

米国の政策変更に関係する技術的要因に係る考察

平成10年11月13日

日本原子力研究所

ITER/EDA開始（1992年7月）以降の米国の核融合研究開発に係る政策変更は、1994年秋の米国議会選挙により共和党主導となった第104議会が、エネルギー省（DOE）予算削減策の一環として1996年度核融合予算を大幅削減した時点に始まる。これ以降、米国核融合界は、限られた予算枠内での核融合研究開発計画を余儀なくされ、自国内に建設の見込みがないITERへの支持の減退、国内将来計画への重心移動と進み、ITER建設の見通しの不透明感に不満を抱く米国議会によるITER/EDA延長反対に至ったものと考えられる。

ここでは、係る米国の政策変更について技術的要因の側面から分析し、我が国の第三段階核融合研究開発基本計画（以下「第三段階計画」という）の確認に資する。

1. DOE核融合戦略の科学指向路線への転換

1. 1995年1月、DOE核融合エネルギー諮問委員会（FEAC）より、次の主要政策目標を勧告。
 - 1) 国家の科学技術目標の探求へ向けてのプラズマ科学の推進
 - 2) 国内計画の中心テーマとしての核融合科学技術及び革新的プラズマ閉じ込めの開発
 - 3) 国際協力のパートナーとしての核融合エネルギー科学技術の探求
2. 1996年8月、DOEはFEAC勧告を受け入れ、「米国核融合エネルギー科学プログラムの再構築のための戦略プラン」（通称：新核融合戦略）との報告書を公表し、従来の核融合エネルギープログラムを核融合エネルギー科学プログラムに変更。

○分析

- 1) ITER/EDA開始当初の米国の核融合政策は、目標指向型の核融合エネルギー開発であった（1990年9月、DOE核融合政策諮問委員会（FPAC）報告）。

すなわち、

- ・米国は、2025年までにDEMO（原型炉）、2040年までに商業実証プラント1号機を実現することを目ざし、核融合エネルギー生成を目指す主要装置の建

設計画を立てる。

- ・国際共同研究に参加し、国際取り決め上のリーダーシップを取る。
- ・ITER/EDAに対等のパートナーとして参加及び核燃焼プラズマ実験装置の建設着手により、国際協力及び国内計画双方とも等しく強化するアプローチを取る。
- ITER/EDAサイトの誘致提案をする。

2)この政策で2本柱とされた国際協力と国内計画のうち、ITER/EDAとして国際協力は実現される一方、国内計画の核である核燃焼プラズマ実験装置計画は遅々として進展しなかった。

3)1994年の国会選挙で議会で与党となった共和党は、クリントン政権が進める政府財政改革では不十分とし、DOE廃止を含めた政府支出の大幅削減を主張。

係る状況下で、大統領科学技術諮問委員会(PCAST)下の核融合パネルは、1995年6月、「21世紀のエネルギー源としてのDOE核融合開発政策は望ましいものであるが、最近の財政的制約状況の下では非現実的。2025年までのDEMO運転なる目標は放棄せざるをえないが、核融合エネルギー実現へのモーメンタムを最低ラインで維持するために年間320百万ドルを約束すべき」と政府、議会に要請。

3)しかし同年10月、共和党主導の第104議会は、96年度核融合エネルギー予算を前年度比で2/3程度の244百万ドルに大幅削減すると同時に、今後数年間に直って核融合研究プログラム予算は増加する見込みはないのでプログラムの再構築をするようDOEに勧告。

4)この議会の意向を踏まえ、DOE核融合エネルギー諮問委員会(FEAC)が審議・提出した報告が上記の路線変更案である。同報告では、国内計画への重心移動、ITER/EDAへの参加継続、ITER建設が実現すれば制限付き負担の範囲での参加の可能性などを主張するとともに、予算的制約から今後の核融合のリーダーシップは米国以外の国になるとの苦しい胸の内にも触れている。

5)この様に、1996年からの米国の核融合戦略の科学指向路線への転換は、核融合エネルギー開発の意欲の否定から発したのではなく、安価な化石燃料に恵まれCO2問題に消極的な米国の原子力エネルギー開発への支持の欠如を背景として、厳しくなったエネルギー予算のもとで国内のモーメンタムを維持するためのやむを得ない選択と分析される。

2. 米国議会のITER/EDA延長への反対

1. 1998年6月、米国下院は99年度核融合予算案で、ITER/EDA延長予算に反対、予算案報告書の中でトカマクが最も有望な技術なのかとの疑問。

○分析

- 1) この指摘は議会の意見ゆえ、その科学的背景は把握しきれないが、議会が認めた1999年度核融合予算案は前年度とほぼ同額であると同時に、その内訳における国内トカマク物理研究予算もほぼ前年度と同様であり、議会は必ずしもトカマク自体を否定していない。
- 2) その中で、「トカマクが最も有望な技術なのか」との疑問を受けた要因として、次の事項が考えられる：
 - ・ITER建設コストの大きさ、建設サイトが未定及び建設計画の不透明さなどから、トカマクの将来性に対する懸念。
 - ・新核融合戦略に基づく国内計画として伸長しつつある革新的プラズマ閉じ込め。
- 3) トカマクの将来性に係る議会の懸念には、トカマク研究開発の最近の進展及びITER低コストオプション(RCO)の意義に対する正当な評価が不足している。
トカマク研究開発は、DTプラズマでの臨界達成(JET)、先進的トカマクモード(JT-60の負磁気シア高自発電流配位での臨界)実証による定常トカマク炉の開拓などプラズマ面での飛躍的進展と同時に、ITER/EDAを通じて炉工学技術開発など工学面でも着実に前進している。また、ITERのRCOへの転換は単なる経費削減策の性能ダウン装置と認識するのは誤りであり、RCOは、先進的トカマクモードによる経済的な定常トカマク炉を開発する路線上の実験炉としての積極的意義を有するものである。(参考：本会合資料第130-4号)
係る議会の誤解の背景には、米国内では、新核融合戦略化以来、磁気閉じ込め方式に基づく核融合炉開発戦略が明確に提示されることが少なくなったことによると考える。
- 4) 革新的プラズマ閉じ込め方式は、プラズマ物理の面では魅力的であるが、その基本構造の点から核融合炉としての実現性に見通しが与えられていない。現時点では、係る革新的プラズマ閉じ込め方式が核融合基礎研究として追求されることはあり得ても、核融合実用炉まで展望した技術的鑑識がなされるトカマクあるいはヘリカル系と同列で評価することは妥当でない。
- 5) 以上のとおり、トカマクは現時点でも炉心プラズマ及び炉工学技術の両面のデータを最も豊富に蓄積しており、またプラズマ性能に関しても現時点では各種磁場閉じ込め方式の中で最も高いものを得ている。従って、核融合実験炉としてのトカマク優位性は不変であり、最も早期に核融合エネルギーが技術的・社会的に将来のオプションになり得るかを明らかに出来る選択肢は、トカマク型実験炉を中核とする第3段階計画の着実かつ総合的な遂行以外にないと分析される。

3. 目標分割した複数装置による開発路線（モジュラー路線）

1. 1998年4月末、マディソン（米国）にて、米国の次期主要核融合実験の方
向について、米国の核融合研究者が自由討論をするフォーラムを開催。
①統合された単一トカマクによる開発路線（ITER低コストオプション）
②目標分割した複数装置による開発路線（物理目標を分割推進、
原型炉まで2ステップ）
③主力次期装置を持たず、既存の計画の維持と新概念の開発
が議論され、参加者からは、①及び②案が支持を受けた。

○分析

- 1) 国際的にITERのコスト低減が検討されていることを背景に、米国が今後取りうる核融合エネルギー研究開発路線について自由な討論を行ったもので、①及び②は、基本的にはトカマク開発路線としてのオプションの議論である。
- 2) 統合された単一トカマクによる開発路線は、ITER低コストオプション（RCO）の建設・運転を中核計画とする路線であり、我が国の第3段階計画と基軸を同じくする考え方である。
- 3) 目標分割した複数装置による開発路線（以下「モジュラー路線」という）は、原型炉までの研究開発を2ステップ化し、第1ステップではプラズマに係る実験炉の物理目標を核燃焼と長時間運転に目標分割した複数装置で実施、その後第2ステップで統合化装置を建設する路線である。すなわち；
 - ・第1ステップでは、銅コイルDT燃焼実験装置（燃焼時間10秒程度）と、超伝導コイルDD定常プラズマ実験装置（パルス長数100秒、限定ショット数のDT実験も展望）を並行建設・実験。この期間は約20年。
 - ・第2ステップでは、これらの成果を踏まえた統合された実験炉規模の装置を建設。すなわち実験炉建設は約20年延期。
- 4) このモジュラー路線の支持者の主張は、ITERは物理及び工学上の課題を同時に包含した複雑なシステム構成となっており開発リスクが大きい、モジュラー路線はその開発リスクを分散でき各研究課題を集中的に研究できる、というものである。
- 5) モジュラー路線の第1ステップは、当国の核融合予算規模の縮小に対応した案ではあるが、物理目標を分割した複数中間装置を並立させても、工學目標特に核工學的目標は擡上げになるとともに、核燃焼と長時間運転の同時実証及び工學的統合化技術は依然として解決しない。このため、原型炉研究開発に十分な見通しを得るためには、第2ステップとして統合化のために実験炉規模の装置の建設は必須と考えらる。
- 6) 従ってこの路線は、原型炉段階までに必要な期間が長期化するシナリオである。また予算的には、第1ステップの装置の建設・運転コストはJT-60等の大形トカマク装置を越えると予想される上、第2ステップの統合化された装置の事業費として、

ITER低コストオプション程度を必要とすると考えられ、計画全体としては投資の増大を伴う選択である。従ってこの路線は、核融合エネルギーが技術的・社会的に将来のオプションになり得るかを明らかにできる時期を大幅に遅延させることになる。

7)開発リスク分散のために複数の中間装置を併設するアプローチは、米国が大型トカマクTFTR開発の過程で採用した方法であるが、一気に総合化された中核装置であるJT-60やJETへステップするアプローチを採った日本、EUの今日の成功から見ても、合理的アプローチとは判断し難い。

8)以上のとおり、この路線は、核融合エネルギー開発を橋上げした新核融合戦略を余儀なくされている米国研究者の認識に立てばひとつのアプローチとも言えるが、総合化装置路線で成功している日本、EUから見れば、核融合研究開発の究極目標を見失い兼ねないものとする。