

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：63902

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26289359

研究課題名(和文)核融合中性子カメラに用いる検出器の標準化に向けた研究

研究課題名(英文)Development of standard neutron camera for fusion study

研究代表者

磯部 光孝(Isobe, Mitsutaka)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授

研究者番号：00300731

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、短い時間で中性子束が大きく変動する核融合実験に最適化した究極の広帯域中性子カメラシステムを構築した。本システムは、中性子遮蔽能力に優れており、不必要なガンマ線が発生しにくい重量コンクリート製中性子コリメータ、パルス発光量並びに中性子・ガンマ線の弁別性能が優れているスチルベンシンチレータ、光電子増倍管の安定動作に効果的かつ最も薄い磁気シールド、並びにハードウェアのメモリに依存せずMHz帯のパルス計数率で使用可能な信号処理ユニットで構成される。

研究成果の概要(英文)：We constructed the wide dynamic range neutron camera system optimized for the magnetic confinement fusion research. The camera consists of a neutron collimated made by a heavy concrete having a high shielding performance against neutron and gamma-ray, Stilbene scintillation detectors having brightest and high neutron gamma-ray discrimination ability, most effective and thin magnetic shield for photomultiplier, and digital signal processor unit based on field programmable gate array technology capable of operating in MHz range of pulse rate.

研究分野：核融合プラズマ

キーワード：核融合プラズマ 高速中性子検出 中性子発生分布 中性子カメラ

1. 研究開始当初の背景

磁場閉じ込め核融合プラズマでは、中性子総発生率評価の高精度化や高エネルギーイオン閉じ込めに関わる物理研究において、核融合中性子カメラが本質的な役割を果たす。従来の大型トカマク実験では、核融合中性子カメラに異なる検出器が選択され、統一化がなされておらず、また信号処理回路に起因する最大許容パルス計数率の問題から、核融合実験特有の現象である数十ミリ秒オーダーで中性子発生率が大きく変化する放電への対応が困難であった。

2. 研究の目的

本研究は、高速中性子シンチレータの性能を極限まで引き出し、短い時間で中性子束が大きく変動しうる核融合実験に最適化した究極の広帯域中性子カメラを実現しようとするものである。最先端エレクトロニクス技術を駆使することにより超高速で中性子・ガンマ線起因のパルス波形を自動弁別する技術を確立し、核融合コミュニティに標準中性子カメラモデルとして提案できるに足るシステムの構築を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 核融合中性子カメラに用いる高速中性子シンチレータの選定においては、これまでの大型トカマク装置の実験から、中性子とガンマ線の弁別が可能なシンチレータである、スチルベンシンチレータ、液体シンチレータ (BC501A)、並びにプラスチックシンチレータ (EJ299-33) を候補とした。²⁵²Cf 中性子線源並びに ¹³⁷Cs ガンマ線源を用いて、パルス発光量並びに中性子とガンマ線の弁別性能特性比較を行い、最適なシンチレータの選定を行った。

(2) 信号処理ユニットの開発においては、中性子に起因するパルスとガンマ線起因のパルスの立ち上がり又は減速時間の違いを利用して中性子信号を弁別する部分において、シンチレータが本来有している高速応答性を引き出すために、高速デジタル信号処理に基づく信号処理ユニットの開発を行った。

(3) 中性子コリメータの最適化作業においては、主に3次元中性子・ガンマ線輸送計算数値シミュレーションを用いて、候補であるポリエチレンあるいは重量コンクリートで作られたコリメータの中性子並びにガンマ線遮蔽能力比較を行った。

(4) D-T核燃焼プラズマへの適用を視野に入れ、シンチレーション検出器への中性子照射実験を、大阪大学強度14MeV中性子工学実験装置 (OKTAVIAN) 並びに東北大学の高速中性子研究室 (FNL) において行った。

(5) 高速中性子シンチレータは、出力パルス波形保持のため、光電子増倍管に直付けで使用する必要があるが、光電子増倍管が磁場に対して脆弱なため、磁場閉じ込め核融合実

験装置からの漏れ磁場に対する対策を施さなければならない。ただし、重厚な磁気シールドを使用した場合、磁気シールドの放射化の結果、二次ガンマ線が放出されるため、光電子増倍管の安定動作に効果的かつ最も薄いシールドを設計する必要がある。そこで、有限要素法を用いた数値シミュレーションで材質、厚さ並びに長さを最適化した。その後、設計した磁気シールドを製作し、ヘルムホルツコイルを用いて、磁気シールドの長軸方向あるいは短軸方向から磁場をする実験を行い、光電子増倍管から出力されるパルス波形の変化の有無を調べた。

4. 研究成果

(1) 高速中性子シンチレータの選定においては、パルス発光量並びに中性子とガンマ線の弁別性能のどちらも優れているスチルベンシンチレータを使用することが最適であることが分かった。

(2) 信号処理ユニットの開発においては、パルスの検知後、即座に波形弁別に必要な信号処理とデータ蓄積装置へ送ることで、ハードウェアのメモリに依存しないシステムを開発した。開発したシステムは、実際に核融合中性子の計測に用い、シンチレーション検出器と組み合わせて使用することで、MHz帯においても意図したシステムとして機能することを確認した。

(3) 中性子コリメータの最適化作業については、ポリエチレン、重量コンクリート共に同等の中性子遮蔽能力を示したが、ポリエチレンコリメータは、中性子捕獲反応によって生成されるガンマ線が多数発生し、シンチレーション検出器に対して不必要な信号を生むという結果が得られた。即ち、多チャンネル高速中性子検出器が見込む視野を制限するコリメータは重量コンクリートで構成されるものが適していることが分かった。

(4) 磁場シールドの最適化においては、数値計算の結果、長さ300mmで厚さ10mmの軟鉄並びに厚さ1mmのパーマロイCで構成される磁気シールドが最適であるとの結果を得た。ヘルムホルツコイルを用いた実験においては、長軸方向に対しては30mT、短軸方向に対しては125mTの磁場強度においても、光電子増倍管のパルス波形には影響がないという結果が得られ、光電子増倍管の安定動作に効果的かつ最も薄い磁気シールドの設計を完了した。

(5) 以上の要素開発によって、短い時間で中性子束が大きく変動しうる核融合実験に最適化した究極の広帯域中性子カメラシステムを構築した。

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 14 件)

- ① K. Ogawa, T. Nishitani, M. Isobe, I. Murata, Y. Hatano, S. Matsuyama, H. Nakanishi, K. Mukai, M. Sato, M. Yokota, T. Kobuchi, T. Nishimura, and M. Osakabe, “*Investigation of irradiation effects on highly integrated leading edge electronic components of diagnostics and control systems for the LHD deuterium operation*”, accepted for publication in Nuclear Fusion. (査読有)
DOI: 10.1016/j.phpro.2015.11.093
- ② K. Ogawa, T. Nishitani, M. Isobe, M. Sato, M. Yokota, H. Hayashi, T. Kobuchi, and T. Nishimura, “*Effects of gamma-ray irradiation on electronic and non-electronic equipment of Large Helical Device*”, Plasma Science and Technology **19** (2017) 025601. (査読有)
DOI: 10.1088/2058-6272/19/2/025601
- ③ Y. Izumi, H. Tomita, Y. Nakayama, S. Hayashi, K. Morishima, M. Isobe, M. S. Cheon, K. Ogawa, T. Nishitani, T. Naka, T. Nakano, M. Nakamura, and T. Iguchi, “*Development of Fast Neutron Pinhole Camera using Nuclear Emulsion for Neutron Emission Profile Measurement in KSTAR*”, Review of Scientific Instruments, **87** (2016) 11D840-1-11D840-3. (査読有)
DOI: 10.1063/1.4963866
- ④ T. Nishitani, K. Ogawa, K. Nishimura, and M. Isobe, “*Radiation Field Estimation for the Diagnostic and Control Components by Monte Carlo Neutronics Calculations with LHD 3-Dimensional Modeling*”, Plasma and Fusion Research **11** (2016) 2405057. (査読有)
DOI: 10.1585/pfr.11.2405057
- ⑤ E. Takada, A. Fujisaki, N. Nakada, M. Isobe, K. Ogawa, T. Nishitani and H. Tomita, “*Development of Fast-Neutron Directional Detector for Fusion Neutron Profile Monitor at LHD*”, Plasma and Fusion Research **11** (2016) 2405020. (査読有)
DOI: 10.1585/pfr.11.2405020
- ⑥ Y. Nakayama, H. Tomita, F. Yamashita, S. Hayashi, J. Kawarabayashi, T. Iguchi, K. Morishima, T. Naka, T. Nakano, M. Nakamura, M. Isobe, K. Ogawa, MunSeong Cheon, K. Ochiai, “*A Study of DD Fusion Neutron Measurement by Nuclear Emulsion Technique with Pinhole Collimator*”, KEK Proceedings, 2015-8, (2015) 44-49. (査読有)
DOI: 10.1016/j.phpro.2015.11.093
- ⑦ Y. Nakayama, H. Tomita, K. Morishima, F. Yamashita, S. Hayashi, MunSeong Cheon, M. Isobe, K. Ogawa, T. Naka, T. Nakano, M. Nakamura, J. Kawarabayashi, T. Iguchi and K. Ochiai, “*Application of advanced nuclear emulsion technique to fusion plasma neutron diagnostics*”, Physics Procedia, **80** (2015) 81-83. (査読有)
- ⑧ Yuji Nakano, Atsushi Yamazaki, Kenichi Watanabe, Akira Uritani, Kunihiro Ogawa, Mitsutaka Isobe, “*Study on in-situ calibration for neutron monitor in the helical type fusion experimental device based on Monte Carlo calculations*”, Plasma and Fusion Research, **9** (2014) 3405141-1-3405141-4. (査読有)
DOI: 10.1585/pfr.9.3405141
- ⑨ Yosuke Yamamoto, Hideki Tomita, Mitsutaka Isobe, MunSeong Cheon, Kunihiro Ogawa, Fumitaka Yamashita, Jun Kawarabayashi, and Tetsuo Iguchi, “*Neutronics Design on DD Neutron Spectrometer for KSTAR*”, Progress in Nuclear Science and Technology, **4** (2014) 679-681. (査読有)
http://iss.ndl.go.jp/books/R100000002-I00010942968-00
- ⑩ H. Tomita, F. Yamashita, Y. Nakayama, K. Morishima, Y. Yamamoto, Y. Sakai, M. S. Cheon, M. Isobe, K. Ogawa, S. Hayashi, J. Kawarabayashi, and T. Iguchi, “*Progress in development of neutron energy spectrometer for deuterium plasma operation in KSTAR*”, Review of Scientific Instruments, **85** (2014) 11E120-1-11E120-3. (査読有)
DOI: 10.1063/1.4893004
- ⑪ Y. Uchida, E. Takada, A. Fujisaki, M. Isobe, K. Ogawa, K. Shinohara, H. Tomita, J. Kawarabayashi, T. Iguchi, “*A study on fast digital discrimination of neutron and gamma-ray for improvement neutron emission profile measurement*”, Review of Scientific Instruments, **85** (2014) 11E118-1-11E118-4. (査読有)
DOI: 10.1063/1.4891711
- ⑫ Y. Nakano, A. Yamazaki, K. Watanabe, A. Uritani, K. Ogawa and M. Isobe, “*Study on in-situ calibration for neutron flux monitor in Large Helical Device based on Monte Carlo calculations*”, Review of Scientific Instruments, **85** (2014) 11E116-1-11E116-3. (査読有)
DOI: 10.1063/1.4891598
- ⑬ K. Ogawa, M. Isobe, E. Takada, Y. Uchida, K. Ochiai, H. Tomita, A. Uritani, T. Kobuchi, and Y. Takeiri, “*Progress in Development of Neutron Profile Monitor for Large Helical Device*”, Review of Scientific Instruments, **85** (2014) 11E110-1-11E110-3. (査読有)
DOI: 10.1063/1.4890399
- ⑭ M. Isobe, K. Ogawa, H. Miyake, H. Hayashi, T. Kobuchi, Y. Nakano, K. Watanabe, A. Uritani, T. Misawa, T. Nishitani, M. Tomitaka, T. Kumagai, Y. Mashiyama, D. Ito, S. Kono, M. Yamauchi and Y. Takeiri, “*Wide*

dynamic range neutron flux monitor having fast time response for the Large Helical Device”, Review of Scientific Instruments, **85** (2014) 11E114-1-11E114-4. (査読有)

DOI:10.1063/1.4891049

[学会発表] (計 32 件)

①川本靖子、松浦秀明、杉山翔太、梶元省吾、西谷健夫、小川 国大、磯部 光孝、長壁正樹、後藤拓也、御手洗修、「LHD 重水素プラズマを用いたノックオンテイル観の検討 ～6Li-t 及び d-t 反応を利用した測定値の補正法～」、プラズマ・核融合学会九州・沖縄・山口支部 第20回支部会 2016年12月17日(土)～18日(日) 九州大学伊都キャンパス (福岡県・福岡市)

②森祐介、大島拓洋、富田英生、小川 国大、西谷健夫、磯部 光孝、井口哲夫、「LHD重水素実験のためのアンフォールディングに基づく核融合中性子エネルギースペクトル測定法の開発」、日本原子力学会中部支部第48回研究発表会 2016年12月14日(水)・15日(木) 名古屋大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリ 3階ベンチャーホール (愛知県・名古屋市) **R30**

③田中智代、李思遠、普能、瓜谷章、渡辺賢一、吉橋幸子、山崎淳、磯部 光孝、小川 国大、西谷健夫、「大型ヘリカル装置における放射化法を用いた中性子総発生量システムの感度校正」、日本原子力学会中部支部第48回研究発表会 2016年12月14日(水)・15日(木) 名古屋大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリ 3階ベンチャーホール (愛知県・名古屋市) **R28**

④Mitsutaka Isobe, Kunihiro Ogawa, Takeo Nishitani, Neng Pu, Hiroki Kawase, and Masaki Osakabe, “Neutron Diagnostics for LHD Deuterium Experiments”, 1ST NFRI MINI-WORKSHOP ON ENERGETIC PARTICLES, 22nd-23rd, November, 2016. Daejeon, republic of Korea. In session 4, Invited Talk

⑤河瀬広樹、小川 国大、西谷健夫、磯部 光孝、「LHD 中性子プロファイルモニターの空間分解能評価」、第33回プラズマ・核融合学会 年会 2016.11.29-12.2 東北大学青葉山キャンパス (宮城県・仙台市) **01aP23**

⑥K. Ogawa, T. Nishitani, M. Isobe, Y. Hatano, S. Matsuyama, H. Nakanishi, K. Mukai, M. Sato, M. Yokota, T. Kobuchi, T. Nishimura, and M. Osakabe, “Investigation on irradiation effects on highly integrated leading edge electronic components of diagnostics and control systems for the LHD deuterium operation”, 26th IAEA Fusion Energy Conference, 17-22 October 2016, Kyoto-city, Kyoto, Japan. **FNS/P5-8**

⑦ Takeo Nishitani, Kunihiro Ogawa, Mitsutaka Isobe, “Monte Carlo simulation of the neutron measurement for the Large

Helical Device deuterium experiments”, 29th Symposium on Fusion Technology, September 5-9, 2016, Prague, Czech Republic. **P3-71**

⑧T. Ohshima, H. Tomita, Y. Mori, Y. Izumi, K. Watanabe, K. Ogawa, M. Isobe, T. Nishitani, S. Murakami, M. Cheon, and T. Iguchi, “Development of neutron energy spectrometer system for deuterium experiment in KSTAR”, 8th Korea-Japan Seminar on Advanced Diagnostics for Steady-State Fusion Plasmas, August 24-27, 2016, Busan, Republic of Korea.

⑨Yuya Izumi, Yusuke Mori, Takumi Ohshima, Hideki Tomita, Kunihiro Morishima, Kanji Watanabe, MunSeong Cheon, Mitsutaka Isobe, Kunihiro Ogawa, Takeo Nishitani, Tatsuhiko Naka, Toshiyuki Nakano, Mitsuhiko Nakamura, and Tetsuo Iguchi, “Development of Fusion Neutron Pinhole Camera for Neutron Emission Profile Measurement in KSTAR”, 8th Korea-Japan Seminar on Advanced Diagnostics for Steady-State Fusion Plasmas, August 24-27, 2016, Busan, Republic of Korea.

⑩大島拓洋、富田英生、森祐介、和泉佑哉、渡辺幹志、小川 国大、磯部 光孝、西谷健夫、村上定義、MunSeong Cheon、井口哲夫、「LHD 重水素実験のための核融合中性子エネルギースペクトロメータの開発」、第28回放射線夏の学校 2016年8月2日(火)～8月4日(木) 千葉県南房総リゾートイン白浜 (千葉県・南房総市)

⑪西谷健夫、小川 国大、磯部 光孝、「モンテカルロ計算による LHD 中性子プロファイルモニターの特性評価」、第11回核融合エネルギー連合講演会-核融合発電実現に向けて加速する研究開発- 2016年7月14日-15日 九州大学伊都キャンパス (福岡県・福岡市) **14P130**

⑫小川 国大、西谷健夫、磯部 光孝、近藤恵太郎、落合謙太郎、春日井敦、権セロム、太田雅之、「IFMIF/EVEDA 原型加速器入射器における重水素-重水素反応中性子測定」、第11回核融合エネルギー連合講演会-核融合発電実現に向けて加速する研究開発- 2016年7月14日-15日 九州大学伊都キャンパス (福岡県・福岡市) **15P124**

⑬Y. Izumi, H. Tomita, Y. Nakayama, K. Morishima, S. Hayashi, M. Isobe, M. S. Cheon, K. Ogawa, T. Naka, T. Nakano, M. Nakamura, and T. Iguchi, “Development of Fast Neutron Camera using Nuclear Emulsion for Neutron Emission Profile Measurement in KSTAR”, 21st Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics, June 5-9, 2016, Madison, Wisconsin, the United States of America. In Session 3: Fusion Products Diagnostics.

⑭Yuya Izumi, Yoichiro Nakayama, Hideki

Tomita, Kunihiro Morishima, Shota Hayashi, Mitsutaka Isobe, MunSeong Cheon, Kunihiro Ogawa, Kentaro Ochiai, Tatsuhiro Naka, Toshiyuki Nakano, Mitsuhiro Nakamura, and Tetsuo Iguchi, “*Image Reconstruction for Measurement of Neutron Emission Profile in Fusion Device using Nuclear Emulsion*”, International Symposium on Radiation Detectors and Their Uses, Jan. 18–21 2016, KEK, Tsukuba, Japan. In Poster session. 37

⑮大島 拓洋、富田 英生、林 翔太、磯部 光孝、小川 国大、西谷健夫、MunSeong Cheon、井口 哲夫、「重水素核融合実験に向けた中性子エネルギー spektrometa の開発」、日本原子力学会中部支部第 4 7 回研究発表会、2015 年 12 月 9 日(水) 名古屋大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリ 3 階ベンチャーホール (愛知県・名古屋市) **9p17**

⑯Yuya Izumi, Yoichiro Nakayama, Hideki Tomita, Kunihiro Morishima, Shota Hayashi, Yusuke Mori, Takumi Ohshima, Mitsutaka Isobe, MunSeong Cheon, Kunihiro Ogawa, Tatsuhiro Naka, Toshiyuki Nakano, Mitsuhiro Nakamura, and Tetsuo Iguchi, “*Development of Fast Neutron Pinhole Camera using Nuclear Emulsion*”, The 11th International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring, 5th–6th Dec. 2015 Technol Convention Center “Hosoda Hall”, Oarai-machi, Ibaraki. **P-53**

⑰H. Tomita, Y. Nakayama, Y. Izumi, S. Hayashi, T. Ohshima, F. Yamashita, Y. Yamamoto, K. Morishima, M. Isobe, K. Ogawa, MunSeong Cheon, Jung Min Jo, T. Naka, T. Nakano, M. Nakamura, and T. Iguchi, “*Development of Neutron Diagnostics for LHD and KSTAR Fusion Experiments*”, ISETS ’15 International Symposium on EcoTopia Science 2015 - Innovation for Smart Sustainable Society -, November 27–29, 2015 Nagoya University, Nagoya, Aichi, Japan. in Session 9 Elementary Particle Measurement, session : neutron

⑱T. Nishitani, K. Ogawa, K. Nishimura, M. Isobe, “*Radiation field estimation for the diagnostic and control components by Monte Carlo neutronics calculations with LHD 3-dimensional modeling*”, 25th International Toki Conference (ITC-25), Creating the Future, -- Innovative Science of Plasma and Fusion -, November 3–6, 2015, Ceratopia Toki, Toki-city, Gifu, Japan. **P1-115**

⑲K. Ogawa, T. Nishitani, M. Isobe, M. Sato, M. Yokota, H. Hayashi, T. Kobuchi, T. Nishimura, S. Imai, “*Effects of gamma-ray irradiation on electronic and non-electronic equipment of the Large Helical Device*”, 25th International Toki Conference (ITC-25), Creating the Future,

-- Innovative Science of Plasma and Fusion -, November 3–6, 2015, Ceratopia Toki, Toki-city, Gifu, Japan. **P1-62**

⑳E. Takada, N. Nakada, M. Isobe, K. Ogawa, T. Nishitani, H. Tomita, “*Development of fast-neutron directional detector for fusion neutron profile monitor at LHD*”, 25th International Toki Conference (ITC-25), Creating the Future, -- Innovative Science of Plasma and Fusion -, November 3–6, 2015, Ceratopia Toki, Toki-city, Gifu, Japan. **P1-112**

㉑Yoichiro Nakayama, H. Tomita, K. Morishima, F. Yamashita, S. Hayashi, M. Isobe, K. Ogawa, MunSeong Cheon, T. Naka, T. Nakano, M. Nakamura, J. Kawarabayashi, T. Iguchi, and K. Ochiai, “*Development of Fast Neutron Imaging using Nuclear Emulsion Technique*”, The 1st International Conference on Advanced Imaging, June 17–19, 2015, National Center of Science, Tokyo, Japan. **PB2-16**

㉒T. Nishitani, M. Isobe, and K. Ogawa, “*Neutron Diagnostics for LHD deuterium experiments*”, Twenty-Eighth Meeting of the ITPA Topical Group on Diagnostics, Combined with the NIFS Collaboration Workshop on “Advanced Diagnostics for Burning Experiments of Magnetic and Inertial Fusion”, 19–22 May 2015, National Institute of Fusion Science, Toki-city, Gifu, Japan.

㉓M. Homma, S. Murakami, M. Isobe, H. Tomita, K. Ogawa, “*Simulation study of energetic triton confinement in the D-D experiment on LHD*”, 24th International Toki Conference (ITC-24) on Expanding Horizons of Plasma and Fusion Science through Cross-Fertilization, November 4–7, 2014, Ceratopia Toki, Toki-city, Gifu, Japan. **P4-12**

㉔Y. Uchida, E. Takada, A. Fujisaki, M. Isobe, K. Ogawa, K. Shinohara, H. Tomita, J. Kawarabayashi, and T. Iguchi, “*Automation of probabilistic n-g discrimination for neutron profile monitor with combination of K-means and EM algorithms*”, 24th International Toki Conference (ITC-24) on Expanding Horizons of Plasma and Fusion Science through Cross-Fertilization, November 4–7, 2014, Ceratopia Toki, Toki-city, Gifu, Japan. **P6-03**

㉕Yoichiro Nakayama, H. Tomita, K. Morishima, F. Yamashita, M. Isobe, K. Ogawa, MunSeong Cheon, T. Naka, T. Nakano, M. Nakamura, J. Kawarabayashi, T. Iguchi, and K. Ochiai, “*Application of advanced nuclear emulsion technique to fusion plasma neutron diagnostics*”, 26th

International Conference on Nuclear Tracks in Solids, 15th-19th September 2014, Kobe-city, Hyogo, Japan. **DP11**

②⑥F. Yamashita, H. Tomita, Y. Yamamoto, S. Hayashi, M. S. Cheon, M. Isobe, K. Ogawa, S. Murakami, J. Kawarabayashi and T. Iguchi, “*Progress in development of neutron energy spectrometer based on coincidence counting of associated particles for deuterium plasma operation in LHD and KSTAR*”, 7th Japan-Korea Seminar on Advanced Diagnostics for Steady-State Fusion Plasmas, August 17-20, 2014, Hotel Rubino Kyoto Horikawa, Kyoto-city, Kyoto, Japan.

②⑦Y. Nakayama, H. Tomita, K. Morishima, F. Yamashita, S. Hayashi, M. Isobe, K. Ogawa, MunSeong Cheon, T. Naka, T. Nakano, M. Nakamura, J. Kawarabayashi, and T. Iguchi, “*Development of Fusion Neutron Measurement by Advanced Nuclear Emulsion Technique*”, 7th Japan-Korea Seminar on Advanced Diagnostics for Steady-State Fusion Plasmas, August 17-20, 2014, Hotel Rubino Kyoto Horikawa, Kyoto-city, Kyoto, Japan.

②⑧M. Isobe, K. Ogawa, H. Miyake, H. Hayashi, T. Kobuchi, Y. Nakano, K. Watanabe, A. Uritani, T. Misawa, T. Nishitani, M. Tomitaka, T. Kumagai, Y. Mashiyama, D. Ito, S. Kono, M. Yamauchi and Y. Takeiri, “*Wide Dynamic Range Neutron Flux Monitor Having Fast Time Response for the Large Helical Device*”, 20th Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics (HTPD 2014), June 1st-5th, 2014, Atlanta, State of Georgia, the United States of America.

2. 4. 38

②⑨Y. Uchida, E. Takada, M. Isobe, K. Ogawa, K. Shinohara, H. Tomita, J. Kawarabayashi, T. Iguchi, “*A Study on Fast Digital Discrimination of Neutron and Gamma-ray for Improvement of Neutron Emission Profile Measurement*”, 20th Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics (HTPD 2014), June 1st-5th, 2014, Atlanta, State of Georgia, the United States of America. **2. 4. 10**

③⑩Y. Nakano, A. Yamazaki, K. Watanabe, A. Uritani, K. Ogawa and M. Isobe, “*Study on in-situ calibration for neutron flux monitor in Large Helical Device based on Monte Carlo calculations*”, 20th Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics (HTPD 2014), June 1st-5th, 2014, Atlanta, State of Georgia, the United States of America. **2. 4. 35**

③⑪K. Ogawa, M. Isobe, E. Takada, Y. Uchida, K. Ochiai, H. Tomita, A. Uritani, T. Kobuchi, and Y. Takeiri, “*Progress in*

Development of Neutron Profile Monitor for Large Helical Device”, 20th Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics (HTPD 2014), June 1st-5th, 2014, Atlanta, State of Georgia, the United States of America. **2. 3. 39**

③⑫F. Yamashita, H. Tomita, Y. Yamamoto, Y. Sakai, M. S. Cheon, M. Isobe, K. Ogawa, Y. Fuwa, Y. Nakayama, S. Murakami, J. Kawarabayashi and T. Iguchi, “*Progress in development of neutron energy spectrometer for deuterium plasma operation in KSTAR and LHD*”, 20th Topical Conference on High-Temperature Plasma Diagnostics (HTPD 2014), June 1st-5th, 2014, Atlanta, State of Georgia, the United States of America. **2. 4. 36**

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

磯部 光孝 (ISOBE Mitsutaka)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・教授

研究者番号：00300731

(2) 研究分担者

小川 国大 (OGAWA Kunihiro)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・助教

研究者番号：90632274

(3) 連携研究者

向井 清史 (MUKAI Kiyofumi)

核融合科学研究所・ヘリカル研究部・助教

研究者番号：90632266