

令和 3 年 5 月 21 日現在

機関番号：63902

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H04619

研究課題名(和文) 堆積層およびダストの循環的利用による新しいダイバータ板上の熱負荷の低減手法の開発

研究課題名(英文) Development of an innovative concept for reducing divertor heat load by recycling dust and deposition layers

研究代表者

庄司 主 (Shoji, Mamoru)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・准教授

研究者番号：00280602

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：核融合炉の実現を妨げている要因として、高温のプラズマと真空容器壁が設置している部分(ダイバータ部)の熱負荷が高すぎる事が挙げられる。これを解決するために、真空容器壁内で必然的に発生するダスト(炭素・金属などの粒)を活用して、ダイバータ部の熱負荷を下げる研究を行った。ダスト落下装置(IPD)を大型ヘリカル装置(LHD)の上部に設置してプラズマにホウ素などのダストを落下させる実験を行った。その結果、一部のダイバータ部の熱負荷を低減させることに成功した。ただし、プラズマを安定に長時間維持することが難しいことが分かった。ダストの供給場所をダイバータ部のみに局所化することが有効であると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、ダストを利用した核融合炉内のダイバータ部の熱負荷低減の可能性を探ることができた。本研究によって、炉内で必然的に発生するダストがプラズマに及ぼす影響とその挙動を詳しく観測することに成功した。ダストをダイバータ部の熱負荷の低減に本格的に活用した事例は従来までなかったことから、本研究の当該分野に及ぼす学術的意義は非常に大きいと考えられる。また、本研究によって核融合炉内でのダストの挙動と、そのダイバータ部の熱負荷の低減効果、そのプラズマ放電の維持に与える功罪を明らかにすることができた。これらのことは核融合炉を早期に実現する上で有益な情報であり、その将来に及ぼす社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：The excessive heatload in the divertor area, where the high temperature plasma attaches to the vacuum wall, is a major concern which prevents realization of nuclear fusion power plants. For solving this issue, the reduction of the heat load was investigated using intrinsic dust particles which are composed of small carbon and metal grains in the vacuum vessel. Experiments for realizing the heat load reduction were performed using an impurity powder dropper (IPD) which were installed at an upper port of the Large Helical Device (LHD). Though it resulted in the successful reduction of the heat load in some divertor areas, the experiments revealed that the stable sustainment of plasma discharges is difficult. The experimental results indicate that the local supply of dust particles to the divertor areas can be effective for the stable sustainment of the plasma discharges.

研究分野：プラズマ物理学

キーワード：ダスト ダイバータ 熱負荷低減 デタッチメント 画像計測 ボロン 不純物粒子落下 周辺プラズマ

## 1. 研究開始当初の背景

国際熱核融合実験炉(ITER)および、将来の核融合炉を実現するために解決すべき研究課題として、

- (1) プラズマからの粒子・エネルギーを受け止めるダイバータ板の熱負荷を低減する手法の確立
- (2) プラズマ・壁相互作用によって発生する不純物を含んだ堆積層とダスト(直径約数マイクロメートルの塵)が真空容器内部に蓄積されることで引き起こされる装置内部の過度な放射化(トリチウム)の抑制
- (3) 突然の大気流入時・水漏れ事故時において真空容器内部に存在する高温のダストが酸素・水と反応して粉塵・水素爆発するのを防ぐために、プラズマ放電中にダストを取り出す方法の開発

などがある。これらの3つの課題を解決しなければ、安全でクリーンな発電プラントとしての核融合炉の実現が困難になると懸念されている。

核融合炉内では、プラズマと真空容器壁との相互作用によって必然的にダストが発生・堆積することが明らかにされている。このダストを有効に活用することによって、上記の3つの諸研究課題を一挙に解決できる可能性があるとの着想を得たことが本研究をおこなった動機である。

## 2. 研究の目的

核融合炉を実現するためには、少なくとも以下の課題を解決しなければならないと考えられる。

- (1) 真空容器内部に蓄積する堆積層およびダストの効率的・定常的な外部への取り出し
  - (2) ダイバータ板上での熱負荷の低減およびスパッタリングによる不純物発生量の抑制
  - (3) プラズマ放電中において真空容器内部に存在するダストの総量の大幅な低減
- 本研究の目的は、これらの3つの課題を解決するために新しいダストの取り出し方法と、それを実証する装置を開発するとともに、その有効性をLHDの長時間放電実験で定常的に確認することである。

## 3. 研究の方法

上記の研究目的を達成するために、核融合科学研究所にある大型ヘリカル装置(LHD)において、主に下記の3つの研究課題を設定して、計画的に研究を進めた。

- (1) ダイバータ板の対向部付近に形成される堆積層を砕き、細かなダスト(直径1マイクロメートル以下)に効率的に変換しつつ、外部(ダイバータ領域の外部)に取り出すことができる装置の開発
- (2) さらに、この細かく砕かれたダストをダイバータプラズマに向けて局所的に放出することができる装置(ダストホッパー)の開発
- (3) 本装置および、放出されたダストの軌道をプラズマ放電中に観測できる態勢を整えた後、LHDのダイバータプラズマに曝してその有効性を調べる。また、長時間放電中において本装置が定常的に稼働するかどうか確認する。

これらの課題を遂行するために、ダストホッパー、ダスト軌道観測用のイメージガイドスコープ、およびステレオ視高速カメラ等の整備を進めた。

## 4. 研究成果

### (1) ダストホッパー等の製作

ダストホッパー(ダスト取り出し装置を兼ねる)を実際に製作したところ、本装置はダストの取り出しには有効に使用できるが、周辺プラズマ領域へのダストの放出は困難であることが分かった(ピエゾ素子のストローク(変位量)と加速度の不足が主な要因)。幸い、2019年度から核融合科学研究所と米国のプリンストンプラズマ物理研究所との国際共同研究によって、ダスト粒子落下装置(IPD)がLHDに取り付けられることになった。このIPDは周辺プラズマに直接ダストを供給することに特化した運用実績のある装置であることから、本研究では、ダストホッパーの代わりに、このIPDを有効に活用することにした。また、本研究によって、ダストの3次元軌道観測用のイメージガイドとステレオ視高速カメラの整備(重水素実験時の耐放射線防護)および、プラズマ照射用の各種ターゲット板等の設計・製作を進めた。

### (2) 実験配位

IPDの設置場所および、ダスト観測用のカメラの配置を図1に示す。IPDはLHDの上部ポートに設置された。また、付近の上部ポートにダスト監視用のカメラ、隣の外側ポートにダスト軌道観測用のステレオ視高速カメラを合わせて設置した。プラズマ放電実験中にIPDからボロンのダストをLHDの周辺プラズマに落下させた際に、上部ポートに設置された監視カメラによって観測された連続画像を図2に示す。ボロンのダストがプラズマ中に侵入して温度が上がり、ダスト表面が沸騰してボロン原子が放出され、それがプラズマ中でイオン化されることによってボロン特有の光(可視光を含む)が放出される。そのため、この画像では個々のダストが小さな輝点となって観測されている。

### (3) 高速カメラによるダストの軌道観測

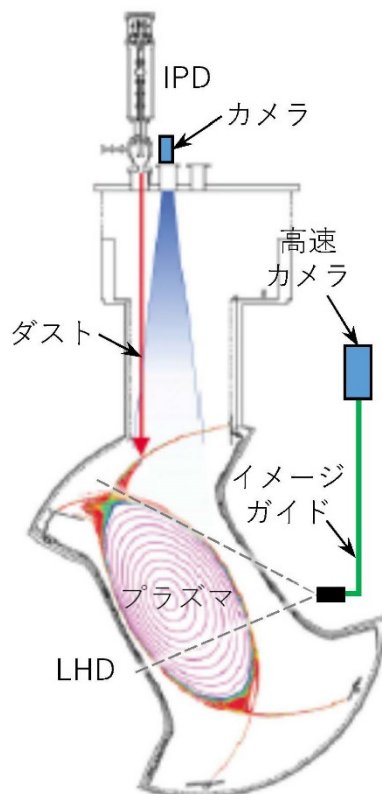


図1：不純物粒子落下装置 (IPD) 配位図

2つの異なるプラズマ密度 ( $n_e^{ave}=1 \times 10^{18} m^{-3}$  および、 $4 \times 10^{18} m^{-3}$ ) の場合において、IPD からボロンダストを落下させた場合のダストの軌道をステレオ視高速カメラによって観測した。プラズマ密度が  $n_e^{ave}=1 \times 10^{18} m^{-3}$  の場合には、IPD の直下付近でダストが

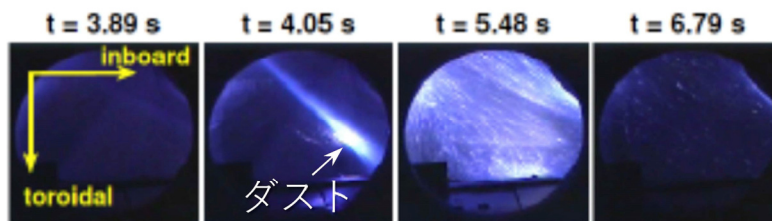


図2：IPD監視カメラで撮影されたダストの連続画像

周辺に散逸している様子が観測された。一方、プラズマ密度が  $n_e^{ave}=4 \times 10^{18} m^{-3}$  の場合には、ダストの散逸は観測されなかった。また、ダストが周辺プラズマ(エルゴディック領域)に到達し、プラズマの流れに沿ってトロイダル方向に移動している様子が観測された。

(4) ダスト輸送シミュレーション解析

ダスト輸送シミュレーションコード(DUSTT)によって、2つの異なるプラズマ密度の場合におけるボロンのダストの軌道を計算した。その結果を図3に示す。なお、このシミュレーションでは、ダストは直径150マイクロメートルの真球であり、100%の固体のボロンによって構成されているとした。ダストの軌道計算の初期位置は上側ダイバータレッグの直上に設定した。ダストの初期速度は下(重力)方向に5m/sとした。 $n_e^{ave}=1 \times 10^{18} m^{-3}$  の場合、ダストは上側ダイバータレッグ部で軌道が少し曲げられるが、その下側のエルゴディック領域に到達することが分かった。一方、 $n_e^{ave}=4 \times 10^{18} m^{-3}$  の場合、ダストはダイバータレッグ部で、その軌道が大きく曲げられることが分かった。ダストの直径が少しでも小さい場合、あるいは、IPDの振動の影響などによってダストの落下位置が多少でもずれた場合、ダストはエルゴディック領域に到達できずに、付近の真空容器壁面などに衝突し乱反射して、ダストの散逸が起こると予想される。高いプラズマ密度の場合に、ダストの軌道が曲げられる原因は、ダイバータレッグ部のプラズマ流がダストに及ぼす力(主にイオンによる摩擦力)の影響だと考えられる。

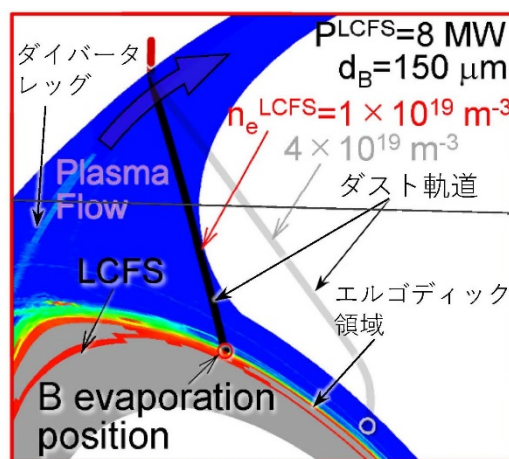


図3：ダスト輸送シミュレーションコードによって計算されたボロンダストの軌道

(5) ダストによるダイバータ部の熱負荷低減実験

IPD から窒化ボロンのダストをプラズマに落下させることによって、ダイバータ部の熱負荷の低減を試みた。図4にその際の各種プラズマパラメータの時間変化の一例を示す。4秒弱にダストが周辺プラズマ中に到達して、プラズマ密度と放射輝度および、ボロンの不純物ライン(BIII と BV)の強度が増加している。それに伴って、いくつかのダイバータ板上のイオン飽和電流(熱負荷の指標)が減少している。ただし、顕著に変化が見られないダイバータ板もいくつか存在しており、イオン飽和電流の変化には顕著なトロイダル非対称性があることがわかった。ダストの落下率をさらに増加させると、放射輝度が過大となってプラズマの安定維持ができなくなり、放射崩壊を起こすことが分かった。以上のことから、現状の実験配位では、「ダストによるダイバータ板上の熱負荷の低減」と「プラズマの安定維持」との両立が難しいことが分かった。今後、ダストの供給場所をダイバータレッグ部に局所化するなどの配位の最適化によって、両者を両立できる実験条件を見出す必要がある。

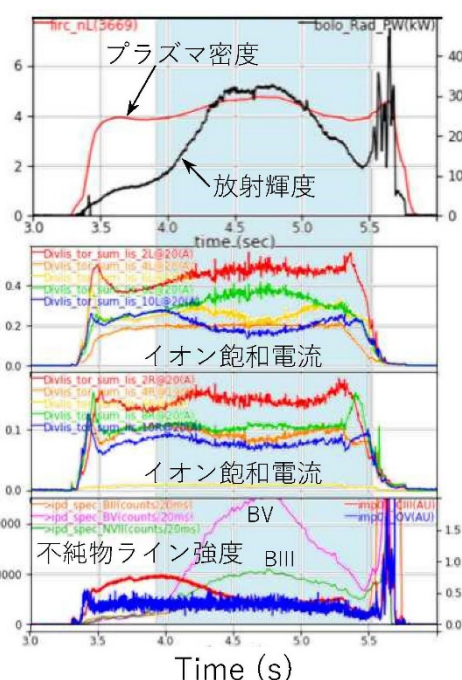


図4：ダスト落下実験時における各種プラズマパラメータの時間的変化

(6) 研究成果の国内外での位置づけとインパクト

LHD で実行可能な長時間放電において、ダストをダイバータ部の熱負荷の低減に積極的に活用する試みは国内のみならず国外においても初めてであり、その研究成果が当該研究分野に及ぼす影響は計り知れない。また、LHDにおけるダスト落下実験は、他のトカマク型装置等と比較して充実した計測器群(ダスト観測用カメラ、各種分光器など)および、長い放電維持時間のもとで実施された。以上のことから、本研究で得られた知見は世界的に見ても唯一無二の貴重な成果であると言える。



## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 10件/うち国際共著 8件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 M. Shoji, G. Kawamura, J. Romazanov, A. Kirschner, A. Eksaeva, D. Borodin, S. Masuzaki, S. Brezinsek	4. 巻 16
2. 論文標題 Simulation of Impurity Transport and Deposition in the Closed Helical Divertor in the Large Helical Device	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 2403004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.16.2403004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 M. Shoji, G. Kawamura, J. Romazanov, A. Kirschner, A. Eksaeva, D. Borodin, S. Masuzaki, S. Brezinsek	4. 巻 25
2. 論文標題 Boron transport simulation using the ER02.0 code for real-time wall conditioning in the Large Helical Device	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Materials and Energy	6. 最初と最後の頁 100853
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nme.2020.100853	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 M. Shoji, G. Kawamura, R. Smirnov, Y. Tanaka, S. Masuzaki, Y. Uesugi, N. Ashikawa, E. Gilson, R. Lunsford	4. 巻 60
2. 論文標題 Full torus impurity transport simulation for optimizing plasma discharge operation using a multi species impurity powder dropper in the large helical device	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Contributions to Plasma Physics	6. 最初と最後の頁 e201900101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ctpp.201900101	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 M. Shoji	4. 巻 15
2. 論文標題 Radiation Resistant Camera System for Monitoring Deuterium Plasma Discharges in the Large Helical Device	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 2402039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.15.2402039	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 M. Shoji, G. Kawamura	4. 巻 14
2. 論文標題 Comparative Analysis of Impurity Transport in the Peripheral Plasma in the Large Helical Device for Carbon and Tungsten Divertor Configurations with EMC3-EIRENE	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 3403057
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.14.3403057	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 M. Shoji, G. Kawamura, S. Masuzaki, T. Morisaki	4. 巻 17
2. 論文標題 Impurity transport simulation in the peripheral plasma in the Large Helical Device with tungsten closed helical divertor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Materials and Energy	6. 最初と最後の頁 188-193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nme.2018.11.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 M. Shoji, G. Kawamura, R. Smirnov, A. Pigarov, Y. Tanaka, S. Masuzaki, Y. Uesugi	4. 巻 12
2. 論文標題 Simulation of impurity transport in the peripheral plasma due to the emission of dust in long pulse discharges on the large helical device	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nuclear Materials and Energy	6. 最初と最後の頁 779-785
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nme.2017.07.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 M. Shoji, G. Kawamura, R. Smirnov, A. Pigarov, Y. Tanaka, S. Masuzaki, Y. Uesugi	4. 巻 58
2. 論文標題 Investigation of dust shielding effect of intrinsic ergodic magnetic field line structures in the peripheral plasma in the large helical device	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Contributions to Plasma Physics	6. 最初と最後の頁 616-621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ctpp.201700125	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 M. Shoji, G. Kawamura, H. Tanaka, I. Watanabe, M. Kobayashi, M. Tokitani, S. Masuzaki, and the LHD Experiment Group	4. 巻 56
2. 論文標題 Simulation analysis of carbon deposition profile in the closed helical divertor configuration in the Large Helical Device	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Contributions to Plasma Physics	6. 最初と最後の頁 651-656
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ctpp.201610059	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 M. Shoji, H. Kasahara, H. Tanaka, T. Murase, M. Tokitani, S. Morita, M. Goto, T. Oishi, T. Mutoh, E. de la Cal, C. Hidalgo, and the LHD Experiment Group	4. 巻 11
2. 論文標題 Observation of termination process of long pulse plasma discharges using stereoscopic fast framing cameras in the Large Helical Device	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 2402056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.11.2402056	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 M. Shoji, G. Kawamura, R. Smirnov, A. Pigarov, Y. Tanaka, S. Masuzaki, Y. Uesugi, and the LHD Experiment Group	4. 巻 102
2. 論文標題 Simulation of Impurity Transport in the Peripheral Plasma due to the Emission of Dusts in Long Pulse Discharges on the Large Helical Device	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Research Report NIFS-PROC	6. 最初と最後の頁 110-114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura, J. Romazanov, A. Kirschner, A. Eksaeva, D. Borodin, S. Masuzaki, S. Brezinsek
2. 発表標題 Simulation analysis of carbon deposition in the closed helical divertor region in the Large Helical Device using the ERQ2.0 code
3. 学会等名 第37回プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura, J. Romazanov, A. Kirschner, A. Eksaeva, D. Borodin, S. Masuzaki, S. Brezinsek
2 . 発表標題 Boron transport simulation using the ER02.0 code for real-time wall conditioning in the Large Helical Device
3 . 学会等名 24th International Conference on Plasma Surface Interactions ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura, J. Romazanov, A. Kirschner, A. Eksaeva, D. Borodin, S. Masuzaki, S. Brezinsek
2 . 発表標題 Simulation of Impurity Transport and Deposition in the Closed Helical Divertor Region in the Large Helical Device Using the ER02.0
3 . 学会等名 29th International Toki Conference ( 国際学会 )
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 M. Shoji
2 . 発表標題 Radiation Resistant Camera System For Monitoring Deuterium Plasma Discharge In The Large Helical Device
3 . 学会等名 28th International Toki Conference ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura, R. Smirnov, Y. Tanaka, S. Masuzaki, Y. Uesugi, N. Ashikawa, E. Gilson, R. Lunsford
2 . 発表標題 Full-torus Impurity Transport Simulation for Optimizing Plasma Discharge Operation Using a Multi-species Impurity Powder Dropper in the Large Helical Device
3 . 学会等名 17th International Workshop on Plasma Edge Theory in Fusion Device ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Shoji
2. 発表標題 大型ヘリカル装置における重水素実験用耐放射線プラズマ監視カメラシステムの構築
3. 学会等名 第12回 核融合エネルギー連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura
2. 発表標題 Impurity Transport Analysis in the Peripheral Plasma for Carbon and Tungsten Divertor Configurations in the Large Helical Device
3. 学会等名 35th プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura
2. 発表標題 Comparative Analysis of Impurity Transport in the Peripheral Plasma in the Large Helical Device for Carbon and Tungsten Divertor Configurations with EMC3-EIRENE
3. 学会等名 27th International Toki Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura, S. Masuzaki, T. Morisaki
2. 発表標題 Impurity transport simulation in the peripheral plasma in the Large Helical Device with tungsten closed helical divertor
3. 学会等名 23th International Conference on Plasma Surface Interaction (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura, S. Masuzaki, T. Morisaki
2. 発表標題 大型ヘリカル装置におけるタングステン閉ダイバータ配位での周辺プラズマ中の不純物輸送シミュレーション
3. 学会等名 Plasma Conference 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura, R. Smirnov, A. Pigarov, Y. Tanaka, S. Masuzaki, Y. Uesugi
2. 発表標題 Investigation of dust shielding effects by intrinsic ergodic magnetic field line structures in the peripheral plasma in the Large Helical Device
3. 学会等名 16th International Workshop on Plasma Edge Theory in Fusion Devices 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura, R. Smirnov, A. Pigarov, Y. Tanaka, S. Masuzaki, Y. Uesugi, and the LHD Experiment Group
2. 発表標題 Simulation Analysis of Impurity Transport Induced by Dust Emission in the Ergodic Magnetic Field Line Structures in the LHD
3. 学会等名 The A3 Foresight Program Workshop (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura, R. Smirnov, A. Pigarov, Y. Tanaka, S. Masuzaki, Y. Uesugi, and the LHD Experiment Group
2. 発表標題 Simulation of impurity transport in the peripheral plasma due to the emission of dusts in long pulse discharges on the large helical device
3. 学会等名 22nd International Conference on Plasma Surface Interactions 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 庄司 主, 河村 学思, R. Smirnov, A. Pigarov, 田中 康規, 増崎 貴, 上杉 喜彦, LHD実験グループ
2. 発表標題 大型ヘリカル装置(LHD)の長時間放電におけるダスト放出時の周辺プラズマ中の不純物輸送シミュレーション解析
3. 学会等名 第11回 核融合エネルギー連合講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 庄司 主, 河村 学思, R. Smirnov, A. Pigarov, 田中 康規, 増崎 貴, 上杉 喜彦, LHD実験グループ
2. 発表標題 大型ヘリカル装置におけるエルゴディック層によるダスト遮蔽効果のシミュレーション解析
3. 学会等名 第33回 プラズマ・核融合学会 年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura, R. Smirnov, A. Pigarov, Y. Tanaka, S. Masuzaki, Y. Uesugi, and the LHD Experiment Group
2. 発表標題 Simulation of Impurity Transport in the Peripheral Plasma due to the Emission of Dusts in Long Pulse Discharges on the Large Helical Device
3. 学会等名 The 9th A3 Foresight Program Workshop (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M. Shoji, G. Kawamura, R. Smirnov, A. Pigarov, Y. Tanaka, S. Masuzaki, Y. Uesugi, and the LHD Experiment Group
2. 発表標題 Simulation analysis of the dust shielding effect by the ergodic layer in long pulse plasma discharges in LHD
3. 学会等名 The 10th A3 Foresight Program Workshop (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	時谷 政行  (Tokitani Masayuki)  (30455208)	核融合科学研究所・ヘリカル研究部・准教授   (63902)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ドイツ	Forschungszentrum Julich			
米国	Univ. California SanDiego	Princeton Plasma Physics Lab.		