

論文審査の結果の要旨

氏名 日 渡 良 爾

本論文は **Study on Tokamak Plasma Performance for Fusion Energy Development Scenario** (トカマク型核融合炉開発シナリオの基盤となる炉心プラズマ研究)と題している。核融合エネルギーは地球環境に優しい将来の代替エネルギー源の有力な候補の1つとして考えられており世界各国で精力的に研究開発されている。現在、ITER(国際熱核融合実験炉)計画が国際プロジェクトとして推進されようとしており、核燃焼プラズマの実現ならびに炉工学技術の実証試験が行われる予定となっている。また昨今、日・欧・米ではITER計画後の核融合炉開発シナリオに関する議論が活発になされている。そこでは21世紀後半の地球環境問題への寄与を鑑み、2030年代に核融合発電の実証を目指した早期実用化計画が検討され始めている。実用化計画(開発シナリオ)作成のためには、各開発段階におけるプラズマ性能・炉工学技術等に対する開発目標を明確に設定する必要がある。核融合発電を実現するためには、炉心プラズマ、超伝導コイル、プラズマ加熱装置、発電ブランケット等の要素技術の統合が必要となる。そのため技術的・経済的に合理的な核融合炉実現に向けた開発目標に対して、幾通りかの開発シナリオが考えられる。本論文では、ITER計画において十分に開発見通しの得られるであろう炉心プラズマおよび炉工学技術を次期の発電実証炉設計のスタートポイントとして、トカマク型核融合炉開発シナリオを構築すると共に、その開発シナリオの基盤となる炉心プラズマ設計を実施し、その性能評価および分析を行っている。論文は以下のように構成されている。

第1章は緒論にあてられている。核融合エネルギーの長所と短所、核融合発電の仕組みと開発現状が述べられている。特に核融合炉の早期実用化を鑑みた核融合開発シナリオを構築する上で、**Electric break-even** 条件(正味電気出力に必要なプラズマ性能)と **Economic break-even** 条件(実用化に必要なプラズマ性能)が重要であると指摘している。

第2章では、はじめにトカマク型核融合炉を設計するために開発されたシステム解析コード **FUSAC** について紹介している。さらにITERの炉工学技術とプラズマ実験計画を前提として、核融合発電実証炉の設計領域を選定し、そのパラメータ領域に関して **Electric Break-even** 条件および **Economic Break-even** 条件を評価している。

第3章では、既に提案されている核融合実用炉概念検討の中から **Economic Break-even** 条件に合致する実用炉として核融合実用炉 **CREST** を選定している。さらに、**Electric Break-even** 条件を考慮に入れ、実験炉ITERから実用炉CRESTにつながる発電実証炉 **Demo-CREST** の基本設計を行っている。設計項目としては、プラズマパラメータの最適化、プラズマ平衡・立上げ解析、ダイバータプラズマ運転条件を論じている。以上により、核融合炉の早期実用化を目指した開発シナリオの一つとして、ITER計画からの発展性および実用炉への連続性を踏まえた発電実証炉の具体的な設計を世界に先駆けて提唱している。

第4章は、ここで構築した開発シナリオの各開発段階における炉心プラズマ設計課題について論じている。実験炉 ITER 段階については、炉心プラズマの閉じ込め特性に着目し、1.5次元トカマクプラズマ輸送コードを用いた各種輸送モデルの検証作業、H-mode 遷移モデルを考慮した輸送モデルの構築、中性粒子簡易輸送モデルを用いたダイバータモデルの構築、を行っている。発電実証炉 Demo-CREST 段階では、段階的なプラズマ性能向上に対応できるプラズマ運転経路と電流駆動シナリオの検討を踏まえ、実験炉から実用炉への単一装置を用いた連続的な発展の科学的・技術的妥当性を検討・評価している。最後に実用炉 CREST 段階では、プラズマ楕円度増加と電流分布制御による高性能プラズマの立上げシナリオを検討している。

第5章はまとめにあてられている。

以上を要するに、本研究は現在の知見をベースとしてより堅実かつ早期実用化を目指した核融合開発シナリオを考察すると共に、その基盤となる実験炉・発電実証炉・実用炉に対する炉心プラズマの設計および性能評価・分析を行っており、ここでの知見や結果は核融合エネルギー開発研究への応用が期待できるものであり、先端エネルギー工学、とくに核融合炉工学の発展に貢献するところが大きい。

なお、本論文の第2章、第3章および第4章は、小川雄一、岡野邦彦、朝岡善幸、時松宏治の各氏との共同研究であるが、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。