



## 6. 結びとして

### —核融合発電への鍵を握るプラズマ分布制御の未来—

栗原 研一

日本原子力研究開発機構

(原稿受付：2010年8月2日)

実験炉 ITER やそれを補完し原型炉へと道を切り拓くサテライトトカマク JT-60SA を目前にして、本小特集では、核融合発電の成否の鍵を握るプラズマ分布制御について課題を紹介し、それを解決する方法探求の物理的・技術的展望について議論を試みました。ここでは結びとして、核融合炉運転において期待される分布制御の未来におけるイメージを述べてみます。

我々がめざすプラズマを含む核融合発電炉への外部的な要求事項は明確です。電力供給という目的から当然プラントとして定常状態が実現されていることが必要です。層状の磁気面構造を持つトカマクプラズマの芯の方では、核燃焼による自己加熱で高ベータ状態にあり、その圧力分布(温度分布)はある許容のパターンに収まっていることが要請されます。励起された自発電流や中性粒子ビームで駆動された電流等により電流分布が形成されており、プラズマ回転分布と共に安定な状態に維持されていることも必須の条件です。燃料は、ペレットなどで定常(パルス)的に供給され所定の密度分布が形成されていることでしょう。この時、プラズマからは核融合中性子が予め指定した率で発生し続けており、ブランケットで熱化され、蒸気タービン発電機から電力が系統に送られています。

この定常状態が容易に実現し得るものでないことは、本小特集を読まれた方なら理解されることと思います。それは、この状態のバックグラウンドで、複数の実時間フィードバック(FB)制御が並行して実行されていることが想像されるからです。指定された核融合出力を定常的に維持する諸量の最適分布パターンが、「自然の成りゆきとして形成される」という極端な幸運に恵まれなくても、核燃焼・高ベータプラズマでの分布パターンが可制御でありさえすれば実現可能であると思います。また高ベータプラズマでの課題である抵抗性壁モードなどのプラズマ不安定性の兆候を検知し、直ちに成長を抑制・消滅させたり、MHD不

安定性の発生予測を行い、充分回避可能な前兆の段階で適切な対応をとるなど高度な実時間FB制御を必要とすることは本小特集の各章で述べられているとおりです。

このように、分布制御の課題解決の鍵は、マクロ的に見れば炉心部に直結した炉外の実時間FB制御システムの構築にあることがわかります。このシステムの構築には、(a)分布量動特性の物理的把握、(b)計測・検出方法の開発、(c)制御方法の開発、(d)ハードウェア実現への具体的手段と道筋、といった本小特集で扱われた課題を一つ一つ確実に解決していくことが求められます。最終的には核燃焼プラズマでの確認は実験炉 ITER で、高ベータプラズマでできることは先行する JT-60SA で実証することになるでしょう。

核燃焼・高ベータプラズマの分布制御のために不可欠と思われる実時間FB制御システムについて、それを構築する方法が複雑になることで、実用発電プラントとしての信頼性を揺るがすのでは?という一般的な懸念に対して、個人的な見解を述べてみたいと思います。勿論、単純であることはものづくりのプロセスなどにおいて、理解の容易さから誤りの混入頻度を下げる効果があることは否定しません。しかし、大事なことは複雑か単純かではなく、方法が確定的に記述できるか否かにあると思っています。大型トカマクが実験を開始した今から30年前のシステムに比べて、現在の実時間FB制御システムは充分複雑なものですが、一度出来上がってしまえば、複雑さを理由にして信頼性を疑うなどということはありません。未来についても同様のことが言えると私は確信しています。

その明るい未来予想の具体化には、本学会員を中心とする研究者、技術者のたゆまない研究開発が必須の要素です。その意味で、この小特集が一人でも多くの学会員の興味を引き、分布制御研究開発の進展につながることを期待して結びとさせていただきます。