

**平成24年度 先端研究拠点事業—国際戦略型—
事後評価資料**

1. 概要

領域	数物系科学	分科	プラズマ科学
		細目	プラズマ科学
研究交流課題名	(和文) 高いエネルギー密度状態の科学 (英文) High Energy Density Science		
実施期間 (拠点形成型時含む)	2007年 4月 1日 ~ 2012年 3月31日 (60か月)		
日本側拠点機関名	国立大学法人 大阪大学		
実施組織代表者 所属・職・氏名	国立大学法人大阪大学総長・平野俊夫		
コーディネーター 所属・職・氏名	大学院工学研究科・教授・兒玉 了祐		
協力機関数	22 機関	参加者数	177 名
交流相手国	英国		
拠点機関名	Rutherford Appleton Laboratory		
コーディネーター 所属・職・氏名	Central Laser facility・Professor・Peter Norreys		
協力機関数	6 機関	参加者数	22 名
マッチングファンド (出資機関名)	① Photon Science Department Program (Science and Technology Facilities Council (STFC)) ② High Energy Density Physics (Science and Technology Facilities Council (STFC))		
交流相手国	仏国		
拠点機関名	Ecole Polytechnique (CNRS)		
コーディネーター 所属・職・氏名	Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses (LULI)・Senior Scientist・Michel Koenig		
協力機関数	7 機関	参加者数	17 名
マッチングファンド (出資機関名)	① LULI (CNRS) ② PICS (CNRS)		
交流相手国	米国		
拠点機関名	University of California San Diego		
コーディネーター 所属・職・氏名	Engineering science・Professor・Farhat Beg		
協力機関数	16 機関	参加者数	29 名
マッチングファンド (出資機関名)	① Fast Ignition (DOE OFES) ② US-Japan Collaboration (National Science Foundation)		

※交流相手国数に応じて記入欄を追加して記入してください。

2. 研究交流目標

移行審査申請時に計画した研究交流目標とその達成度について記載してください。(2頁以内)

○移行審査申請時の研究交流目標（移行審査資料に記載した目標を転載のこと）

「先端研究拠点」として過去2年で構築された国内拠点、全英、全仏拠点、米国の拠点との国際ネットワークをさらに発展させ、本格的なバーチャル国際交流センター機能を有した国際拠点形成を目指した研究協力体制に発展させる。このために英国 EPSRC、ロイヤルソサエティ、仏国 CNRS、米国 FNS との戦略的資金連携を行う。

共同研究に関して、拠点形成型では、これまで我が国と欧米の1機関もしくは2国間によるものであった。国際戦略においては、我が国を軸とした3国以上の共同研究を進めると同時に、先方のマッチングファンドも我が国との2国間共同研究ではなく多国間による予算で推進予定である。結果として、世界的レベルで高出力レーザー施設の有機的且つ効率的な応用展開が期待される。事業終了後5年以内に本ネットワークにより我が国がリーダーシップを持って高出力レーザー国際バーチャルラボを設置しアジアを含めた国際拠点に発展していくものと考えられる。

学術成果の発信、情報収集に関しては、拠点形成型において定例化できた2国間ワークショップを継続する。さらに、英米仏日の共同によるワークショップと若手研究者養成のためのスクールを隔年で開催し戦略的情報収集、本事業による世界拠点としてのプレゼンス向上さらに国際性豊かな若手人材育成に貢献する。これらにより高エネルギー密度科学に関する効率的な情報収集コアシステムを構築する。結果として支援終了後も国際交流センターにおけるバーチャル情報センターとしての機能が期待できる。

若手研究人材育成に関しては、若手研究者・博士学生を共同研究に積極的に参加させることで、国際感覚溢れた若手人材育成に有効であることが拠点形成型で実証できた。戦略型ではさらにこの実践型プログラムを推進すると同時に実践教育プログラムとしての定着化を図る。若手のポテンシャル向上とともに次世代の若手を中心としたネットワーク形成に役立てる。事業終了後、多国間における人的交流が、欧米並みとなり、本分野における我が国の若手研究者の国際意識は、世界基準とまったく同じレベルとなり、従来の枠組みを超えた人的交流が欧米なみに日常的になると期待できる。

拠点形成型において、学内横断的な研究教育活動が実施され多くの成果が得られた。

研究体制に関しては、工学研究科、レーザーエネルギー学研究センターの強い連携に加え日本原子力研究機構関西光科学研究所との連携により国内連携体制が整った。学内においては2008年度内に新たに全学組織として光科学研究教育センター（仮）を立ち上げることとなっている。これは高出力レーザーおよび応用や幅広い光科学全般の教育組織である。このセンターにおいて国際部門を設置する。本先端拠点事業の成果がモデルケースとなり国際連携を利用した教育プログラムを実施する予定である。

若手研究人材育成に関しては、若手研究者・技術者を共同研究に積極的に参加させることで、国際感覚溢れた若手人材育成に有効であることが拠点形成型で実証できた。戦略型ではさらにこの実践型プログラムを推進すると同時に国際実践教育プログラムとして本教育センターで実施予定である。

本プログラムで実施する研究5項目は学術的なものである。さらに学術からイノベーションに結びつく課題として、プラズマフォトンクスからプラズマフォニックデバイス、高圧凝縮物性の応用として金属炭素など極限新電子デバイスの可能性が期待できる。これらは、イノベーションを目的とした拠点機関の GCOE 次世代電子デバイス教育研究開発拠点（本コーディネーターは、GCOE フォトンクス部門長として連携をとれる体制にある）との連携を図り、学術から産業応用への展開を見据えた総合的な教育研究国際拠点が期待できる。

○目標に対する達成度

- 目標は想定以上に達成された。
- 目標は想定どおり達成された。
- 目標はある程度達成された。
- 目標はほとんど達成されなかった。

【理由】

本事業のもとで国内 23 機関、英国 7 機関、仏国 8 機関、米国 17 機関の連携と 245 名の参加者により、高いエネルギー密度科学に関する国際学術交流拠点を我が国に形成することができた。その規模は当初予定していた以上の参加者と機関となった。さらに中国、印度などとの協力関係も進みアジアを含めた国際拠点への発展が期待できるものとなった。また高エネルギー密度科学に関して拠点機関参加者による日本学術振興会アジア研究教育拠点事業が 2011 年度に採択されたことは、アジアを含めた国際拠点への発展が当初考えられていた以上に期待できる。このような国際拠点の活動を 4 国間で効率的に実施するためのマッチングファンドも本拠点活動がイニシアチブをとることで各国予定通り獲得でき戦略的な国際連携を進めることができた。仏国においては、2 国間ではなく多国間連携のマッチングファンド (PICS) が採択された。英国では本拠点事業をもとに STFC(英国科学技術施設会議)と日本学術振興会との覚書締結がなされるなど、本拠点を中心に当初計画以上の状態で国際連携活動が実施できた。また連携事業を推進するための全学組織として 2008 年に大阪大学光科学センターをスタートし効率的な国内外の連携活動を実施するとともに本事業の若手育成として国際連携をもとにした実践教育プログラムを推進した。

本事業では、高エネルギー密度科学という学際的・学術融合型の新しい科学領域の開拓が研究の目標であった。これを英国ラザフォード研究所、仏国 LULI、米国ミシガン大学、米国ロチェスター大学および大阪大学のレーザー等を連携利用することで、1. 相対論プラズマ物性、2. 高圧凝縮物性、3. 固体-プラズマ中間体物性、4. 実験室宇宙物理、5. プラズマフォトンクス の 5 つのテーマに分けて共同研究が行われた。特に、研究課題の実験室宇宙物理、プラズマフォトンクスは我が国が世界に先駆けて提案した新しい学術研究であり、本事業を通してその重要性は世界に認識された。さらに、パワーレーザーによる高圧物性研究は、新たに地球惑星物理などの基礎科学からレーザープロセスなどの産業応用に関係する分野との連携にまで発展させることができ 50 名以上からなる国内チームが形成できたことは、当初予定以上の成果である。関係する国際会議も開催でき学術研究と産業応用が連携した我が国独自のアプローチとして世界的に高い評価を受けた。イノベーションを目的とした拠点機関の GCOE との連携も図り、学術から産業応用への展開を見据えた総合的な取り組みができた。

また幾つかのテーマの連携や他分野との連携によりより国際競争力ある独自の成果がえられ、新たな展開がなされようとしている。これらの成果は、Nature Physics, や Physical Review Letters 等など著名な論文に掲載された。さらに共同研究の成果は、国際的な会議でも招待講演、基調講演として多く発表された。特に日英共同研究に関しては、これまでの実績と今後の研究計画が高く評価され、ダイワエイドリアン賞が授与されたことは予定以上の成果である。

若手研究人材育成に関しては、若手研究者・大学院生を共同研究に積極的に参加させた。戦略型ではさらにこの実践型プログラムを光科学センターで推進すると同時に国際実践教育プログラムとして実施した。また本事業により育成された博士研究員が本国際ネットワークの各国の主要機関に就職し、高エネルギー密度に関する研究で世界的な成果を上げている。例えば英国国際ニュートン特別研究員採択や仏国における高い競争率の現地ポジションをトップの評価で採択されたり、米国大学の正規ポジション採択や英国ラザフォード研究所正規ポジション、独国の欧州 XFEL プロジェクトから依頼など、当初予定もしくはそれ以上に世界に通用する次世代若手研究者が育成されている。

国際ワークショップ、二国間ワークショップ、ウインタースクールなどを国内複数機関と協力して開催 (17 会議) し、効率的・効果的な情報収集と本事業の国際的プレゼンスを高めることができた。

2 国間ワークショップは、定例化させ共同研究に関する情報収集と議論だけでなくスクールを連携し開催することで若手人材育成にも役立てたことは予定以上に効果的・効率的であった。さらに日英国交 150 周年事業や日仏国交 150 周年事業としてワークショップを開催することで、我が国の国際文化交流にも貢献できたことは当初予定以上の成果である。二国間ワークショップとは別に国際セミナー・会議を我が国で開催し世界の情報が効率的に集約できる体制を整えた。特にこれまで欧米のみにて実施されていた国際ワークショップを初めて我が国で実施することができたことは、効率的な情報集約のみならず我が国の当分野の国際的なプレゼンスを高めることにつながった。

3. これまでの交流を通じて得られた成果

これまでの交流を通じての成果を「国際学術交流拠点の形成」、「成果の学術的価値」、「若手人材育成への貢献」、「情報集約性」、及び「社会貢献性」の観点から記載してください。(3頁以内)

○国際学術交流拠点の形成

本事業のもとで国内 23 機関 177 名、英国 7 機関 22 名、仏国 8 機関 17 名、米国 17 機関 29 名の合計 55 機関 245 名が参加し、高いエネルギー密度科学に関する国際学術交流拠点を我が国に形成することができた。

まず拠点形成型(2007-2008 年度)において、1. 相対論プラズマ物性、2. 高圧凝縮物性、3. 固体-プラズマ中間体物性、4. 実験室宇宙物理、5. プラズマフォトリクスの 5 つのテーマに関してそれぞれの国内連携基盤を構築するとともに、英国、仏国、米国との各 2 国間を中心とした国際共同研究を実施し拠点形成の基盤を構築した。具体的には全英拠点として欧州全体に開かれた英国ラザフォード研究所レーザー施設、仏国拠点として世界に開かれたレーザー中央研究施設(LULI)、全米に開かれたロチェスター大学レーザー研究所及びミシガン大学超高強度レーザー施設と大阪大学レーザーエネルギー学研究センター及び原子力機構関西光量子研究所など世界のハイパワーレーザーを利用した共同研究を進め国際戦略拠点形成のための基盤を整えた。

戦略型(2009-2011 年)においては、これら 2 国間連携を基軸とし 3 国間以上の共同研究を進めた。特に 1. 相対論プラズマ物性は、米国ミシガン、英国ラザフォード、仏国 LULI の施設を利用した日米英仏に加えて印度タタ研究所との連携、2. 高圧凝縮物性、3. 固体-プラズマ中間体物性は、英国ラザフォード研究所、仏国 LULI、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターの施設を利用した日英仏連携、4. 実験室宇宙物理は米国ロチェスター大学、英国ラザフォード研究所、仏国 LULI、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターによる日英米仏に加えて中国科学院物理研究所等との連携を、5. プラズマフォトリクスは日仏連携を軸に英国ラザフォード研究所、仏国 LULI に加えて 1. 相対論プラズマ物性、3. 固体-プラズマ中間体物性のグループとの連携により効率的な共同研究を展開した。これらは、単に我が国の大型施設で国際共同研究を進めるスタイルではなく、中国、印度を含めた世界のハイパワーレーザーを有機的・効率的に利用した国際ネットワークによるハイパワーレーザー国際バーチャルラボとしての機能を有した拠点の形成ができたことを示すものである。

また、日英、日米、日仏ワークショップを定例化し、我が国を中心とした各国の情報を本拠地に集約することで、単なる情報収集だけではなく多国間共同研究をスムーズに展開することや若手育成を目的とした実践に即したスクールを開催することにも有効に活用された。さらにこれまで我が国で開催されたことのなかった固体-プラズマ中間体物性に関する国際ワークショップやレーザーピーニング国際会議を我が国で初めて開催することで本拠点のプレゼンスを広く世界に示した。

このような国際拠点の活動を 4 国間で効率的に実施するためのマッチングファンドも本拠点活動がイニシアチブをとることで各国獲得でき戦略的な国際連携を進めることができた。特に仏国においては、2 国間ではなく多国間連携のマッチングファンド(PICS)が採択されたり、英国では本拠点事業をもとに STFC(英国科学技術施設会議)と日本学術振興会との覚書締結がなされるなどし、本拠点を中心に当初計画以上の国際連携活動が実施できた。また新たに仏国 LULI と大阪大学工学研究科との協定を結ぶことで、我が国としては、初めて仏国 LULI における実験責任者として研究が進められる体制を整えることができた。

このような連携事業を推進するための全学組織として 2008 年に大阪大学光科学センターをスタートし効率的な国内外の連携活動を実施するとともに本事業の若手育成として国際連携をもとにした実践教育プログラムを推進した。

○成果の学術的価値

本事業で進める研究は、高エネルギー密度科学という学際的・学術融合型の新しい科学領域の開拓である。これを英国ラザフォード研究所、仏国 LULI、米国ミシガン大学、米国ロチェスター大学および大阪大学のレーザー等を連携利用することで、1. 相対論プラズマ物性、2. 高圧凝縮物性、3. 固体-プラズマ中間体物性、4. 実験室宇宙物理、5. プラズマフォトリクスの 5 つのテーマに分けて共同研究が行われ当初予定していた以上の成果が得られた。

特に、研究課題の実験室宇宙物理、プラズマフォトリクスは我が国が世界に先駆けて提案した新しい学術

研究である。本事業を通してその重要性は世界的に認識され、実験室宇宙物理は、100名を超える国際チームにより世界のパワーレーザーを利用した研究が進められている。またプラズマフォトンクスは、仏国との連携が進み仏国の新たなパワーレーザープロジェクト（IZEST: International Zeta-Exawatt Science Technology）の重要なコア技術として発展しようとしている。これは超高強度場やレーザー粒子加速にプラズマフォトンクスデバイスを使用するものであり新しいパワーレーザーの1つの可能性である。これら2つのテーマは、我が国で提案され本事業で世界的な展開がなされ海外でのプロジェクト化が実現されたが、我が国では未だ発展段階にある。

さらに、パワーレーザーによる高圧物性や固体-プラズマ中間物性などは、当分野の学術研究における国際共同研究に留まるのではなく、レーザーピーニングを始めとしたレーザープロセスや材料科学等、産業とも関連した幅広い連携を行った。このような独自のスタイルを2008年、学術的な国際ワークショップで世界に示し2011年にはより産業よりのレーザーピーニングに関する国際会議を主催し、学術研究と産業応用が連携した我が国独自のアプローチとして世界的に高い評価を受けた。本テーマはさらに高圧物性として地球・惑星科学に重要な成果が得られており、当分野の研究者との連携も進み50名以上からなる国内チームが形成できた。惑星科学から高エネルギー密度新物質創生、さらには材料科学と幅広い分野に影響を与える分野となっている。また相対論プラズマ物性とプラズマフォトンクスのテーマ連携により安定なレーザー加速電子ビームを実現することができ、これを利用した新たなイメージングシステムの開発が進められている。

以上のように5つのテーマは各々において重要な成果を得た。さらに幾つかのテーマの連携や他分野との連携によりより国際競争力ある独自の成果がえられ、新たな展開がなされようとしている。これらの成果は、Nature Physics, や Physical Review Letters 等など著名な論文をはじめ約80編（内明記されたもの21篇）の共著論文が出版された。また共同研究の成果は、米国物理学会、欧州物理学会をはじめとした国際的な会議でも招待講演、基調講演として多く発表された。特に日英共同研究に関しては、これまでの実績と今後の研究計画が高く評価され、3年に1度のダイワエイドリアン賞が授与された。

○若手人材育成への貢献

若手研究人材育成に関しては、若手研究者・博士学生を共同研究に積極的に参加させることで、国際感覚溢れた若手人材育成に有効であることが拠点形成型で実証できた。戦略型ではさらにこの実践型プログラムを推進すると同時に大阪大学光科学センターをスタートさせ実践教育プログラムとしての定着化を図った。

定例化させたワークショップとスクールを連携させることで、単なる座学としてのスクールではなく共同研究に密接に関連したワークショップへの参加や議論を通じた実践的なスクールを実施できた。さらに学会との連携により、学生・若手研究者が主体となりスクールを開催するなど若手のポテンシャル向上とともに次世代の若手を中心としたネットワーク形成に役立てることができた。

本事業で育成された大学院生の中には、共同研究を通じて培ったネットワークをもとに博士課程修了後、本拠点事業による国際ネットワークの各国の主要機関に就職し、高エネルギー密度に関する研究で世界的な成果を上げている。特に英国では、優秀な若手研究者に贈られる英国国際ニュートン特別研究員に本拠点事業の若手研究者が採択されインペリアル大学で研究を進めている。米国では、博士課程卒業生がミシガン大学、UCサンディエゴ校で研究を進め最近帰国し研究職に就いている。また仏国LULIでは、本事業により育成された博士研究員が、高い競争率の現地ポジションをトップの評価で採択され、後に英国ラザフォード研究所や独国の欧州XFELプロジェクトからも正規ポジションの依頼が来るなど世界に通用する次世代若手研究者が育成されている。これは本分野における我が国の若手研究者の国際意識が、世界基準とまったく同じレベルとなり、従来の枠組みを超えた人的交流・頭脳循環が欧米なみに近づいているものと考えられる。

○情報集約性

英米仏を中心とした国際ワークショップ、二国間ワークショップ、ウインタースクールなどを国内複数機関と協力して開催（17会議）し、効率的・効果的な情報収集と本事業の国際的プレゼンスを高めることができた。

定例化させた2国間ワークショップは、共同研究に関する情報収集と議論だけでなくスクールを連携し開

催することで若手人材育成にも役立てた。具体的には4回の日英ワークショップ（英国2回、日本2回）、3回の日仏ワークショップ（仏国2回 日本1回）、4回の日米ワークショップ（米国3回、日本1回）を実施し英米仏の最先端の情報が、我が国に定期的に集約できた。さらに2008年度実施した日英および日仏ワークショップは日英外交150周年事業として英国ロイヤルソサエティと、日仏外交150周年事業として駐日仏国大使館と連携を取りながら我が国の当分野のプレゼンスを高めることにも役立てた。最終年度には、中日米国大使館、中日英国大使館と連携し日英米仏4カ国合同ワークショップを我が国で開催し、効果的な情報集約と本事業の総括を行うことができ、各国から極めて高い評価を受けた。

それぞれの研究テーマに関しては、別に国際セミナー・会議を我が国で開催することで当分野に関する世界の情報が効率的に集約できる体制を整えた。具体的には、相対論プラズマ物性国際セミナー（1回）、相対論プラズマと産業・医療応用国際セミナー（2回）、実験室宇宙物理国際ワークショップ（1回）、Warm Dense Matter（固体-プラズマ中間体物性）に関する国際ワークショップ（1回）、レーザーピーニングに関する国際ワークショップ（1回）を開催した。特にこれまで欧米のみにて実施されていた Warm Dense Matter に関する最も歴史的な国際ワークショップや高圧物性の産業応用としてのレーザーピーニングに関する国際ワークショップを初めて我が国で実施することができ、効率的な情報集約のみならず我が国の当分野の国際的なプレゼンスを高めることができた。

○社会貢献性

本事業で得られる研究は、高エネルギー密度科学という学際的・学術融合型の新しい科学領域の開拓である。特に、研究課題の実験室宇宙物理、プラズマフォトンクスは我が国が世界に先駆けて提案した新しい学術研究である。本事業を通してその重要性は世界的に認識され、実験室宇宙物理は、100名を超える国際チームにより世界のパワーレーザーを利用した研究が進められている。またプラズマフォトンクスは、仏国との連携が進み仏国の新たなパワーレーザープロジェクト（IZEST: International Zeta-Exawatt Science Technology）の重要なコア技術として発展しようとしている。このような新技術・概念を我が国がリーダーシップを持って創出できた本事業の社会的意義は大きい。

また、パワーレーザーによる高圧物性や固体-プラズマ中間体物性などは、当分野の学術研究における国際共同研究に留まるのではなく、レーザーピーニングを始めとした材料科学との連携により、幅広い連携を世界に示し2011年にはレーザーピーニングに関する国際会議を主催し、学術研究と産業応用が連携した我が国独自のアプローチとして世界的に高い評価を受けた。

さらに、日英ワークショップを駐日英国大使館で実施したり、英国ロイヤルソサエティで日英外交150周年事業として、仏国国立科学センター（CNRS）東京オフィスにおいて日仏外交150周年事業として本事業によるワークショップを開催し、歴史ある英国仏国との幅広い文化交流への貢献を行った。さらに最終年度においては、日英米仏合同ワークショップを駐日英国大使館、駐日米国大使館との共同行事として実施するなど、我が国の国際文化交流にも貢献できた。

また、本事業で得られた多くの最先端の成果を単に専門家によるワークショップや学会だけではなく、広く一般社会に情報を発信することを努めた。具体的には本事業等連携事業を効果的・効率的に実施することなどを目的に2009年にスタートした大阪大学光科学センターを中心に、高等学校や産業界への出前講義、中四国地方の高等学校連合とのテレビ講義、社会人を対象と市民講座やりそな銀行中小企業講演会などを開催し、高エネルギー密度科学と国際連携に関する幅広い広報活動を行った。

4. 実施状況

(1) 戦略性

移行審査申請時に記載した拠点機関の将来構想及び全体戦略を踏まえて、拠点機関全体として、どのように戦略的かつ計画的に本事業を実施したかを記載してください。またそれがどのように拠点機関及び日本のプレゼンスを高めるのに役立ったか記載してください。

1. 相対論プラズマ物性、2. 高圧凝縮物性、3. 固体—プラズマ中間体物性、4. 実験室宇宙物理、5. プラズマフォトニクスとの5つのテーマを設定し、まず英国、仏国、米国との各2国間を中心とした国際共同研究を実施し拠点形成の基盤を構築した。これら2国間連携を基軸とし3国間以上の共同研究を戦略的に推進した。これを実施するために全英拠点として欧州全体に開かれた英国ラザフォード研究所レーザー施設、仏国拠点として世界に開かれたレーザー中央研究施設(LULI)、全米に開かれたロチェスター大学レーザー研究所及びミシガン大学超高強度レーザー施設と大阪大学レーザーエネルギー学研究センター及び原子力機構関西量子研究所など世界のハイパワーレーザーを有機的に利用できる体制を整えた。これら4カ国の施設に中国、印度の施設も加え、世界のハイパワーレーザーを有機的・効率的に利用した国際ネットワークによるハイパワーレーザー国際バーチャルラボとしての機能を有した国際拠点を形成することができた。

また、日英、日米、日仏2国間ワークショップを定例化し、我が国を中心とした各国の情報を本拠点に集約できる体制を整えただけでなく駐日大使館との連携や日英、日仏国交150周年事業としての取り組みにより、当分野のわが国のプレゼンスを高めることにも貢献できた。さらに、これまで欧米のみにて実施されてきた幾つかの国際会議を当事業により我が国で初めて開催することで本拠点のプレゼンスを広く世界に示すことができた。

このような国際拠点の活動を4国間で効率的に実施するためのマッチングファンドも本拠点活動がイニシアチブをとることで各国獲得でき戦略的な国際連携を進めることができた。特に仏国においては、2国間ではなく多国間連携のマッチングファンド(PICS)が採択されたり、英国では本拠点事業をもとにSTFC(英国科学技術施設会議)と日本学術振興会との覚書締結がなされるなどし、本拠点を中心に当初計画以上の国際連携活動が実施できた。

(2) 拠点形成に向けた実施体制

拠点機関及び協力機関においてどのような運営体制をとっていたかについて、国内外の連携体制にも触れながら記載してください。

高出力レーザー利用の全英拠点として長い歴史と多くの実績を持っている英国ラザフォード研究所、高出力レーザー利用の全仏拠点として位置づけられているLULI(エコールポリテクニク)、さらに、両研究所は欧州における高出力レーザー共同利用施設として位置づけられており、これらを拠点機関とすることで英仏における協力機関との効率的な連携体制がとれた。また米国においては、相対論プラズマなどについてカリフォルニア大学サンディエゴ校を中心としてコンソシアムが形成されており、ここを米国拠点機関とすることで米国内の協力機関との連携体制を効率的に構築できた。国内体制としては、全国共同利用施設の大阪大学レーザーエネルギー学研究センターを中心的施設として位置づけ、さらに極短パルス超高強度レーザー施設を有する日本原子力研究機構関西科学研究所との密接な連携体制のもとで本事業を推進した。

また国内連携体制に関して、本コーディネーターが大阪大学レーザーエネルギー学研究センター兼任教授でありかつ施設利用に関する共同利用専門委員という立場を有効に機能させた。さらに平成2008年より日本原子力研究機構関西科学研究所の客員研究員となるとともに光科学推進センターを設立しセンター長として関西科学研究所との連携体制を強化した。また2009年、大阪大学内の全学的組織として光科学センターを立ち上げセンター長として大阪大学内の横断的連携協力の体制を強化した。これらにより、国内の高出力レーザーによる高エネルギー密度科学に関する研究を統一的にコーディネートし戦略的な事業推進を行うことが可能となった。

学生交換、研究者交流などの拠点機関による大学間協定に関しては、大阪大学—米国カルフォルニア大学は2002年度、英国ラザフォード研究所—大阪大学は2007年、度学術交流協定を結んでいる。仏国については、エコールポリテクニク—大阪大学の学術交流協定を2009年度、新たに結ぶことで0各国拠点機関との連携体制を強化した。

5. 今後の展望

今後、当該拠点の研究交流活動を持続的に展開してく上での将来展望について記載してください。

本事業では、高エネルギー密度科学という学際的・学術融合型の新しい科学領域の開拓が研究の目標であった。これを 1. 相対論プラズマ物性、2. 高圧凝縮物性、3. 固体—プラズマ中間体物性、4. 実験室宇宙物理、5. プラズマフォトンクスという 5 つのテーマに分けて共同研究がすすめられそれぞれにおいて大きな成果が得られている。このことからわかるとおり、それぞれのテーマが大きなテーマとして今後、発展していく、あるいは既に発展している。例えば実験室宇宙物理は、我が国が中心となり国際的な大型チームで国際研究が進められている。高圧物性・固体—プラズマ中間体物性は惑星科学や材料科学と密接に関連し幅広い連携が行われ大きな国内チームが育ってきている。これは高エネルギー密度固体物性として新たな展開が期待されている。今後、それぞれのテーマが独立にあるはいくつかのテーマが融合した形で大きく発展していくものと考えられるが、これこそ高エネルギー密度科学がもつダイナミズムを生かした展開と考えられる。

一方で、新しい技術の進展とともに、研究アプローチや国際連携の最適な体制も変化させる必要がある。その意味で、新しい局面に迅速に対応するためには、今後とも固定した組織ではなくバーチャルな組織による効率的・効果的な拠点を形成することが重要と考えられる。新たな局面に迅速に対応できる自由度とそれを支える予算的な背景によって初めて、競争力ある国際拠点が展開できると考えられる。例えば、最近、新しいレーザーとして X 線自由電子レーザーが、日本、米国に建設され、さらには欧州においても計画が進められ利用され始めている。この新しい技術の出現による高エネルギー密度科学の新たな局面に速やかに対応することで、競争力ある国際拠点を形成することが可能である。その核となるのは、本拠点事業で培った国際ネットワークと研究成果である。

既に上記、本事業で形成された高圧物性、惑星科学、材料科学の国内連合チームにより国内 XFEL 利用への展開が始まっている。欧米においても新しい展開がなされようとしている。本拠点事業の英国参加者が中心となり XFEL を利用した固体—プラズマ中間体物性に関する国際チームの形成と米国 XFEL での展開や本事業における仏国拠点機関による XFEL を利用した高圧物性に関する国際連携事業の新たな申請（一次審査をパス）がなされている。特に仏国からは、我々、高圧物性、惑星科学、材料科学の国内連合チームへ連携依頼が来ている。このような世界的な動きの中で、本事業で培ったポテンシャルを早急に活用・発展させ速やかに新たな局面に対応できる国際連携を支援することで、当分野における国際的なイニシアチブを持った拠点を形成することが可能である。またこのような変化と発展が期待できる場に、若手研究者や大学院生を参加させることこそ、変革とスピードが要求されるこれからの国際社会において我が国をリードする若手人材を育成する絶好の機会と考えられる。

このように、本拠点事業での成果と国際ネットワークを核にした人材育成を含めた新たな国際的な研究展開が期待できる。

6. 活動実績

(1)実施した「共同研究」について概略を記入してください。

1	研究課題・テーマ名	高エネルギー密度科学・相対論プラズマ物性
	実施期間	2007年 4月 1日 ~ 2012年 3月31日
	代表者 国名	日本
	所属機関・職・氏名	国立大学法人大阪大学・教授・田中和夫
2	研究課題・テーマ名	高エネルギー密度科学・高圧凝縮物性
	実施期間	2007年 4月 1日 ~ 2012年 3月31日
	代表者 国名	日本
	所属機関・職・氏名	広島大学・教授・関根利守
3	研究課題・テーマ名	高エネルギー密度科学・固体-プラズマ中間体物性
	実施期間	2007年 4月 1日 ~ 2012年 3月31日
	代表者 国名	日本
	所属機関・職・氏名	国立大学法人電気通信大学・教授・米田仁紀
4	研究課題・テーマ名	高エネルギー密度科学・実験室宇宙物理
	実施期間	2007年 4月 1日 ~ 2012年 3月31日
	代表者 国名	日本
	所属機関・職・氏名	国立大学法人大阪大学・准教授・坂和洋一
5	研究課題・テーマ名	高エネルギー密度科学・プラズマフォトンクス
	実施期間	2007年 4月 1日 ~ 2012年 3月31日
	代表者 国名	日本
	所属機関・職・氏名	国立大学法人大阪大学・教授・兒玉了祐
6	研究課題・テーマ名	
	実施期間	
	代表者 国名	
	所属機関・職・氏名	
7	研究課題・テーマ名	
	実施期間	
	代表者 国名	
	所属機関・職・氏名	
8	研究課題・テーマ名	
	実施期間	
	代表者 国名	
	所属機関・職・氏名	

※ 記入欄が足りない場合には、適宜追加してください。

(2)この研究交流課題に関連した主な発表論文等

本事業 研究交流課題の成果であり、本事業名が明記されている論文、著書、総説等について、記入してください。

整理番号	著者	事業名 明記箇所	タイトル	掲載誌名	巻号	掲載頁 番号 (開始 -終了)	発表年	発表月	国内/ 海外	査読 有/無	共著 有/無	相手国名 (共著 の場合)
1	N. C. Woolsey, C. D. Gregory, R. Kodama, M. Koenig, B. Loupias, S. A. Myers, A. Oya and Y. Sakawa	巻頭・巻末 042009_4頁	Laboratory plasma astrophysics simulation experiments using lasers	J. Phys. Conf. Ser.	112 (4)	042009_1 -042009_4	2008	6	海外	有	有	仏
2	Y. Sakawa, A. Oya, S. Dono, T. Kimura, N. Ozaki, B. Loupias, J. Waugh, H. Nagatomo, K. Shigemori, H. Takabe, T. Norimatsu, R. Kodama, M. Koenig, and N. Woolsey	巻頭・巻末 042009_4頁	Laboratory Experiments to Study Astrophysical Shock and Jets	J. Phys. Conf. Ser.	112 (4)	042020_1 -042020_4	2008	6	海外	有	有	-
3	N. Nakanii, K. Kondo, Y. Kuramitsu, Y. Mori, E. Miura, K. Tsuji, K. Kimura, S. Fukumochi, M. Kashihara, T. Tanimoto, H. Nakamura, T. Ishikura, K. Takeda, M. Tampo, H. Takabe, R. Kodama, Y. Kitagawa, K. Mima, and K. A. Tanaka	巻頭・巻末 081501_3頁	Spectrum modulation of relativistic electrons by laser wakefield	Appl. Phys. Lett.	93	081501_1 -081501_3	2008	8	海外	有	無	-
4	T Matsuoka, A Lei, T Yabuuchi, K Adumi, J Zheng, R Kodama, K Sawai, K Suzuki, Y. Kitagawa, T Norimatsu, K Nagai, H Nagatomo, Y Izawa, K Mima, Y Sentoku and K A Tanaka	巻頭・巻末 105011_15& 105011_16頁	Focus optimization of relativistic self-focusing for anomalous laser penetration into overdense plasmas (super-penetration)	Plasma Phys. Control. Fusion	50 (10)	105011_1 -105011_16	2008	9	海外	有	無	米
5	A. L. Lei, L. H. Cao, X. Q. Yang, K. A. Tanaka, R. Kodama, X. T. He, K. Mima, T. Nakamura, T. Norimatsu, W. Yu, and W. Y. Zhang	巻頭・巻末 020702_4頁	Guiding and confining fast electrons by transient electric and magnetic fields with a plasma inverse cone	Phys. Plasmas	16 (2)	020702_1 -020702_4	2009	2	海外	有	無	-
6	E. Brambrink, H. G. Wei, B. Barbreil, P. Audebert, A. Benuzzi-Mounaix, T. Boehly, T. Endo, C. Gregory, T. Kimura, R. Kodama, N. Ozaki, H.-S. Park, M. Rabec le Glohec, and M. Koenig	巻頭・巻末 033101_6頁	X-ray source studies for radiography of dense matter	Phys. Plasmas	16 (3)	033101_1 -033101_7	2009	3	海外	有	有	仏・米
7	N. Ozaki, T. Sano, M. Ikoma, K. Shigemori, T. Kimura, K. Miyanishi, T. Vinci, F.H. Ree, H. Azechi, T. Endo, Y. Hironaka, Y. Hori, A. Iwamoto, T. Kadono, H. Nagatomo, M. Nakai, T. Norimatsu, T. Okuchi, K. Otani, T. Sakaiya, K. Shimizu, A. Shiroshita, A. Sunahara, H. Takahashi and R. Kodama	巻頭・巻末 062702_5頁	Shock Hugoniot and Temperature Data for Polystyrene Obtained With Quartz Standard	Phys. Plasmas	16 (6)	062702_1 -062702_6	2009	6	海外	有	無	-
8	T. Tanimoto, H. Habara, R. Kodama, M. Nakatsutsumi, K. A. Tanaka, K. L. Lancaster, J. S. Green, R. H. H. Scott, M. Sherlock, P. A. Norreys, R. G. Evans, M. G. Haines, S. Kar, M. Zepf, J. King, T. Ma, M. S. Wei, T. Yabuuchi, F. N. Beg, M. H. Key, P. Nilson, R. B. Stephens, H. Azechi, K. Nagai, T. Norimatsu, K. Takeda, J. Valente, and J. R. Davies	巻頭・巻末 0062703_5頁	Measurements of Fast Electron Scaling Generated by Petawatt Laser Systems	Phys. Plasmas	16 (6)	062703_1 -062703_6	2009	6	海外	有	有	仏・米
9	J. N. Waugh, C. D. Gregory, L. A. Wilson, B. Loupias, E. Brambrink, M. Koenig, Y. Sakawa, Y. Kuramitsu, H. Takabe, R. Kodama, and N. C. Woolsey	巻頭・巻末 35頁	A Jet Production Experiment Using the High-Repetition Rate Astra Laser	Astrophysics and Space Science	322	31-35	2009	8	海外	有	有	仏

10	C. D. Gregory, J. Howe, B. Loupias, S. Myers, M. M. Notley, <u>Y. Sakawa</u> , A. Oya, <u>R. Kodama</u> , <u>M. Koenig</u> , E. Falize, S. Bouquet, C. Michaut, <u>N. C. Woolsey</u>	巻頭・巻末 40頁	Colliding Plasma Experiments to Study Astrophysical-Jet Relevant Physics	Astrophysics and Space Science	322	37-41	2009	8	海外	有	有	仏
11	E. Brambrink, H. G. Wei, B. Barbrel, <u>P. Audebert</u> , <u>A. Benuzzi-Mounaix</u> , <u>T. Boehly</u> , T. Endo, C. D. Gregory, <u>T. Kimura</u> , <u>R. Kodama</u> , <u>N. Ozaki</u> , H.-S. Park, and <u>M. Koenig</u>	巻頭・巻末 056407_4頁	Direct Density Measurement of Shock-Compressed Iron Using Hard X Rays Generated by a Short Laser Pulse	Phys. Rev. E	80(5)	056407_1-056407_5	2009	11	海外	有	有	仏・米
12	W. J. Murphy, A. Higginbotham, G. Kimminau, B. Barbrel, E. M. Bringa, J. Hawreliak, <u>R. Kodama</u> , <u>M. Koenig</u> , W. McBarron, M. A. Meyers, B. Nagler, <u>N. Ozaki</u> , N. Park, <u>B. Remington</u> , S. Rothman, S. M. Vinko, T. Whitcher, and <u>J. S. Wark</u>	巻頭・巻末 065404_5頁	The Strength of Single Crystal Copper Under Uniaxial Shock Compression at 100 Gpa	J. Phys. : Condensed Matter	22(6)	065404_1-065404_5	2010	2	海外	有	有	英・仏
13	<u>T. Kimura</u> , <u>N. Ozaki</u> , <u>T. Okuchi</u> , T. Terai, <u>T. Sano</u> , K. Shimizu, <u>T. Sano</u> , <u>M. Koenig</u> , A. Hirose, <u>T. Kakeshita</u> , <u>Y. Sakawa</u> , and <u>R. Kodama</u>	巻頭・巻末 054502_4頁	Significant static pressure increase in a precompression cell target for laser-driven dynamic compression experiments	Phys. Plasmas	17(5)	054502_1-054502_4	2010	5	海外	有	有	仏
14	尾崎典雅、佐野孝好、真下茂、佐野智一、兒玉了祐	巻頭・巻末 609頁	パワーレーザー拓く超高压と物質の世界	プラズマ・核融合学会誌	86(10)	604-610	2010	10	国内	有	無	-
15	<u>T. Iwawaki</u> , <u>H. Habara</u> , <u>T. Tanimoto</u> , <u>N. Nakanii</u> , <u>K. Shimada</u> , <u>T. Yabuuchi</u> , <u>K. Kondo</u> and <u>K. A. Tanaka</u>	巻頭・巻末 10E535_3頁	Development of multi-channel electron spectrometer	Review of Scientific Instruments	81	10E535_1-10E535_3	2010	10	海外	有	無	-
16	<u>K. Kurosawa</u> , <u>S. Sugita</u> , <u>T. Kadono</u> , <u>K. Shigemori</u> , <u>Y. Hironaka</u> , <u>K. Otani</u> , <u>T. Sano</u> , <u>A. Shiroshita</u> , <u>N. Ozaki</u> , <u>K. Miyanishi</u> , <u>T. Sakaiya</u> , <u>Y. Sekine</u> , <u>S. Tachibana</u> , <u>K. Nakamura</u> , <u>S. Fukuzaki</u> , <u>S. Ohno</u> , <u>R. Kodama</u> , and <u>T. Matsui</u>	巻頭・巻末 L23203_5頁	In-situ spectroscopic observation of silicate vaporization due to >10 km/s impacts using laser driven projectiles	Geophys. Res. Lett.	37	L23203_1-L23203_5	2010	12	海外	有	無	-
17	<u>T. Sano</u> , <u>N. Ozaki</u> , <u>T. Sakaiya</u> , <u>K. Shigemori</u> , <u>M. Ikoma</u> , <u>T. Kimura</u> , <u>K. Miyanishi</u> , <u>T. Endo</u> , <u>A. Shiroshita</u> , <u>H. Takahashi</u> , <u>T. Jitsui</u> , <u>Y. Hori</u> , <u>Y. Hironaka</u> , <u>A. Iwamoto</u> , <u>T. Kadono</u> , <u>M. Nakai</u> , <u>T. Okuchi</u> , <u>K. Otani</u> , <u>K. Shimizu</u> , <u>T. Kondo</u> , <u>R. Kodama</u> , and <u>K. Mima</u>	巻頭・巻末 054117_6頁	Laser-shock compression and Hugoniot measurements of liquid hydrogen to 55 Gpa	Phys. Rev. B	83(5)	054117_1-054117_7	2011	2	海外	有	無	-
18	<u>T. Morita</u> , <u>Y. Sakawa</u> , <u>Y. Kuramitsu</u> , <u>H. Tanji</u> , <u>H. Aoki</u> , <u>T. Ide</u> , <u>S. Shibata</u> , <u>N. Onishi</u> , <u>C. Gregory</u> , <u>A. Diziere</u> , <u>J. Waugh</u> , <u>N. Woolsey</u> , <u>Y. Sano</u> , <u>A. Shiroshita</u> , <u>K. Shigemori</u> , <u>N. Ozaki</u> , <u>T. Kimura</u> , <u>K. Miyanishi</u> , <u>R. Kodama</u> , <u>M. Koenig</u> , and <u>H. Takabe</u> ,	巻頭・巻末 286頁	Temperature Measurements of Electrostatic Shocks in Laser-Produced Counter-Streaming Plasmas	Astrophysics and Space Science	336(1)	283-286	2011	11	海外	有	有	仏
19	<u>M. Tsujino</u> , <u>T. Sano</u> , <u>T. Ogura</u> , <u>M. Okoshi</u> , <u>N. Inoue</u> , <u>N. Ozaki</u> , <u>R. Kodama</u> , <u>K. F. Kobayashi</u> , and <u>A. Hirose</u>	巻頭・巻末 022703-2頁	Formation of High-Density Dislocations and Hardening in Femtosecond-Laser-Shocked Silicon	Applied Physics Express	5(2)	022703_1-022703_3	2012	2	海外	有	無	
20	<u>T. Kono</u> , <u>A. Ishikawa</u> , <u>S. Misaki</u> , <u>A. Sunahara</u> , <u>S. Tanaka</u> , <u>T. Yabuuchi</u> , <u>Y. Hirooka</u> And <u>K. A. Tanaka</u>	巻頭・巻末 _____頁	Material Dependence on Plasma Shielding Induced by Laser Ablation	Plasma Fus. Research		in press	2012		海外	無	無	
21	<u>Okabayashi</u> , <u>T. Yabuuchi</u> , <u>H. Habara</u> , and <u>K. A. Tanaka</u>	巻頭・巻末 _____頁	Electron Energy Distributions Through Superdense Matter By Monte-Carlo Simulations	Journal of Physics		in press	2012		海外	無	無	

* コーディネーター・参加研究者の氏名にはアンダーラインを付すこと。

(3) 共同セミナーの開催実績について記入してください。(詳細は別表2により記入してください。)

(回)

	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度
国内開催	3	4	1	1	2
海外開催	1	1	3	3	0
合計	4	5	4	4	2

(4) 派遣・受入実績について記入してください。(詳細は別表3-1、3-2により記入してください。)

(名)

	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度
派遣人数	41	38	64	76	52
受入人数*	0	0	4	3	4

* 本事業経費により受け入れた人数を記入のこと。