東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2012年3月修了　修士論文要旨

トカマク型核融合炉の社会受容性向上に向けた運転手法と設計に関する研究

学生証番号　47－106068　氏名　古谷　晃
（指導教員　岡野　邦彦　教授）
Key Words : Nuclear fusion, Tokamak, Concept, Design，hybrid operation

本研究では核融合炉の社会受容性の向上を目的として,経済性向上を目的としたビーム核融合反応を利用した出力増加の検討，様々な条件を考慮することのできる核融合炉概念設計コードの改良，改良を行った核融合炉概念設計コードによる核融合炉設計領域の検討,核融合固有の安全性を生かした運転手法の検討，以上4つの課題について研究を行った.

本研究では社会受容性の向上を目的として，核融合の特徴を生かした4つの課題について研究を行った.

経済性向上を目的としたビーム核融合反応を利用した出力増加の検討においては，重水素ビームと三重水素ビームをプラズマ中に同方向に入射し，両ビームの相対速度でのD-T反応の核反応断面積が最大になるように各ビームエネルギーを設定する，Following Injection Torus (FIT)という考え方を提案した．核融合出力およびQ値を算出する計算コードを作成し，FITのエネルギー増倍率Qを評価した．同様に他のビーム核融合概念であるTCT,CITにおいても計算コードを作成し，FITとのQ値の比較を行った．検討の結果，FITとCITはプラズマの体積が小さいほど，また密度の薄いときほど,そして温度が高いときほど増倍率が高いという特徴が明らかとなった．今のトーラス型炉の条件では，TCTは比較的低いEDでQ値が最大となるが，FIT,CITに比べるとけた違いに大きいのでITER等ではTCTが支配的になる，ということが明らかとなった.

様々な条件を考慮することのできる核融合炉概念設計コードの改良においては，コイルに課される工学的条件を考慮して算出された磁場と，プラズマ性能を統合して計算を行える核融合炉概念設計コードを作成した.

炉の幾何形状はラジアルビルドを用いて決定した．作成したコードには，様々な改良を新規に組み込み，その機能と有効性を確認した.

改良を行った核融合炉概念設計コードによる核融合炉設計領域の検討においては，トカマク型核融合炉の設計制約条件による核融合炉設計領域の可能性として，特に今後設計される原型炉，実証炉，実用炉に不可欠な発電システムとしての成立性に注目し，アスペクト比と核融合炉の大きさ，出力の大きさの関係を解析した．複合的な設計制約条件における設計領域の可能性においては，様々な設計制約条件の，炉の大きさ，プラズマ電流，プラズマイオン温度に対する挙動を明らかにすることができた.

核融合固有の安全性を生かした運転手法の検討においては，CSコイルによる誘導電流駆動と，NBIなどによる非誘導電流駆動を併用するハイブリッド運転により,CSコイルの充電と放電を電力需要に応じて行うことで，プラズマ電流を上下させることにより，核融合出力を変化させる運転を行う準パルス定常トカマク炉という運転方式を提案し，核融合炉概念設計コードを用いて検討を行った.

運転シナリオの検討では，中性子壁負荷による放射化の検討を行い，低出力運転時において中性子壁負荷を抑え，ピーク時の高出力運転で制限を超える運転をすることにより，炉の大きさにとらわれない最大出力を得ることができることを明らかにした．また，プラズマ電流の4分の1程度CSコイルによる誘導電流を変化させるだけで，2倍程度送電端出力を変化させることができることが確認できた．プラズマ性能の低さをカバーできることも明らかとなった．これらの結果から準パルス定常炉には，負荷追従運転による導入量の向上，受動安全性を保ちながらの最大出力の向上といった既存の運転方式には無い大きなメリットが存在することが核融合炉概念設計コードにおいても確認することができた.

以上のように得られた知見を利用することにより，核融合炉の持つ特徴を生かしながら，さらなる安全性，経済性に優れた核融合炉を開発することが可能となり，より社会受容性が向上すると考えられる.