The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Theoretical Investigation of Laser-Produced Hot, Dense Plasmas
Author(s)	古河, 裕之
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3054372
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【42】

氏名・(本籍)	古河裕之（ふるかわ ひろゆき）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 9757 号
学位授与の日付	平成3年3月26日
学位授与の要件	工学研究科 電磁エネルギー工学専攻 学位規則第5条第1項該当
学位論文題目	Theoretical Investigation of Laser-Produced Hot, Dense Plasmas（レーザー生成高温・高密度プラズマに関する理論的研究）
論文審査委員	(主査) 教授 三間 圀興　教授 三宅 正宣　教授 西原 功修 教授 青木 亮三　教授 中井 貞雄　教授 井澤 靖和 教授 横山 昌弘　教授 権田 俊一　教授 石村 勉

論文内容の要旨

本論文は，レーザー核融合の爆縮過程で生じる高温度，高密度プラズマに関する理論的研究の成果をまとめたもので，次の7章より構成されている。

第1章は緒論であり，レーザー爆縮で実現する高温度，高密度プラズマが2成分強結合プラズマであることを示し，本研究の重要性と目的を述べている。

第2章では，2成分強結合プラズマのダイナミックスをシミュレーションするために新たに開発した3次元粒子コード「ＳＣＯＰＥ」について，その構成，基本式及び計算上の工夫などを述べている。また，コードの精度評価を定量的に行っている。

第3章では，高密度プラズマ中の2成分イオン混合プラズマの制動輻射係数の定式化を行い，「ＳＣＯＰＥ」を用いて観測した動径分布関数から制動輻射係数の抑制率を周波数の関数として評価している。1成分イオンプラズマについて従来の理論モデルとの比較を行い，コードの有効性を示している。

第4章では，「ＳＣＯＰＥ」を用いて速度と電流密度の自己相関関数を計測し，高密度プラズマ中の自己拡散係数，および電気伝導に関して，そのクーロン結合係数に対する依存性を評価している。

第5章では，密度汎関数法をもとにして，電子の量子効果と種々の2体相関を考慮した高密度プラズマの原子モデルを構築している。また完全電離状態と部分電離状態での動径分布関数を評価している。

第6章では，原子モデルを応用して高密度プラズマ中の荷電粒子の阻止能を計算し，特に従来考慮されていなかった電子－イオン間の局所場補正効果を取り入れ，その評価を行っている。

第7章は結論であり，以上の研究で得られた成果をまとめて本論文の総括を行っている。

論文審査の結果の要旨

レーザー核融合の爆縮過程で生じる高温度，高密度プラズマでは，粒子間のクーロン相互作用エネルギーが運動エネルギーとほぼ等しく，また電子は部分的にしか縮退していない状態が実現する。このような2成分強結合プラズマの理論的モデルはまだ確立していない。本論文は，量子効果を取り入れた非常に多数の粒子を取り扱える3次元粒子コードを開発し，2成分強結合プラズマの基本的特性を明らかにしようとするものである。また，高密度プラズマの原子モデルについては，密度汎関数法をもとにして，電子の量子効果と2体相関を取り入れたモデルを構築し，荷電粒子阻止能の計算に応用している。得られた主な成果は次の通りである。

(1) 開発した計算機シミュレーションコードでは，相互作用を量子効果の働く近接力と長距離のクーロン力に分けて取り扱い，近接力には分子動力学的手法を長距離力には格子法を用いる新しい手法を開発している。特に，格子法については高精度の数値計算手法を導入し，必要な精度を得るための条件を明らかにしている。

(2) 2種類のイオンからなる混合プラズマについて，制動輻射係数を導出し，「ＳＣＯＰＥ」を用いて観測した動径分布関数から，輻射係数の高密度効果による抑制率を周波数の関数として求めている。2成分イオンでの抑制率の評価において荷電数を仮想的な平均荷電数をもつ1成分イオンで近似できることを明らかにしている。

(3) 「ＳＣＯＰＥ」を用いて求めた種々の自己相関関数より，自己拡散係数と電気伝導度を求め，そのイオン結合係数に対する依存性を明らかにしている。

(4) イオン－イオン，電子－電子，イオン－電子の2体相関をＨＮＣ理論で取り入れ，プラズマ中の多価イオンの電子状態を記述するモデルを構築し，種々の動径分布関数を評価している。特に，部分電離状態についてもそのエネルギー準位等を明らかにしている。

(5) 前記原子モデルを用いて高密度プラズマ中の荷電粒子の阻止能を計算している。特に，電子－イオン間の局所場補正効果を誘電応答関数に初めて取り入れ，テスト粒子の速度が電子とイオンの熱速度の中間にある場合についてその効果が著しいことを示している。

以上のように，本論文は，2成分強結合プラズマのダイナミックスを取り扱える3次元粒子コードを開発し，新しい高密度下での原子モデルの提案を行い，レーザー生成高密度プラズマの基本的性質について定量的評価を与えるものであり，レーザー核融合研究と高密度プラズマ物性研究に寄与するところ大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。