

国際共同研究事業
国際共同研究教育パートナーシッププログラム
平成26年度実施報告書

平成 27年 3月 31日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

所属機関・部局 大阪大学・大学院工学研究科

職・氏名 (ふりがな) はばら ひであき
准教授 羽原英明

1. 事業名 国際共同研究事業国際共同研究教育パートナーシッププログラム
2. 研究課題名 (和文) 極限状態における核エネルギーシステムと材料に関する教育・研究国際協力
(英文) PIRE: Nuclear Energy Systems and Materials under Extreme Conditions
3. 共同研究実施期間 (全採用期間)
 平成 24年 10月 1日 ~ 平成 29年 9月 30日 (5年 0ヶ月)
4. 研究参加者
 (1) 日本側参加者 13名 (2) 米国側参加者 8名
5. 主要な物品購入状況 (一品又は一組若しくは一式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様 型・性能等	数量	単価(円)	金額(円)	設置研究機関名
電極付き対向型磁気回路0.4T	150mm	1	540,000	540,000	大阪大学

備考：50万円以上の物品を購入等した場合のみ記入してください。

6. 人件費使用状況

氏名	金額	雇用期間	専門および本研究における役割

備考： 研究者及び専門技術員・研究補助者を雇用した場合のみ記入してください。
 雇用期間の欄の記入例：「平成25年6月1日～平成27年5月31日」

7. 渡航実施状況

(a) 日本側参加者（代表者を含む）の国内出張

出張者 (氏名)	出発地 (都市名)	用務先 (都市名)	旅行期間*	用 務 (用務先・用務内容)	経費負担**
藪内俊毅	大阪	茨城	6/19-20、2 日間	第 10 回核融合エネルギー連合 講演会参加	有
高木一茂	大阪	茨城	6/19-20、2 日間	第 10 回核融合エネルギー連合 講演会参加	有
山下真直	大阪	茨城	6/19-20、2 日間	第 10 回核融合エネルギー連合 講演会参加	有
藪内俊毅	大阪	京都	6/21、1 日 間	打ち合わせ	有
小田浩之	大阪	滋賀	7/30、1 日 間	打ち合わせ	有
羽原英明	大阪	新潟	11/19-23、5 日間	プラズマカンファレンス参加、打合 せ	有
藪内俊毅	大阪	新潟	11/17-22、6 日間	プラズマカンファレンス参加	有
小田浩之	大阪	新潟	11/19-20、2 日間	プラズマカンファレンス参加	有
高木一茂	大阪	新潟	11/19-21、3 日間	プラズマカンファレンス参加	有

* 旅行期間の欄の記入例：「6月10～19日、10日間」

** 本経費使用予定の有無を記入すること

(b) 当該年度に米国を訪問した日本側参加者

出張者 (氏名)	出発地 (都市名)	用務先 (都市名)	旅行期間*	用 務 (用務先・用務内容)	経費負担**
山下真直	大阪	リノ	7/21-8/6、 17日間	共同研究遂行	有

* 旅行期間の欄の記入例：「6月10～19日、10日間」

** 本経費使用予定の有無を記入すること

(c) 当該年度に米国以外の国を訪問した日本側参加者*

出張者 (氏名)	出発地 (都市名)	用務先 (国名・都 市名)	旅行期間**	用 務 (用務先・用務内容)	経費負担***
田中和夫	大阪	ロシア・サンクト ペテルブルグ	6/28-7/6、9 日間	打ち合わせ	有
砂原淳	大阪	ロシア・サンクト ペテルブルグ	7/2-6、5日 間	打ち合わせ	有

* 外国出張の渡航先は原則として、米国のみを渡航先とします。ただし、当該共同研究の研究成果発表を目的とする学会等への出席や、フィールドワーク等で当該第三国へ行くことが必須である研究上の理由がある場合に限り、米国以外の国を訪問することは可能です。

** 旅行期間の欄の記入例：「6月10～19日、10日間」

*** 本経費使用予定の有無を記入すること

(d) 当該年度に受入れた米国側参加者

出張者 (氏名)	用務先	旅行期間*	用 務

* 旅行期間の欄の記入例：「6月10～19日、10日間」

8. 研究実施状況

※ 申請書の内容および当該年度実施計画書の「6. 本年度実施計画の概要」と対応させつつ、当該年度の研究の実施状況を簡潔に日本語にて記入してください。

[研究概要]

将来の基盤発電技術の一つとして期待されている核融合発電の炉壁や、大気圏に再突入する際に高エネルギー密度な熱流束に曝されるスペースシャトルや惑星往還スペースシップの外壁には、既存物質の融点を越えた耐熱材料の開発が不可欠となっている。そのような材料システムの候補として、我々は強大な熱負荷吸収が可能な、制御されたプラズマ層導入による損傷抑制（プラズマシールドリング）を、米国と共同で提唱している。本プログラムでは、1) 現在の損傷閾値を越えた極限環境下で機能する材料システムを開発するために、レーザーや量子（x 線、高エネルギー電子やイオン）ビームを用いた研究プラットフォームを構築し、2) これを利用してプラズマシールドリングの実現に向け、損傷の機構とその抑制過程を明らかにして、理論・シミュレーションによる現象の理解と広いパラメータ領域での予測能力を構築することで、新しい学術体系を確立するのみならず、実際の極限環境下で機能する材料システムを提案する。

[本年度に取り組む研究課題]

本プログラムで取り扱う課題のうち、今年度は

- (A) 慣性核融合炉内でのプラズマ衝突
- (B) XFEL をプローブとした材料の極限状態の計測

について、取り組んだ。以下に概要を示す。

電磁プローブを用いてレーザー生成プラズマの特性（密度、温度、速度、エネルギー、強度など）を計測し、評価済みの2つのプラズマを正面から互いに衝突させ、その挙動を時間分解高速カメラで捉えた。これまでの我々の研究により、プラズマ衝突時にはエアロゾルが形成されることが分かっている。エアロゾル形成は慣性核融合炉の性能に大きな影響を与え、またカーボンナノチューブやフラーレンなどを効率的に生成する手段としても期待されているが、その詳細な機構は理解されていない。エアロゾルの特性（生成量、形状、原子組成）を調べ、その形成メカニズムを解明し、プラズマ衝突現象の理解につなげた。エアロゾル観察は既存の電子顕微鏡を用いるが、これに元素分析装置（新規）を追加することで、異なる材料のプラズマが衝突した際に生成されるエアロゾルの組成を調べることが可能となり、エアロゾル形成機構の詳細な理解が可能となった。成果は、Applied Physics Letters に論文として掲載した。

レーザー核融合炉の壁に突入する核融合反応粒子であるアルファ粒子が壁材料に進入する際、起こる可能性のあるアブレーション状態をシミュレーションした。途中シミュレーション技法開発時点で、相手国拠点機関である Purdue 大学に、砂原、高木が訪問し、議論を重ねた。その結果は、成果として Journal of Nuclear Materials に論文掲載を行った。謝辞に相手国拠点の研究者名を明記した。

相手国拠点機関において、大阪大学・核融合研の発案によるプラズマ衝突技法が実験に取り入れられた。プラズマは、炉壁への熱負荷によってアブレーションが発生し、プラズマ化する現象を laser アブレーションに依ってモデル化する独創的なものである。この実験を米国と共同で行い、プラズマ衝突挙動を理解することに成功した。成果は、Physics of Plasmas に日本米国双方の共著論文として掲載された。

JST「XFEL とパワーレーザーによる新極限物質材料の探索」プロジェクト（平成 24 年度採択）で理化学研究所の播磨研究所に整備するパワーレーザーを固体に照射し、固体の損傷の進展現象を、隣接する X 線自由電子レーザー（XFEL）をプローブ光とすることで、極めて高い時間（数十 fs 以下）、空間（数ミクロン以下）分解能をもつ観測手法の確立を目指し、同施設で準備実験を行った。実験準備として大阪大学レーザー研の共同利用実験を利用して、1 kJ、10 ピコ秒のレーザーをターゲットに照射し、ターゲットから発生するプロトンビーム（MeV）による鉄サンプルの損傷を観測することに成功した。

最新の成果を、平成 26 年 7 月 2 日 - 4 日にロシアサンクトペテルブルクの Ioffe 研究所において開催された PIRE セミナーにおいて報告した。このセミナーには、アメリカ側代表である Ahmed Hassanein 教授およびそのスタッフ、米国 PIRE 組織に参加しているアイルランド ダブリン市立大学 John Costello 教授、ロシア Ioffe 研究所 V.M. Kozhevnikov 教授、米国イリノイ大学 J. Stubbins 教授が参加した。

研究発表（平成 26 年度の研究成果）

【雑誌論文】 計（ 3 ）件 うち査読付論文 計（ 3 ）件

相手国研究代表者との共著の有無*	著者名	論文標題			
		K. Nishimura, R. Shibata, T. Yabuuchi, A. Sunahara, and KA. Tanaka	Laser scattered observed from carbon plasma stagnation and following molecular formation		
	雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
	Applied Physics Letters	有	104	2014	244105、244105-3
	著者名	論文標題			
	K. Takaki, K. Kageyama, A. Sunahara, T. Yabuuchi, KA Tanaka	Simulated ablation of Carbon wall by alpha particles for laser fusion reactor			
	雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
	Journal of Nuclear Materials	有	459	2015	77-80
◎013502-8	著者名	論文標題			
	KA Al-Shboul, SS H Arial, SM Hssann, A Hassanein, JT Costello, T Yabuuchi, KA Tanaka and Y Hirooka	Interpenetration and stagnation in colliding laser plasmas			
	雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁
	Physics of Plasmas	有	21	2014	013502 1-8

【学会発表】 計（ 2 ）件 うち招待講演 計（ 0 ）件

発表者名	発表標題		
高木一茂	高エネルギーイオンの高強度照射による慣性炉壁アブレーションの流体シミュレーション		
学会等名	発表年月日	発表場所	
第10回核融合エネルギー連合講演会	2014年6月	つくば国際会議場	
発表者名	発表標題		
山下真直	高エネルギーイオンの高強度照射による慣性炉壁材料の空孔生成		
学会等名	発表年月日	発表場所	
第10回核融合エネルギー連合講演会	2014年6月	つくば国際会議場	

【図書】 計（ 0 ）件

相手国研究代表者との共著の有無*	著者名	出版社		
	書名	発行年	総ページ数	

*相手国研究代表者との共著がある場合は○、相手国研究代表者との共著であり論文内に事業名を明記している場合は◎と記入した上で、明記されている箇所（頁、巻頭、巻末等）を記入。

*足りない場合は適宜行を追加して下さい。