では、出力1000MW。あたり数百トンのリチウムを消費するため、リチウム資源を海外に依存するわが国ではその確保が重要な課題であるが、エネルギー分析からみても、リチウムのエネルギー・インテンシティーは他の材料に比べて一桁大きく、また、 ${}^6\text{Li}$ 濃縮や海水抽出を行う場合にはさらに二～三桁大きくなるため、リチウムの消費を抑えた炉設計が望まれる。エネルギー消費を減らすような濃縮法、海水抽出法の開発も必要であるが、その際、他産業への影響も考慮しなければならない。
- 2) D-T炉への投入エネルギーの内、磁場閉じ込めでは炉設備が42～54%を占め、また、慣性閉じ込めではドライバー・システムが41%を占める。D-T核融合炉のエネルギー比は16.2～26.8となったが、炉タイプの違いによるエネルギー比の差は認められなかった。また、D-T炉のエネルギー比は核分裂炉のエネルギー比と同程度またはそれよりも大きく、したがって、エネルギー分析からみると核融合炉は核分裂炉と競争可能である。なお、D-D炉のエネルギー比は5.9～6.2となった。
- 3) ${}^6\text{Li}$ を濃縮したリチウムをトリチウム増殖材として使用する場合には、濃縮法によって投入エネルギーおよびエネルギー比が大きく変化し、核融合におけるリチウムは核分裂におけるウラン

と類似した役割を果たす。この点ではトリチウムは準燃料的な意味を持つ。

- 4) 核融合・核分裂ハイブリッド炉では、単純な核融合炉としてみた場合にはエネルギー比は、9.3～27.1となり、電力生産、燃料生産のいずれを主にするかで差が大きい。ハイブリッド炉と核分裂炉とを組み合わせる場合には、エネルギー比は34.2～41.3となり、それぞれ個別に考えるよりも非常に有利になる。

リスク・アセスメントでは、トリチウムや放射化材料など核融合炉プラント内に存在する放射性物質や発生する放射性廃棄物の量を定量化し、また、運転時および事故時の周辺公衆に及ぼす影響を評価した。さらに、知識工学的手法を用いた異常連鎖予測のためのシミュレーションを試みた。結論は以下のようになる。

- 1) 核融合炉で発生する誘導放射能の毒性は、核分裂炉からの使用済み燃料よりも小さいが、放射能レベルは核分裂炉の場合に匹敵する。発生する誘導放射能の量はブランケット構造材の選択に強く依存するため、アルミニウム合金のような低放射化材料の使用が望まれる。
- 2) 核融合炉の廃止措置に伴って発生する炉設備からの放射性廃棄物の量は、D-T炉では重量、体積共に、核分裂炉の原子炉压力容器からの発生量の約20倍となる。ただし、超電導線材を含むシールド外側に位置する材料の多くは再利用可能である。また、D-D炉ではD-T炉の場合の約2倍の放射性廃棄物が発生する。
- 3) 周辺公衆に対する安全性からはトリチウムが最も重要であるが、事故時のトリチウム漏洩を想定した場合、D-T炉では非居住区域をプラント敷地内に含めるためには敷地面積を2 km×2 kmにする必要がある。立地制約の厳しいわが国では、この規模の用地を確保することは重大な問題となる。また、D-D炉では非居住区域と低人口地帯を含めて敷地面積は1 km×1 km必要となる。
- 4) ハイブリッド炉では、核分裂生成物とアクチノイドによる放射能が支配的で、放射能レベルと毒性は共に核分裂炉と同程度あるいはそれよりも大きい。ブランケットの選択に関して、稼働期間中の安全性からは、トリウムを親物質とし、ブランケット中での核分裂反応を抑制した設計が望ましい。しかし、トリウムを親物質とするブランケットでは運転停止後アクチノイドの空気に対するBHP値が増大し、放射性廃棄物管理の問題が生じる可能性がある。
- 5) 知識ベース・システムを用いて核融合炉システムの事故時の異常連鎖を解析するためのシミュレータを試作した。核融合炉システムの安全性を確保するために必要な安全機能を明確にしていく上で知識工学的アプローチは有効である。