The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | 中性子放射化を用いたレーザー核融合プラズマ診断法の開発に関する研究 |
| Author(s) | 中石, 博之 |
| Citation | 大阪大学, 1990, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/36987 |
| rights | |
| Note | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

【41】

| | |
|---|---|
| 氏名・(本籍) | 中石博之（なかいしひろゆき） |
| 学位の種類 | 工学博士 |
| 学位記番号 | 9187号 |
| 学浜授与の日付 | 平成2年3月24日 |
| 学位授与の要件 | 工学研究科電磁エネルギー工学専攻<br>学位規則第5条第1項該当 |
| 学位論文題目 | **中性子放射化を用いたレーザー核融合プラズマ診断法の開発に関する研究** |
| 論文審査委員 | (主査)<br>教授 中井 貞雄<br>教授 渡辺 健二　教授 石村 勉　教授 三間 圀興<br>教授 横山 昌弘　教授 青木 亮三　教授 三宅 正宣<br>教授 井澤 靖和　教授 権田 俊一　教授 山中 龍彦 |

## 論文内容の要旨

本論文は，中性子放射化を用いたレーザー核融合高密度プラズマの面密度計測法の開発に関する研究の成果をまとめたものであり，6章より構成されている。

第1章は緒論であり，レーザー核融合研究における高密度プラズマ診断技術とその重要性について述べ，本論文の目的と意義について述べている。

第2章では，核融合中性子による水素の弾性散乱を利用した面密度計測法について述べている。これまで開発されてきた種々の面密度計測法と比較しながら，その有効性と適用限界について明らかにしている。検出器として原子核乾板が有効であることを示し，その基本特性について述べ，レーザー爆縮実験における面密度測定結果によってその有効性を示している。

第3章では，中性子によるトレーサーの放射化を利用した面密度計測法について述べている。核融合によって生成した中性子によってターゲット内で種々の核反応が生じ，放射性同位体が生成する。これらの誘導放射能測定においては，低バックグラウンドで高効率の測定が必要であり，$\beta-\gamma$コインシデンス測定法が最適であることを示している。また，中性子発生数の計測においても$\beta-\gamma$コインシデンス絶対測定法を適用し，その有効性を示している。

第4章では，放射化法を適用する際に問題となるプラズマ粒子の捕集方法及び捕集効率の較正に関する様々な手法と，捕集効率の較正結果について述べている。プラズマ粒子捕集のためのコレクタ設計，および放射化分析の手法を用いた放射性トレーサーによる捕集効率の較正について述べている。これらの実験結果を，弾性散乱を利用した方法との同時計測による結果と比較し，較正法及び較正結果の妥当性を示している。さらに，面密度測定において誤差要因となる，捕集効率のトレーサー種に対する依存性，ターゲ

ットの初期面密度依存性を実験的に明らかにしている。

第５章では，波長0.５３μmのレーザー光を用いたプラスチックシェルターゲット圧縮の爆縮特性を明らかにしている。放射化法による診断のために用いられた，シリコン入りポリマーシェルターゲットの製作について述べ，紫外線励起による水素交換反応を用いたＣＤＴSi ターゲットの製作及びその性能について述べている。圧縮実験では，通常のレーザー光による爆縮と，ランダム位相板を導入した爆縮との比較を行っている。ランダム位相板によるレーザー光の照射一様性の向上が，圧縮密度を著しく向上させ，初期密度の６００倍以上の圧縮密度が実現されたことを示している。

第６章は結論であり，以上の研究で得られた成果をまとめ，本論文の総括を与えている。

## 論文の審査結果の要旨

レーザー核融合によって点火・ブレークイーブンを達成するためには，燃料プラズマを固体密度の500から１０００倍に圧縮する必要がある。本論文は，このような超高密度プラズマの核反応粒子を用いた新しい診断法開発に関する研究をまとめたものであり，主な成果を要約すると次の通りである。

(1) 中性子放射化による面密度計測法の妥当性を確認する目的で，原理が全く異なる核融合生成中性子による水素の弾性散乱を利用した面密度計測法を提案し，ターゲット中で散乱された粒子のエネルギー減衰について検討を加え，爆縮プラズマに対する適用可能な範囲を明らかにしている。そして，ＤＴＨガスを封入したガラスマイクロバルーンターゲットを用いて，初めて本手法をレーザー爆縮プラズマの面密度計測に適用し，従来よりよく知られている２次反応法と比較し，その有効性を明らかにしている。

(2) 爆縮プラズマより発生する１４.１ＭｅＶ中性子によるトレーサーの放射化について検討し，プラズマの面密度計測における高感度のトレーサー核種を選択している。レーザーによる爆縮実験において生成する低レベル放射能測定装置として，$\beta$－$\gamma$コインシデンス測定装置及び高純度Ge 半導体検出器が有効であることを示し，その特性を詳細に調べ，検出器としての較正を行っている。中性子放射化法の実用化試験としてこれをＤＴガス充塡ガラスマイクロバルーンターゲットの爆縮実験に適用し，ガラスプッシャーの面密度計測を行い，その有効性を示している。

(3) Ｅｕをアクチバブルトレーサーとして，原子炉熱中性子放射化分析法によってプラズマの捕集効率を測定している。また$^{10}$B(ｎ，$\alpha$)$^{7}$Ｌｉ反応を用いて，コレクタ内でのプラズマ付着分布を測定し，プラズマ粒子が，多重反射の後に捕集されることを明らかにしている。$^{24}$Na，$^{82}$Br，$^{152m}$Eu の放射性トレーサーを用いて捕集効率を較正し，捕集効率に原子量依存性があることを明らかにしている。このように実験的に求めた捕集効率は，大きな立体角のコレクタを用いれば再現性があり，シェルターゲットの初期サイズにはほとんど依存せず，コレクタの使用回数とともに上昇し一定の値で飽和することを示している。そして，弾性散乱法及び放射化法の同時計測により，これまで未知であった$^{28}$Al の捕集効率を測定し，$^{24}$Na によって較正したものとほぼ同じ値であることを示している。

(4) Ｓｉ トレーサーの１４.１ＭｅＶ中性子による放射化によって爆縮プラズマの面密度を測定するために，

Water／Oil／Water（W／O／W)エマルジョン法によって面密度計測に必要な５～20重量%のＳｉを含有したプラスチックシェルを製作している。比放射能の高いＣＤＴＳｉ プラスチックシェルターゲットを製作するために，光励起水素交換反応を利用してトリチウム置換を行い，中性子放射化法のシェルターゲットへの適用にはじめて成功している。次に，プラスチックシェル圧縮実験に中性子放射化法を適用し，ランダム位相板を導入し，レーザー照射の一様性を改善することにより，圧縮密度が１桁近く向上することを示している。プラスチックシェル圧縮において，波長0.５３μm，照射強度（2～4）×１０$^{14}$W／cm$^{2}$ のレーザー条件では，圧縮密度に関する最適アスペクト比は２５であり，これは最大流体力学的効率を得る条件とも一致し，高効率の高密度圧縮が可能であることを示している。これらの実験を通して，固体密度の約６００倍の圧縮を検証している。

以上のように，本論文はレーザー生成超高密度プラズマ診断のために不可欠な面密度測定を目的として中性子放射化法を新たに開発し，固体密度の６００倍圧縮という未踏の超高密度を初めて計測している。これは，レーザー核融合の点火・ブレークイーブン達成に明るい見通しを与えるものであり，核融合理工学に寄与する所大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。