

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月11日現在

機関番号：63902

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21360454

研究課題名（和文）交差プルーム法による慣性炉内エアロゾル形成の模擬実験

研究課題名（英文）Simulation experiments on the cluster and aerosol formation by colliding ablation plumes in an inertial confinement fusion reactor.

研究代表者：廣岡 慶彦（HIROOKA YOSHIHIKO）

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授

研究者番号：60311213

研究成果の概要（和文）：慣性核融合炉内の環境を模擬した条件下で発生させた2つのアブレーションプルームを衝突させるとクラスター分子やエアロゾルが形成されることを実験室系装置で初めて実証した。

研究成果の概要（英文）：The formation of clusters and aerosol by colliding ablation plumes has been demonstrated for the first time in a laboratory scale experimental setup under conditions simulating the inertial confinement reactor environment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2010年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
2011年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
年度			
年度			
総計	14,400,000	4,320,000	18,720,000

研究分野：総合工学

科研費の分科・細目：核融合学

キーワード：①慣性核融合炉②アブレーション③エアロゾル④再凝縮・共堆積⑤原子分子反応

1. 研究開始当初の背景

（1）慣性核融合炉ターゲットチェンバー内壁のアブレーションの問題は、従前より壁寿命の観点から研究議論されてきた。しかるに、アブレーションに付随する問題としてのエアロゾルの形成、再付着、水素の共堆積に関しては、ほとんど手付かずの状態であった。

（2）磁気核融合実験炉（ITER）に相当する慣性核融合実験炉（NIF）が点火実験に入った現在、先進国では、既に高繰り返し発電炉の設計研究が始まっており、ターゲットチェンバー内のエアロゾル除去に関する研究が急務である。

2. 研究の目的

本研究では、上記のような観点から世界で初めて慣性核融合炉内環境を模擬した条件下でアブレーションプルームをエアロゾル形成が起こるか否かを実験的に調査することが目的である。

3. 研究の方法

（1）本研究では、実験室系装置にセットした2つのターゲットに3 ω YAGレーザーを慣性炉壁熱負荷と同等のパワー密度で照射し、それぞれ生成したアブレーションプルームを相互に交差衝突させる手法（「交差プルーム法」）を提案した。模式図を図-1に示す。

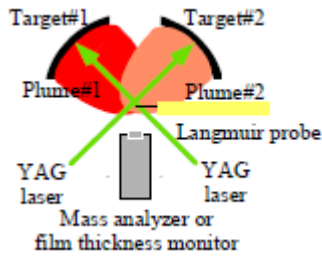


図-1 交差プルーム法の模式図。

(2) 交差プルームで用いた3 ω YAG レーザー (355nm) の強度は、1-30J/cm²/pulse でレーザーの繰り返し周期を10Hzとした。これは、現在、設計研究が進行している第一世代の慣性核融合炉の壁負荷及び繰り返し周期と同等である。

(3) 本研究に用いたターゲット試料は、基本金属材料としての銅・アルミ、現在ターゲットチャンバーのドライウォール材料として検討されているタングステン・カーボンとウエットウォール候補材料としての鉛・リチウムである。

(4) 上記交差プルーム法により衝突したアブレーションプルームプラズマの直接診断により多原子クラスターの同定を行う。また、交差衝突プルーム蒸着物採取によりエアロゾルの特定と共堆積した水素量を定量する。

4. 研究成果

(1) 上記の試料の内、金属ターゲットは、そのアブレーションプルームを交差させた場合、主として、再結合が起こることが判った。一例として、アルミの交差プルームの CCD カメラ画像を図-2 に示す。シングルプルームに比べてダブルプルームの場合、交差点から後の発光テールが断ち切られている。

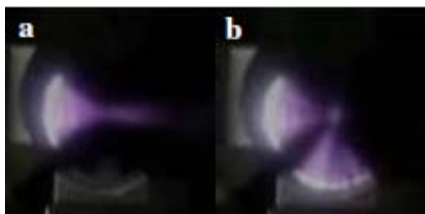


図-2 アルミの交差プルーム (a) シングルプルーム ; (b) ダブルプルーム。

(2) 金属材料に対して、カーボンは、異なる挙動を示した。その様子を図-3 に示す。シングルプルームでは、可視光域の発光は、ほとんど観測されないが、ダブルプルームとして交差させると交差点付近で発光が見られた。これを分光すると、図-4 のようにス

ワンバンドが同定された。つまり、カーボンプルームは、相互衝突によって $C+C \Rightarrow C_2$ 反応を起こしていると考えられる。

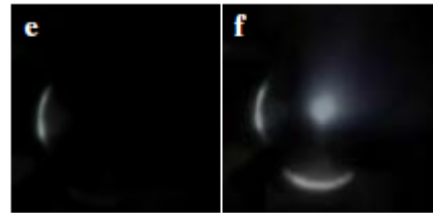


図-3 カーボンの交差プルーム (e) シングルプルーム ; (f) ダブルプルーム。

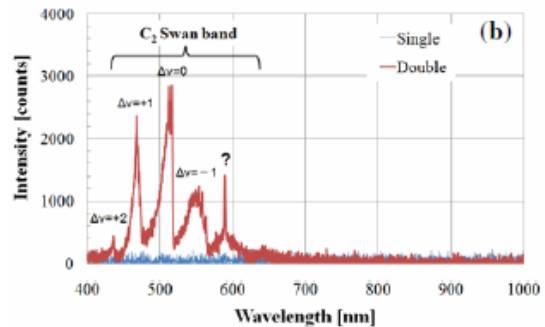


図-4 交差カーボンプルームの分光結果。

また、このカーボンプルームを図-1 に示した質量分析計で分析すると図-5 のように多原子クラスターの生成が認められた。

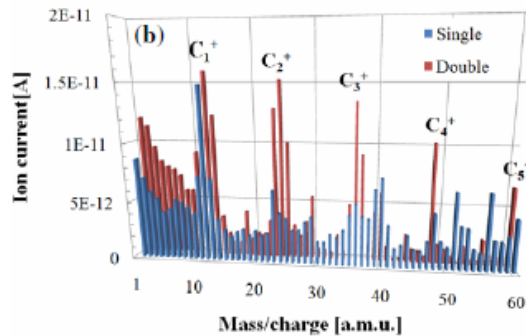


図-5 交差カーボンプルームプラズマ中のクラスターイオン。

上記のようなカーボンのクラスターイオンが生成する条件で数時間交差プルームプラズマを蒸着採取した薄膜を電子顕微鏡で観察した結果、図-6 に示すようなカーボンナノチューブ、カーボンオニオン、カーボンマイクロチューブ等が観測された。これに対して、金属ターゲットの場合は、図-7 に示したリチウムのように液滴状のエアロゾルが形成されることが判った。

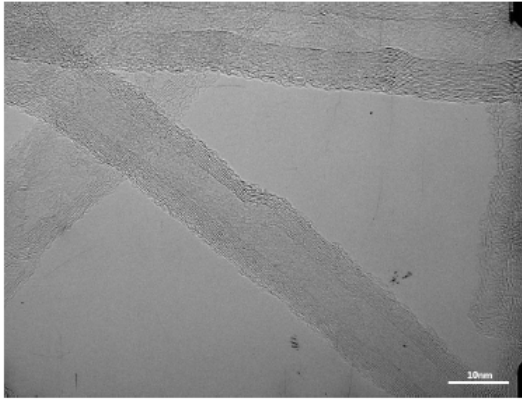


図-6 交差カーボンプラームにより生成したCNTエアロゾル。

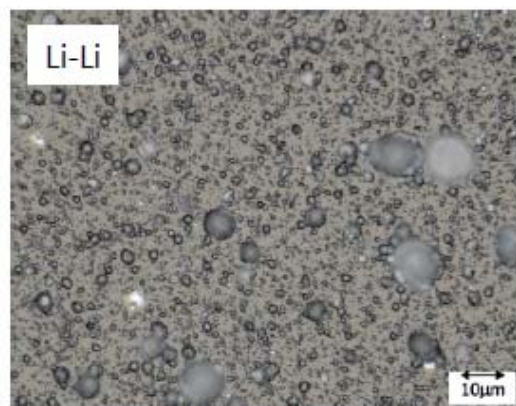


図-7 交差リチウムプラームによる液滴状エアロゾル。

5. 主な発表論文等

(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5件-全て査読有り)

- (1) Y. Hirooka et al.
Fusion Eng. Des. (to be published in 2012).
- (2) K. A. Tanaka et al.
Fusion Sci. Technol. 60(2011)329.
- (3) Y. Hirooka et al.
Fusion Sci. Technol. 60(2011)804.
- (4) H. Sato, Y. Hirooka et al.
J. Plasma Fusion Res. SERIES 9(2010)432.
- (5) Y. Hirooka et al.
J. Phys. Conf. Ser. 244(2010)032033.

[学会発表] (計8件)

- (1) 廣岡慶彦 他、“高繰り返し慣性炉内エアロゾル形成と水素共体積の模擬実験”
第28回プラズマ核融合学会 (平成23年1月22-25日、石川県立音楽堂)。
- (2) Y. Hirooka et al. “Laboratory

simulation studies on aerosol formation and hydrogen co-deposition in a high-repetition rate inertial fusion reactor”, IFSA-2011(Inertial Fusion Sci. and Appl. Bordeaux, 2011, Sep. 12-16).

(3) Y. Hirooka et al. “Aerosol formation and hydrogen co-deposition by colliding ablation plasma plumes of lithium and lead”, ISLA-2011(Int. Symp. Lithium Applications for Fusion Devices, Princeton, Apr. 27-29)

(4) Y. Hirooka et al. “Aerosol formation and hydrogen co-deposition by colliding ablation plasma plumes of carbon”, TOFE-2010 (Topical meeting Of Fusion Engineering, Las Vegas, 2010, Nov. 7-11) .

(5) 廣岡慶彦 他、“慣性炉壁材料アブレーションプラームプラズマの相互衝突によるエアロゾル形成”, 第27回プラズマ核融合学会 (平成22年11月30-12月3日、北大)。

(6) H. Sato, Y. Hirooka et al. “Dynamics of colliding ablation plumes”, APFA2009 (Asia Pacific Fusion Association, Aomori, 2009, Oct. 27-30)。

(7) 廣岡慶彦、他 “交差プラーム法による慣性炉内エアロゾル形成の模擬実験”
第26回プラズマ核融合学会 (平成21年12月1-4日、京都国際交流会館)。

(8) Y. Hirooka et al. “Laboratory experiments on cluster/aerosol formation by colliding ablation plumes”, IFSA-2009 (Inertial Fusion Sci. and Appl. San Francisco, 2009, Sep. 6-11)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: プラズマ衝突による周期的微細構造物質生成捕集方法。

発明者: 廣岡慶彦・田中和夫・佐藤弘道

権利者: 核融合科学研究所

種類: 特許

番号: 特願2010-172530

出願年月日: 平成22年7月30日

国内外の別: 国内

○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]
ホームページ等
<http://dpc.nifs.ac.jp/FSYS-HP/hirooka/index-j.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者：廣岡慶彦
(HIROOKA YOSHIHIKO)
核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授
研究者番号：60311213

(2) 研究分担者：村上泉
(MURAKAMI IZUMI)
核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授
研究者番号：30290919

研究分担者：芦川直子
(ASHIKAWA NAOKO)
核融合科学研究所・ヘリカル研究部・助教
研究者番号：00353441

研究分担者：田中和夫
(TANAKA KAZUO)
大阪大学大学院工学研究科・教授
研究者番号：70171741

研究分担者：砂原淳
(SUNAHARA ATSUSHI)
レーザー技術総合研究所・研究員
研究者番号：00370213

(3) 連携研究者
()
研究者番号：