

課題番号	LR035
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)  
実施状況報告書(平成25年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	革新的レーザー駆動イオン加速手法の開発
研究機関・ 部局・職名	独立行政法人日本原子力研究開発機構・ 量子ビーム応用研究部門・研究主幹
氏名	福田 祐仁

1. 当該年度の研究目的

<p><b>1. クラスターターゲット評価装置の開発</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●平成24年度に引き続き、陽子線発生を目的として、高圧の水素ガスから「水素クラスターターゲット」を生成させる手法を確立する。その後、本助成金で開発したターゲット評価装置を用いて「水素クラスターターゲット」の評価を行う。</li> <li>●周波数領域干渉計を用い、クラスターターゲットのドライネス(=クラスター/モノマー比を示すパラメータ)を求める。</li> </ul> <p><b>2. レーザー光波面制御装置開発</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●平成24年度に導入した波面制御ミラーと波面センサーを利用して波面制御を実施する。10<sup>20</sup> W/cm<sup>2</sup>以上の集光強度のもと、100-200 MeVのイオン発生を目指したイオン加速実験を実施する。</li> </ul> <p><b>3. リアルタイムイオン計測器開発</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●ノイズ対策を施した「特殊蛍光スクリーンとCCDカメラを用いたトムソンパラボラ」を用いたリアルタイム検出を試みる。さらに、二次粒子(中性子やγ線)の生成をリアルタイム検出することで、間接的に、イオンのリアルタイム検出を行う装置の開発を行い、これをイオン加速実験に導入し、100-200 MeV級イオンの検出を試みる。</li> </ul> <p><b>4. リアルタイム電磁場計測装置の開発</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>●プロトンバックライト法、フェラデー回転法、及び、プラズマサテライト法を用いた計測装置を組み立て、これらをイオン加速実験に導入し、プラズマ中に生成する電磁場の計測を試みる。</li> </ul> <p>以上の研究を行うことで、イオン加速の最適条件探索と物理機構解明を行い、本研究課題の目的である、小型粒子線がん治療器実現のためのレーザー駆動イオン加速手法の確立を目指す。</p>
---

2. 研究の実施状況

<p><b>1. クラスターターゲット評価装置の開発(担当:神野、福田)</b></p> <p>「冷却機構付きパルスバルブ」を組み立て、高圧(6 MPa)の水素ガスから「水素クラスターターゲット」を生成させる試験を行った。「冷却機構付きパルスバルブ」は、図1(a)に示すように、パルスソレノイドバルブを高圧ヘリウム循環型の冷凍機ユニットに到着し、3.5 K程度まで、パルスバルブを冷却することが出来る。その結果、水素やヘリウムなどファンデルワールス力の小さな軽元素から成るクラスターの生成が可能となる。平成24年度までに神野が開発した、Mie散乱を利用したクラスターターゲット評価装置を用いて、「水素クラスターターゲット」の評価を行った。その結果、25-45 Kまでパルスバルブを冷却することにより、直径200-800 nm程度の水素クラスターが生成していることを示唆する結果を得た(図1(b), 1(c))。これまでは、100 K程度の冷却ノズルから、直径5 nm程度の小さな重水素クラスターしか得られていなかった[1]。我々が開発した「冷却機構付きパルスバルブ」は、従来のものに比べ100倍大きなサイズのクラスターを生成可能</p>
--

## 様式19 別紙1

であることが分かった。直径 800 nm の水素クラスターは、現有のレーザー装置で実現可能な集光強度  $10^{21}$  W/cm<sup>2</sup>において完全電離され、クーロン爆発により 25 MeV の陽子線の発生が可能である。「冷却機構付きパルスバルブ」開発の成功により、今後は、クラスターターゲットを用いた新しいタイプのレーザー駆動イオン加速実験が可能となった。

[1] T. Ditmire et al., Nature (London) **398**, 489 (1999).

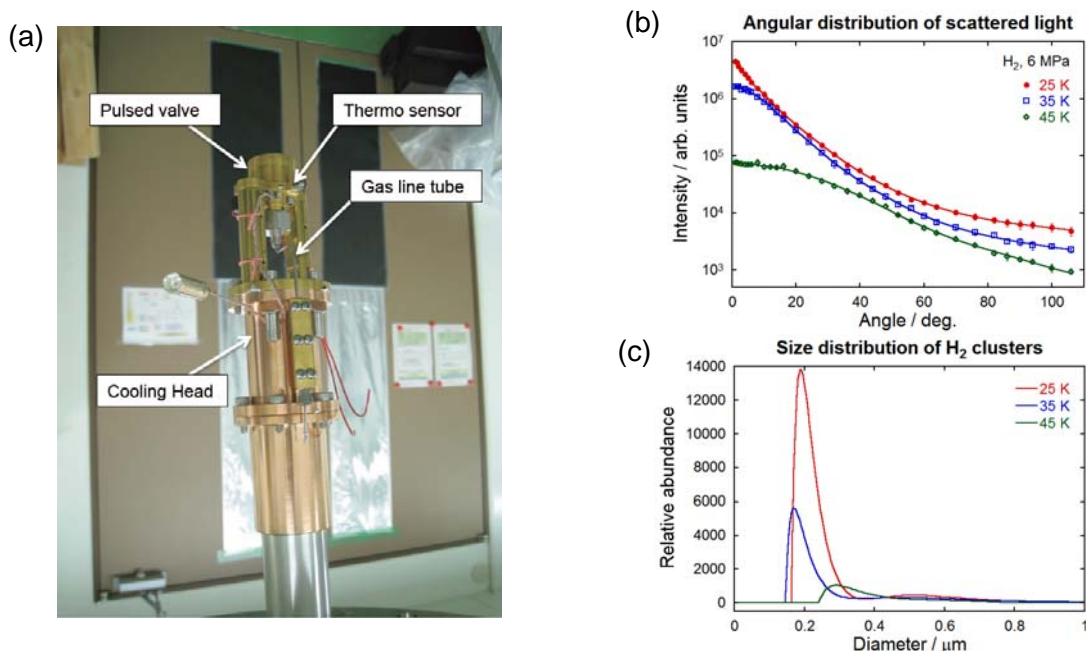


図 1 (a) 冷却機構付きパルスバルブ。(b) 水素クラスターターゲットにサイズ計測用レーザー光を照射した際の散乱光強度の角度分布。(c) Mie 散乱モデルに基づいて求めた水素クラスターのサイズ分布。

### 2. レーザー光波面制御装置開発 (担当: 福田、西内)

平成 24 年度に導入した J-KAREN レーザー光の波面歪みを補正するデフォーダブルミラーシステムが、アクチュエータの故障により、フランスメーカー本社での修理となった。メーカー側の報告によると、製造工程の一部をスキップしたことに原因があり、「初期不良」とのことであった。このため、当初予定されていた、波面制御を実施した  $10^{20}$  W/cm<sup>2</sup>以上の集光強度のもとでのイオン加速実験の実施は延期せざるを得なくなった。平成 25 年 9 月に実施したイオン加速実験は、デフォーダブルミラーシステムを用いず、従来どおりのセットアップで行った。

なお、平成 25 年 2 月に所属研究機関の J-KAREN レーザー装置に対し、補正予算の措置による大規模な高度化が実施されることが決定されたため、J-KAREN レーザー装置は、平成 25 年 10 月以降運転を停止し高度化作業に入った。このため、平成 25 年度後半は、所属研究機関で実験を実施することは出来ず、フランス LULI 研究所にて共同実験を行った。デフォーダブルミラーシステムを用いた波面制御を行ったイオン加速実験は、高度化後の新しい J-KAREN-P レーザー装置を用いて実施予定である。

### 3. リアルタイムイオン計測器開発 (担当: 神野、金崎、榊、福田)

ノイズ対策低減として、平成 24 年度までに開発した「特殊蛍光スクリーンと CCD カメラを用いたトムソンパラボラ」に対して、下記のノイズ低減策を実施した。

- ・ “特殊蛍光スクリーン部”を“蛍光スクリーン付 MCP”へ変更し、1 個のイオンでも確実に CCD カメラで検出出来るように、イオン検出部を強化した。
- ・ トムソンパラボラ本体、及び、蛍光スクリーン付 MCP、をイオン加速用のメインチャンバーから独立させ、別の真空容器内に設置することとした。
- ・ メインチャンバーとリアルタイムイオン計測器用真空容器間に設置するイオンビーム導入口は  $\phi 2$  mm のピンホールとし、ノイズとなる不必要な高エネルギー電子や X 線の進入を抑制し

## 様式19 別紙1

た。ピンホール自体の材質は、高エネルギー電子による X 線発生を抑制するため、厚さ 5 mm ポリエチレンと厚さ 3 mm のステンレスを組み合わせることで製作した。

図 2 (a) に改良型リアルタイムイオン検出装置を示した。この装置を平成 25 年 9 月に実施したイオン加速実験に導入し、イオンのリアルタイム検出を試みた。その結果、1 MeV 程度の比較的低エネルギーの“1 個のイオン”をシングルショット、かつ、リアルタイムで検出することに成功した (図 2 (b))。今回製作した改良型リアルタイムイオン検出装置は、10 MeV 程度のイオン検出にしか用いることは出来ないが、今後、この装置をスケールアップし、さらに、フィードバックによる実験条件コントロール機能を追加することで、100 MeV 級高エネルギーイオン発生最適条件探索に用いることが出来る。

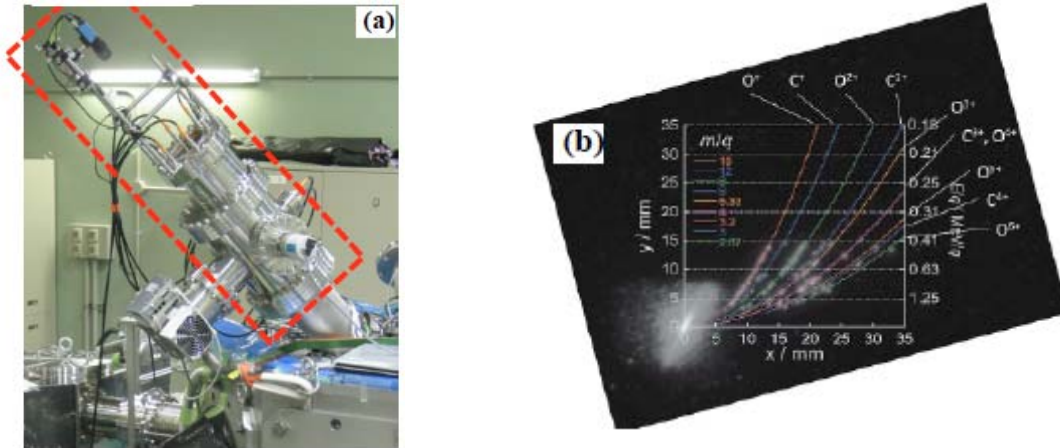


図 2. (a) メインチャンバーに装着された改良型リアルタイムイオン検出装置本体 (赤点線で囲んだ部分)。(b) レーザー 1 ショット後にリアルタイムイオン計測装置で観測されたイオンのエネルギー分布。放物線に沿って見える白色の斑点一つ一つがイオンのシグナルに相当している。原点 ( $x=y=0$ ) 付近の強いシグナルは、高エネルギー中性粒子のシグナル。

平成 25 年 9 月に実施したイオン加速実験において、核子あたり 10 MeV 以下の低エネルギーイオンに関しては、クラスターのクーロン爆発によって発生したイオンとクーロン爆発の影響で加速された背景ガスイオンとを、区別して検出することに成功した。この結果については、シミュレーション研究との詳細な比較が可能であり、クラスターターゲット中での背景ガスのイオン加速のメカニズムについての知見が得られる。現在データ解析を進めている。

一方、CR-39 スタックを用いた 100 MeV 級イオン検出への試みに関しても、新たな知見が得られた。すなわち、これまで、高エネルギー電子線に起因する光中性子が、バックグラウンドノイズとして検出器に影響している、との仮定の下、データ解析を進めてきた。しかし、高エネルギー電子線に起因する  $\gamma$ -P 反応によって、陽子が無視できない程度生成することが明らかになった。これは、データ解析に用いているシミュレーションコード PHITS に最新の  $\gamma$ -P 反応の核反応断面積データを組みこんで解析することで明らかになったものである。つまり、これまで公開されていた PHITS コードに取り込まれていた  $\gamma$ -P 反応の断面積データは、限定的なものであったため、我々は、 $\gamma$ -P 反応による陽子生成を過小評価してしまっていたことになる。このことから、陽子生成源は、(1) レーザー加速による水素原子、(2) 高エネルギー電子線に起因する光中性子が CR-39 に入射し、CR-39 内部で反跳して生成される水素原子、(3) 高エネルギー電子線に起因する  $\gamma$ -P 反応によって生成される水素原子、の 3 つを考慮しなければならない。我々は、(1) を選択的に検出したいのであるが、(2) に加え、新たに (3) の影響を考慮しなければならないことが分かった。このような状況でのデータ解析手法の確立は容易ではなく、(1) のレーザー駆動陽子線発生について確定的に結論づけるのは極めて困難な状況になった。従って、我々がとるべき方法は、(2) と (3) の原因となっている高エネルギー電子発生を極力抑えた条件で、イオン加速実験をおこなうということになりそうである。加えて、我々は、二次粒子 (中性子や  $\gamma$  線) の生成をリアルタイム検出することで、間接的に、イオンのリアルタイム検出を行う装置の開発を検討していたが、これについても、筋のいい方法では無いということが明確になったと言える。

ところで、1 で述べた「冷却機構付きパルスバルブ」によって生成される水素クラスターのクーロン爆発を利用して数十 MeV 級陽子線を得る方法は、高エネルギー電子線の発生は抑えられるた

## 様式19 別紙1

め、今後の有効な陽子線発生手法の1つになり得ると考えている。

上記以外では、新しい試みとして、名古屋大学の協力を得て、素粒子物理実験で用いる原子核乾板を用いたイオン検出にチャレンジし、レーザー駆動イオン加速実験に対しても、原子核乾板を用いた高エネルギー粒子検出が可能であることが判明した。今後、レーザー駆動イオンビームを原子核物理に応用する上で、原子核乾板による高エネルギー粒子検出が役立つと考えている。

### 4.リアルタイム電磁場計測装置の開発（担当：神野、福田）

ファラデー回転法を用いた電磁場計測装置を開発し（図3(a)）、平成25年9月に実施したイオン加速実験において用いたが、プラズマ中に磁場が生成することを明確に示すデータは得られなかった（図3(b)）。原因としては、プラズマの自発光に起因する強いシグナルが、検出器に入り込み本来のシグナルをかき消してしまっている可能性があることが挙げられる。今後、磁場計測用のプローブレーザー光として、メインレーザー光の第二高調波を発生させて用いることで、プラズマの自発光の効果を抑制した計測を行うことを計画している。

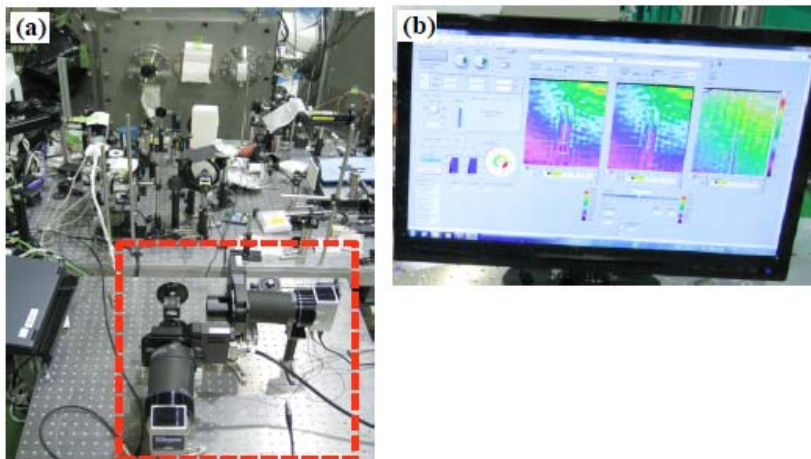


図3. (a)ファラデー回転法を用いたリアルタイム磁場計測装置本体（赤点線で囲んだ部分）。(b)リアルタイム電磁場計測装置のシグナル観測用コンピュータ画面。

一方、プロトンバックライト法による電磁場計測について、平成26年1月から2月にかけて、フランスエコールポリテクニック LULI 研究所で実施された共同実験に参加し、クラスターターゲットから生成する相対論プラズマ中の電磁場計測を行った。その結果、プラズマ中に形成されたチャネルに沿って電磁場が生成されていることを示唆する画像取得に成功した。さらに、この実験では、干渉法を用いることにより、クラスターターゲット中に生成する衝撃波の全体像の画像取得に成功した。近年、レーザープラズマ中で生成する衝撃波によるイオン加速に関する議論もなされており、クラスターターゲット中でのイオン加速のメカニズムを理解する上で、極めて重要なデータの取得に成功したと言える。

### 5. その他

シミュレーション研究（担当：岸本、福田）においては、将来を見越した状況として、超相対論領域（ $6 \times 10^{23} \text{ W/cm}^2$ ）におけるシミュレーション研究を実施し、レーザー光圧（=輻射圧）で、核子あたり1 GeVにまでイオンが加速されることを確認した（図4参照）。このような相対論的イオンビームは、レーザー航跡波に同期させて、さらに高エネルギーにまで加速させることが原理的に可能であり、レーザー駆動イオン加速研究にとっては、革命的といえる研究分野の開拓につながる可能性を秘めている。

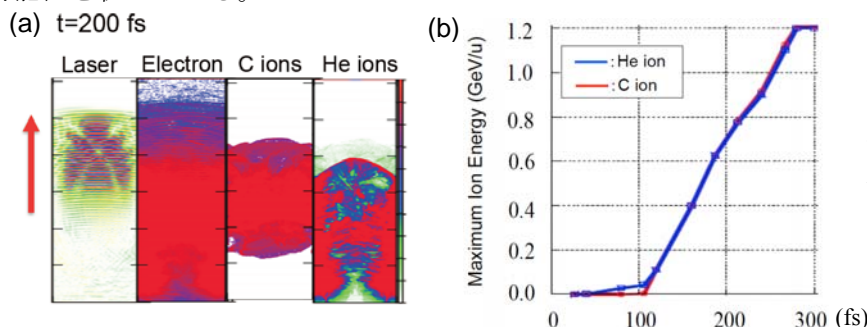


図4. クラスターターゲット（炭素クラスター+ヘリウムガス）によるシミュレーション結果の一例。(a)イオン、電子がレーザー光と一体となって加速されている。(b)イオンのエネルギーは1 GeV/uに到達。

様式19 別紙1

3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 6 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 4 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Y. Fukuda</u>, H. Sakaki, M. Kanasaki, A. Yogo, S. Jinno, M. Tampo, A. Ya. Faenov, □T. A. Pikuz, Y. Hayashi, M. Kando, A.S. Pirozhkov, T. Shimomura, H. Kiriyaama, □S. Kurashima, T. Kamiya, K. Oda, T. Yamauchi, K. Kondo, S. V. Bulanov, "Generation of 50-MeV/u He ions in laser-driven ion acceleration with cluster-gas targets", Proc. of SPIE Vol. 8779 87790F-1 (2013). <a href="http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=1686151">http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=1686151</a></li> <li>2. S. Jinno, <u>Y. Fukuda</u>, H. Sakaki, A. Yogo, M. Kanasaki, K. Kondo, A.Ya. Faenov, I.Yu. Skobelev, T.A. Pikuz, A.S. Boldarev, and V.A. Gasilov, "Mie scattering from submicron-sized CO<sub>2</sub> clusters formed in a supersonic expansion of a gas mixture", Optics Express 21, pp20656-20674 (2013). <a href="http://www.opticsinfobase.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-21-18-20656">http://www.opticsinfobase.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-21-18-20656</a></li> <li>3. Yogo, K. Kondo, M. Mori, H. Kiriyaama, K. Ogura, T. Shimomura, N. Inoue, <u>Y. Fukuda</u>, H. Sakaki, S. Jinno, M. Kanasaki, and P. R. Bolton, "Insertable pulse cleaning module for high-intensity ultrashort-pulse lasers and its application to laser-proton acceleration", Optics Express 22, pp.2060-2069 (2014). <a href="http://www.opticsinfobase.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-22-2-2060">http://www.opticsinfobase.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-22-2-2060</a></li> <li>4. 金崎真聡、福田祐仁、近藤公伯、小田啓二、山内知也、「CR-39 を用いたレーザー駆動陽子線計測における光中性子起因エッチピット弁別手法の開発」、レーザー研究 第 42 巻、p168 (2014). <a href="http://www.lsj.or.jp/laser/42/ab42_2.pdf">http://www.lsj.or.jp/laser/42/ab42_2.pdf</a></li> </ol> <p>(掲載済み一査読無し) 計 1 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 神野智史 「ミー散乱」、原子衝突学会誌 しょうとつ 第 10 巻 4 号、p99 (2013). <a href="http://www.atomiccollision.jp/collision/syoutotsu/13_1004s.pdf">http://www.atomiccollision.jp/collision/syoutotsu/13_1004s.pdf</a></li> </ol> <p>(未掲載) 計 1 件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. S. Jinno, <u>Y. Fukuda</u>, H. Sakaki, A. Yogo, M. Kanasaki, K. Kondo, A.Ya. Faenov, I.Yu. Skobelev, T.A. Pikuz, A.S. Boldarev, and V.A. Gasilov, "Development of an Apparatus for Characterization of Cluster-Gas Targets for Laser-Driven Particle Acceleration", accepted for publication in <i>Progress in Ultrafast Intense Laser Science XI</i>, Springer Verlag (2013).</li> </ol>
<p>会議発表 計 16 件</p>	<p>専門家向け 計 14 件 国際学会 (招待講演、口頭発表)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Y. Fukuda</u>, "Generation of 50-MeV/u He ions in laser-driven ion acceleration with cluster-gas targets", SPIE Optics and Optoelectronics 2013, Prague, Czech Republic, April 2013.</li> </ol> <p>(一般講演、口頭発表)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Y. Fukuda</u>, R. Matsui, N. Iwata, and Y. Kishimoto, "Cluster-Gas Targets as Efficient Media for Laser-Driven Ion Accelerations", Targetry for Laser-driven Proton (Ion) Accelerator Sources: First Workshop, Munich, Germany October 2013.</li> <li>2. M. Kanasaki, <u>Y. Fukuda</u>, H. Sakaki, A. Yogo, S. Jinno, M. Nishiuchi, A. Hattori, K. Matsukawa, K. Kondo, K. Oda, and T. Yamauchi, "The Effect of Photo-Neutrons on Diagnostics Using CR-39 for Laser-Accelerated Ion Beam", CLEO-PR &amp; OECC/PS 2013, Kyoto, Japan, June 2013.</li> <li>3. Y. Kishimoto, N. Iwata, R. Matsui, and <u>Y. Fukuda</u>, "High power laser-matter interaction in cluster medium: particle acceleration, radiation, high pressure material state", APPC 2013, Chiba, Japan, July 2013.</li> <li>4. N. Iwata, F. Wu, Y. Kishimoto, and <u>Y. Fukuda</u>, "Laser-matter interaction in cluster medium in the radiation dominated regime: Particle acceleration and radiation", IFSA 2013, Nara, Japan, September 2013.</li> </ol> <p>(一般講演、ポスター発表)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <u>Y. Fukuda</u>, R. Matsui, N. Iwata, and Y. Kishimoto, "Ion Acceleration based on the Interaction between High Power Laser and Cluster Medium", ISUILS 12, Salamanca, Spain, October 2013.</li> <li>2. M. Kanasaki, <u>Y. Fukuda</u>, H. Sakaki, A. Yogo, S. Jinno, M. Nishiuchi, K. Matsukawa, K. Kondo, K. Oda, and T. Yamauchi, "A diagnosis method of laser-accelerated protons using CR-39 in a field contaminated by photo-neutrons", IFSA 2013, Nara, Japan, September 2013.</li> <li>3. S. Jinno, <u>Y. Fukuda</u>, H. Sakaki, A. Yogo, M. Kanasaki, K. Kondo, A. Ya. Faenov, I. Yu. Skobelev, T. A. Pikuz, A. S. Boldarev, V. A. Gasilov, "Characterization of Cluster-Gas Targets</li> </ol>

様式19 別紙1

	<p>and its Application to Laser-Driven Particle Acceleration Experiments”, IFSA 2013, Nara, Japan, September 2013</p> <p>国内学会 (招待講演、口頭発表)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 福田祐仁、「クラスターターゲットを用いた高効率なレーザー駆動イオン加速」、プラズマ・核融合学会第30回年会、東京、12月2013年。</li> <li>2. 福田祐仁、「レーザー照射クラスターターゲットによる粒子線加速」、日本物理学会第69回年次大会、神奈川、2014年3月。 (一般講演、口頭発表)</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 金崎真聡, 神野智史, 榊 泰直, 西内満美子, 近藤公伯, 小田啓二, 山内知也, 松井隆太郎, 岸本泰明, D. Doria, M. Borghesi, 福田祐仁、「クラスターターゲットから発生するMeV級イオンの空間分布」、第61回応用物理学会春季学術講演会、神奈川、2014年3月</li> <li>2. 神野智史, 福田祐仁, 榊泰直, 余語覚文, 金崎真聡, 近藤公伯, A. Ya. Faenov, I. Yu. Skobelev, T. A. Pikuz, A. S. Boldarev, V. A. Gasilov, 「ミー散乱を利用したクラスターターゲットの特性評価」、日本物理学会第69回年次大会、2014年3月</li> <li>3. 松井隆太郎, 岩田夏弥, 福田祐仁, 岸本泰明, 「高強度レーザーとクラスター媒質の相互作用によるイオン加速のシミュレーション研究」、日本物理学会第69回年次大会、神奈川2014年3月</li> <li>4. 金崎真聡, 神野智史, 榊 泰直, 西内満美子, 近藤公伯, 小田啓二, 山内知也, 松井隆太郎, 岸本泰明, D. Doria, M. Borghesi, 福田祐仁、「高強度レーザーとクラスターとの相互作用から発生するMeV級イオンの空間分布・エネルギー分布測定」、第28回固体飛跡検出器研究会、兵庫、2014年3月</li> </ol> <p>一般向け 計2件</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 福田祐仁、「光の不思議」、体験科学授業 S-Cube スーパーサイエンスセミナー、京都、2013年6月。</li> <li>2. 福田祐仁、「革新的レーザー駆動イオン加速手法の開発」、FIRST シンポジウム「科学技術が拓く 2030年」へのシナリオ、東京、2014年2月。</li> </ol>
<p>図書</p> <p>計0件</p>	
<p>産業財産権 出願・取得状況</p> <p>計0件</p>	<p>(取得済み) 計0件</p> <p>(出願中) 計0件</p>
<p>Webページ (URL)</p>	<p>該当なし。</p>
<p>国民との科学・技術対話の実施状況</p>	<p>標題：「光の不思議」 実施日：2013年6月7日(金) 場所(施設名)：日本原子力研究開発機構 関西光科学研究所 多目的ホール棟(京都府木津川市) 対象者：中学生～一般 参加者数：約90名</p> <p>内容：参加者全員に偏光板2枚を配布し、偏光板を通して物の見え方が変化する様子を体験してもらいながら、光の「波」としての性質を実体験してもらった。同時に、過去の著名な科学者が光を「波」として捉えていたのか、「粒子」として捉えていたのかを説明し、アインシュタインの光量子説を説明した。さらに、複屈折について説明し、参加者に複屈折性結晶である方解石を配布し、偏光板と組み合わせて、複屈折によって光の偏光方向が変化していることを実体験してもらった。最後に、偏光サングラス、偏光レンズを用いることで、物の見え方がどう変わるかについて説明した。</p>

様式19 別紙1

新聞・一般雑誌等掲載 計0件	
その他	特になし。

4. その他特記事項

特になし。

## 実施状況報告書(平成25年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

## 1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	118,000,000	104,080,000	13,920,000	0	0
間接経費	35,400,000	31,224,000	4,176,000	0	0
合計	153,400,000	135,304,000	18,096,000	0	0

## 2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を 除く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	7,922,407	13,920,000	0	21,842,407	21,842,405	2	0
間接経費	6,199,105	4,176,000	0	10,375,105	10,375,105	0	0
合計	14,121,512	18,096,000	0	32,217,512	32,217,510	2	0

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	11,601,440	実験用光学機器等
旅費	3,863,787	研究調査等国内旅費、実験参加等外国旅費
謝金・人件費等	5,132,000	特定課題推進員人件費
その他	1,245,178	外国人招へい諸費
直接経費計	21,842,405	
間接経費計	10,375,105	
合計	32,217,510	

## 4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
トムソンパラボラ分析機器設置部品	トムソンパラボラ、蛍光板付MCP、及びCCDカメラを設置するための治具	1	813,750	813,750	2013/8/7	独立行政法人日本原子力研究開発機構
冷却CCDカメラ	BU-58LIR	2	664,000	1,328,000	2013/8/20	独立行政法人日本原子力研究開発機構
PhaRAOドライバーソフトウェア	PhaRAO multi X	1	567,000	567,000	2013/8/29	独立行政法人日本原子力研究開発機構
イオン・電子計測用チャンバー	クラスターターゲットから発生するイオンと電子のエネルギー分布を計測する。	1	1,538,250	1,538,250	2013/9/3	独立行政法人日本原子力研究開発機構
高次補間電荷保存型電流ソルバー	高密度プラズマと高強レーザーとの相互作用を高精度でシミュレーションする。	1	997,500	997,500	2014/1/17	独立行政法人日本原子力研究開発機構
				0		
				0		