トカマク型プラズマの定常運転及び新ダイバーターとエネルギーコンバーターの考察*

押山 宏**

京都工芸繊維大学***

(49年11月25日受理)

Abstract

A method to operate a conventional Tokamak stationarily by using the magnetic surface of the linear quadrupole is proposed.

A new divertor system which is useful for pumping out an impurity and effective for the direct energy conversion is also considered.

§1 はじめに

第5回IAEA東京会議においては、予想どおりTFR⁽¹⁾を始めとしたトカマク型プラズマの進展を物語る数多くの報告がなされたが、現在のトカマク型装置が将来の核融合炉の原型にはなり得るとしても、より経済性簡便性に富んだ炉を求める動きとして、ある面でトカマクより有利な逆磁場ピンチ型⁽²⁾の炉の提案もなされた。

トカマクが核融合炉をめざす場合、解決が望まれる問題の中には

- (1) 不純物がプラズマ中心に蓄積するのを取り除く方法の開発、
- (2) 不純物がトカマクの運転時間を決めることと同時に、トカマクの磁界配位を作るに必要なジュール電流を発生に簡単な誘導電場だけで作りだすとするならばパルスのになり従って定常運転炉にはならないこと、

* Consideration on a Stationary Tokamak and a New Divertor for a Direct Energy Converter.

** Hiroshi OSHIYAMA

*** Kyoto Technical University

- (3) (1)と関連して外からプラズマ柱に入ってくる不純物を完全に排除するためのダイバーターの開発の問題
- (4) パルス運転の SHUT DOWN PHASE におけるプラズマエネルギーの有効な利用方法の問題等がある。

ここでは上記の問題について即ち、トカマク型プラズマの定常運転の可能性と新しいダイバーター、エネルギーコンバーターについて直観的であるが提案してみる。

§ 2 提 案

次の要素をもった炉を考える。

- (A) 不純物に関しては(1)外からプラズマ柱に入ってくる不純物については効率のよい Linear Quadrupole 型 (以下 L-Q と略記する) のダイバーターを用いる。(2)プラズマ柱内の不純物については生田⁽³⁾の提案による $V'' = 0$ の磁気面をプラズマ外にもっていく方法を使う。
- (B) 定常運転に関しては二つまたはそれ以上のトカマクを L-Q の磁気面を介して交互に運転する。
- (C) エネルギーコンバーター及び SHUT DOWN PHASE については L-Q の ($\Psi_s \sim \Psi_c$) 領域を使いプラズマの運動エネルギーを有効に取り出す。

以上を満したトカマクを考えると次の様である。第 1 図は通常のトカマクである。第 2 図は L-Q の磁気面である。今第 1 図の Z 軸と第 2 図の Z_A , Z_B 軸にそろえると、L-Q の中にトカマクが 2 つ出来る (第 3 図)。

第 1 図

トカマク配位

第 2 図

L-Q 配位

トカマク型プラズマの定常運転及び新ダイバーターとエネルギーコンバーターの考察

Z_A 軸及び Z_B 軸をもつトカマクを夫々 A トカマク, B トカマクと呼ぶ。L-Q の Ψ_C 面 (ジュール電流の作る B_θ を考えると若干変わる) に放電管またはシエルを置きプラズマ柱内から逃げ出た粒子が磁気井戸を越えにくい性質を使い壁に突る割合を減少させる。

また L-Q の Ψ_C と Ψ_S 付近は A トカマクと B トカマクのダイバーターとエネルギーコンバーターになっている (第 3 図 S 点を利用する)。

トカマクプラズマの外表面は Ψ_S に近づけ生田の提案にある不純物のピークが外表面に出来ることを期待する。

さらに A 及び B トカマクは夫々独立したジュール加熱用鉄心を有している。トロイダル磁場は第 3 図の b' の位置に附加磁場発生用バー $I_a^{(4)}$ の電流を流し一様性と最適磁界配位を確保する ($\lambda = \frac{I_a}{I_t} a = -0.3$ の時が第 4 図でこの時アスペクト比 3.5 のトカマクを作ることが出来る)

第 3 図 定常トカマク配位

- a : 鉄心, b : トロイダルコイル (電流 I_t)
- p : トカマクプラズマ
- I_a : 附加磁場発生用電流
- ψ_s : セパラトリックス

第4図 Aトカマクの磁界配位及び構造図

a : 鉄心 p : トカマクプラズマ

b : トロイダルコイル (電流 I_t)

$\lambda : I_a / I_t = -0.3$, アスペクト比 3.5

定常運転は次の通りである。仮にAトカマクが点火の条件に入り，SELF-SUSTAININGの状態の炉になっているとする。この時Bトカマクは休み鉄心の励磁方向の切り換えや不純物のポンピング等にそなえる。Bトカマクの運転はL-Q磁気面による保持の助けによって，Aトカマク

トカマク型プラズマの定常運転及び新ダイバーターとエネルギーコンバーターの考察
プラズマが初期条件となってジュール加熱のみで点火し SELF-SUSTAINING 状態となる。

以上が提案の主旨であるが利点と欠点を有している。例えば、

- (1) 最初のトカマクの点火を逆磁場ピンチの如くジュール加熱だけで出来ないか。
- (2) 1つのトカマクの α 粒子及び他の荷電粒子が他のトカマクの初期プラズマとなりジュール加熱のみで点火となる条件の吟味。⁽⁵⁾
- (3) Ψ_s と Ψ_c 間の領域のダイバーターとしての有効性をもつかどうかの理論的かつ実験的検討。
- (4) この種の磁界配位が有効ならば多数のトカマクを Z_A, Z_B 軸に並べて運転可能。
- (5) 放電壁やシエルに軸対称性が欠ける問題などがある。

結論としてこの論文ではトカマク型プラズマの定常運転の可能性及び新しいダイバーター、エネルギーコンバーターの考察がなされた。さらに詳細な理論的計算と基礎実験が必要である。

- 1) J.Tachon, et al: 5th IAEA Conference in Tokyo
CN-33/A 6-2 (1974)
- 2) H.Bodin, et al: 5th IAEA Conference in Tokyo
CN-33/G-5 (1974)
- 3) K.Ikuta: Kakuygo-Kenkyu 32 (1974) 29
- 4) T.UEDE: Private Communication
- 5) D.Sweetman: Nuclear Fusion 13 (1973) 157