

相良明男

核融合科学研究所研

SAGARA Akio

National Institute for Fusion Science

慣性核融合 IFE 炉では繰り返しパルス運転が本質であり、その運転環境を保証しつつ、反応エネルギーを処理するのがチェンバーの使命である。磁場核融合 MFE 炉においても、チェンバーの役目は基本的に同じであるため、特に米国では近年「チャンバー技術」として共通の炉工学研究分野を形成しつつある。しかし IFE でのパルス負荷幅 τ はマイクロ秒の領域であるため、同じ熱出力でも連続運転の磁場核融合炉に較べると、チャンバー壁での現象は全く様相が異なる、と考えるべきである。例えば黒鉛壁の場合、このような短時間での熱拡散距離 $L = \sqrt{k\tau}$ は、 $k \sim 1.4 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$ ($\lambda \sim 50 \text{W/mk}$ (@2000°C))、 $\tau \sim 1 \mu\text{sec}$ 、として $L \sim 4 \mu\text{m}$ であるため、最表面のみが断熱的に $\Delta T \sim \phi L / \lambda$ で上昇し、 ϕ として 3.5MeV の高速 α 粒子熱フラックスとすると、 $f=4\text{Hz}$ 運転の中性子壁負荷 4MW/m^2 の場合、30%ロスを仮定した α 粒子熱流速は $\phi \sim 75\text{GW/m}^2$ (75kJ/m^2 , $1\mu\text{s}$) となるので、 $\Delta T \sim 6,000\text{K}$ となり容易に熔融気化に至る。蒸気による遮蔽効果も無視できない。ここで、パルス負荷入力での τ や飛来時間差、異方性などの精度がチャンバー応答に著しく影響することは当然である。このようなパルス負荷と物質との相互作用を介在してチャンバー負荷が決まる。この状況は、トカマクでの電流崩壊熱負荷あるいは Type-I-ELM に相当するが、成分として 3.5MeV の α 粒子やプラズマ粒子、飛程が cm オーダーの X 線や長飛程の 14MeV 中性子、更にはデブリ等が混在する連続パルス負荷は、IFE 特有の環境である。いかえれば、このような相互作用を積極的に制御することも IFE チャンバー技術に期待される。また、長飛程の中性子による照射効果も、パルス線量が極めて高いので、損傷や He 生成などでの変動効果や非線形効果の可能性は今後の重要な研究課題であろう。他方 MFE と共通なチャンバー機能の中でもトリチウム回収関連に関しては、近年の液体自由表面概念との整合性に充分留意する必要がある。下図はこれらの関連を分類整理したものであり、新しい IFE チャンバー技術の創成に向けて、総合的観点に立ってバランス良く研究開発を進めることが重要であろう。

