

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2010

課題番号：19540529

研究課題名（和文） 核燃焼プラズマにおけるシンクロトロン放射損失の再評価

研究課題名（英文） Re-Evaluation of Synchrotron Radiation in a Burning Plasma

研究代表者

佐藤 正泰（SATO MASAYASU）

独立行政法人日本原子力研究開発機構・核融合研究開発部門・研究主幹

研究者番号：80354603

研究代表者の専門分野：数物系科学

科研費の分科・細目：プラズマ科学・プラズマ科学

キーワード：電子サイクロトロン放射、トーラス形状、2成分マックスウエル分布、電子温度、斜め伝搬、放射温度

1. 研究計画の概要

近年、電子サイクロトロン放射（ECE）の相対論的効果の重要性が認識され、バルク電子における相対論効果を近似を用いず厳密に取り扱った評価や、磁場に任意の角度で伝搬する放射率の式の導出が行われている。従来無視されていた過程（伝搬方向、相対論的マックスウエル分布等）を考慮して、シンクロトロン放射損失を評価することが本研究課題である。また、トカマク研究の進展に伴い、トカマク型核融合炉のパラメーターや核燃焼プラズマ維持方法も変化してきている。即ち、従来よりもアスペクト比が低い側へ、また電子温度が高温側へ変化している。また、電子サイクロトロン波による電流駆動の重要性も増してきている。これらを考慮するには、高エネルギー電子とバルク電子を両方取り扱う必要がある。ここでは、プラズマ吸収や相対論的分布を考慮して、両方からのシンクロトロン放射損失を評価する。更に、ここで行う研究成果を取り入れ、核融合炉を成立させるために課される電子温度と密度の制限値や許容高エネルギー電子密度等に関する指針を導出し、今後の核融合炉設計に資する。

2. 研究の進捗状況

(1) トカマク配位に関しては、相対論的取り扱い、磁場構造、伝搬方向等を取り入れて、炉心級トカマクにおけるシンクロトロン放射損失(P_{syn})の評価を行っている。水平面上、鉛直面上の任意の視線について、放射スペクトルを評価した。この結果を基にして、放射損失の評価を行った。水平面上の視線ではト

ロイダル角度依存性を持つことから、異常波、正常波成分に分けて、それぞれの寄与を考察した。異常波成分はトロイダル角度の上昇とともに増加する。これは放射が磁場に直交する視線が大きく、かつこの様な視線が高い温度領域を通過することに因る。正常波成分は、トロイダル角度が 60-75 度でピークを持つ。これは、正常波の放射が直交成分は低いこととこの様な視線が高い温度領域を通る2つの過程の競合の結果である。 P_{syn} のポロイダル依存性は弱い。以上の計算を基に、ポロイダル依存性はない・真空容器内壁での反射はない等の仮定を行い全 P_{syn} を評価した。全 P_{syn} の電子密度依存性は密度の約 0.5 乗であることがわかった。更に、任意の視線を含んだ評価方法を完成する必要がある。

又、2成分球対称相対論的マックスウエル分布における基本波正常波と2倍高調波異常波のECE放射温度を評価し、高速電子の熱的電子の電子温度へ与える影響を詳細に評価した。定性的には、高速電子の電子温度が低い場合は、基本波正常波に比べ、2倍高調波異常波は影響を受けやすいが、温度が高くなった場合は、影響を受ける度合いは同程度であることがわかった。この高速電子の放射温度への影響は、2成分温度の放射温度の簡単なモデルを基に熱的電子と高速電子の放射率の周波数依存性を考慮すると、定性的に説明できることが分かった。

(2) LHD に関しては、磁気軸を通る水平面上のコードは完成している。任意方向の視線に関しては、磁場計算コードと放射を評価するコードの結合がまだ完成していない。

3. 現在までの達成度

③やや遅れている。

(理由)

科学研究費申請後に人事異動が2回あり、異動後の新しい仕事に慣れるのに時間が割かれ、まとまった時間が取れにくかった。

4. 今後の研究の推進方策

(1) トカマクについては、任意方向の視線に関するコードを作成する必要がある。

(2) LHD については、磁場計算コードと放射を評価するコードの結合がまだ、完成していない。当初、偏光を分けて解く必要があると考えていたが、これはそれほど重要でないと思われる。

(3) 当初重要視していなかった真空容器壁での反射の影響をどの様に評価するか、早急に解決する必要がある。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- ① M. Sato, and A. Isayama, “Feasibility study of ECE measurement in JT-60SA”, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Appeared in WEB, 2010, 査読あり.
- ② M. Sato, and A. Isayama, “Evaluation of ECE Spectra in a Tokamak with Torus Geometry and Application to Electron Temperature Measurement”, Proc. 15th Joint Workshop on Electron Cyclotron Emission and Electron Cyclotron Resonance Heating, March 2008, Yosemite, USA, World Scientific Publishing Co. Ptr Ltd., 2009, p. 263 査読なし.
- ③ M. Sato, and A. Isayama, “Radiation Temperature of ECE in Bi-Maxwellian Plasma”, Proc. 35th EPS Plasma Physics Conference, June 2008, Crete, Greece, P2. 092, 2008, 査読なし.

[学会発表] (計5件)

- ① 佐藤正泰、諫山明彦、炉心級トカマクプラズマにおけるシンクロトロン放射の評価(1)ー各視線における評価ー、日本物理学会第65回年次大会、2010年3月22日、岡山市、岡山大学
- ② M. Sato, and A. Isayama “Feasibility study of ECE measurement in JT-60SA”, 1st International Conference on Frontiers in Diagnostic Technologies, 25th Nov. 2009, Frascati, Italy.

③ 佐藤正泰、諫山明彦、JT-60SA における ECE スペクトル及び電子温度分布計測検討、日本物理学会第64回年次大会、2009年3月30日、東京都、立教大学

④ M. Sato, and A. Isayama, “Radiation Temperature of ECE in Bi-Maxwellian Plasma”, 35th EPS Plasma Physics Conference, 10th June 2008, Crete, Greece.

⑤ M. Sato, and A. Isayama, “Evaluation of ECE Spectra in a Tokamak with Torus Geometry and Application to Electron Temperature Measurement”, 15th Joint Workshop on Electron Cyclotron Emission and Electron Cyclotron Resonance Heating, 13th March 2008, Yosemite, USA.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]