

## 24. レーザーエネルギー学研究センター

I	レーザーエネルギー学研究センターの研究目的と特徴	24-2
II	分析項目ごとの水準の判断	24-3
	分析項目 I 研究活動の状況	24-3
	分析項目 II 研究成果の状況	24-9
III	質の向上度の判断	24-11

## I レーザーエネルギー学研究センターの研究目的と特徴

大阪大学レーザーエネルギー学研究センターは、高出力レーザーとその応用に関する研究・教育を推進するとともに、国内外の大学又は研究機関等の研究者の共同利用に供することを目的として設置された全国共同利用研究施設である。1973年の創設以来、大型レーザー装置開発とレーザー核融合等の応用研究をすすめ、高エネルギー密度状態の科学を内外の研究者と協力して開拓している。研究目的と特徴は以下の通りである。

### (1) 研究目的

1. 本センターは、高出力レーザーの科学技術を基盤として高エネルギー密度状態の科学とレーザー核融合研究を推進する。
2. 「パワーフォトンクス」「レーザー核融合学」「高エネルギー密度科学」「光・量子放射学」及び「レーザーテラヘルツ」の5研究部門を設置し(資料1)レーザーエネルギー学の体系化を目指している。
3. レーザーテラヘルツ研究では、新しい超高速光応答現象の発見、テラヘルツ技術の開発と応用、並びに超伝導フォトンクス分野の開拓を目指す。
4. パワーフォトンクス研究では、高出力レーザーの基盤技術を開発し、光科学技術の体系化と研究拠点の構築を目指す。
5. 高速点火核融合を核融合科学研究所と連携して推進する。
6. 文部科学省リーディングプロジェクト「極端紫外(EUV)光源開発等による先進半導体製造技術の実用化」を全国の大学や国立研究機関、産業界と協力し、推進する。
7. 日本原子力研究開発機構関西光科学研究所(以下、原子力機構・関西研)等と連携して「ペタワットレーザー駆動単色量子ビームの科学」の開拓を目指す。
8. レーザー宇宙物理研究では、高出力レーザーにより超高密度、超高温の極限的な物質状態を作り出し、実験室で宇宙現象の解明を進める。

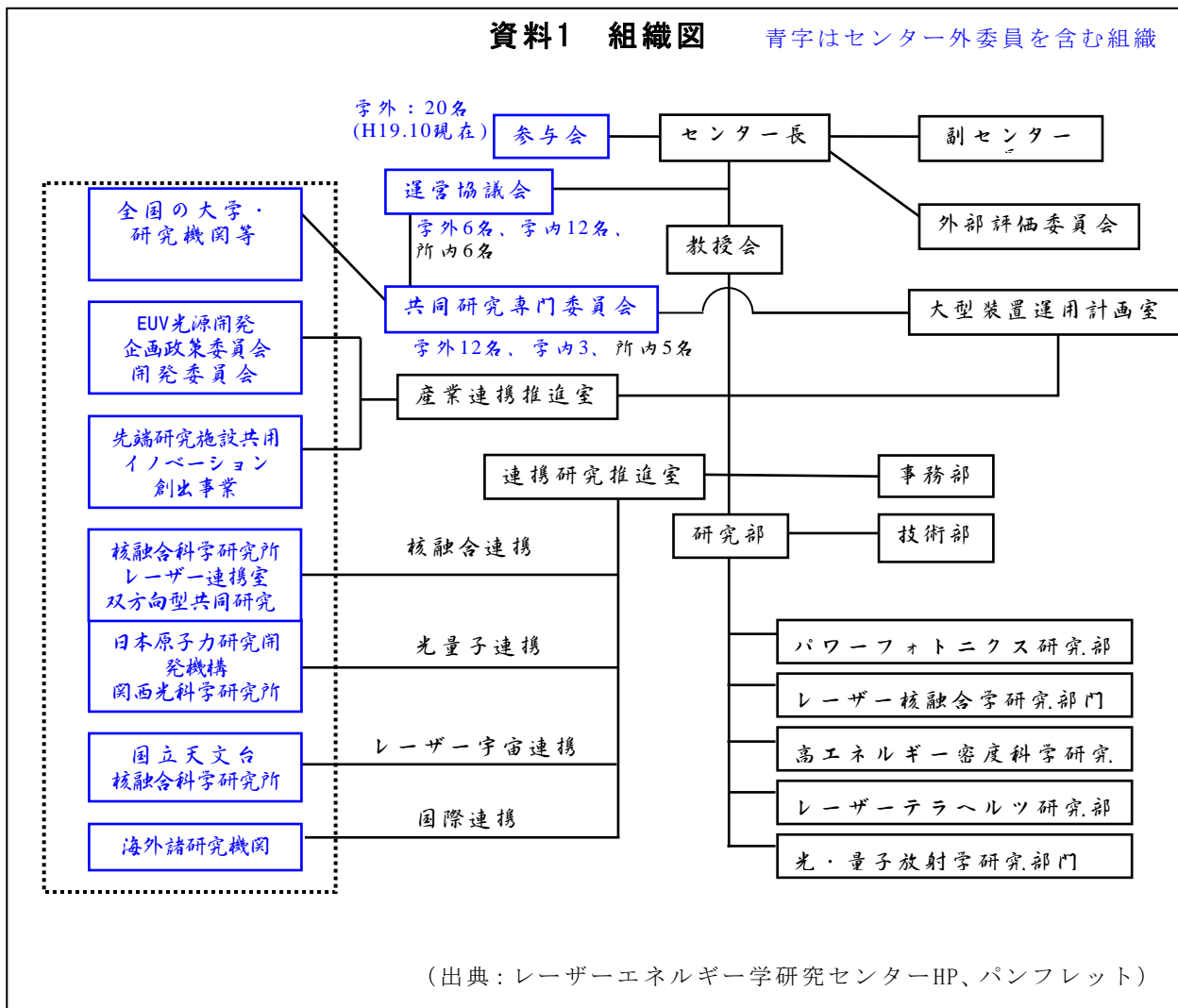
### (2) 特徴

1. 平成16年7月、テラヘルツ波から極端紫外(EUV)、X線、ガンマ線に至る幅広い周波数領域の高輝度電磁波の発生とその応用研究を進めるため、レーザーエネルギー学研究センターと超伝導フォトンクス研究センターとを統合・改組した。平成18年4月には、パワーフォトンクスと高エネルギー密度状態の科学の開拓を目指し全国共同利用施設に改組した。
2. 核融合科学研究所との連携ならびに双方向型共同研究により、世界最高出力のLFEXレーザー建設を行い、全国の大学等と協力して高速点火核融合の達成を目指すFIREX第I期プロジェクトを進めている。
3. 全国の大学、研究機関、産業界との共同研究を活性化するため、所内の窓口として大型装置運用計画室、連携研究推進室を設けるとともに先端研究施設共用イノベーション創出事業にも対応するため産業連携推進室を設けている。(資料1)

### [想定する関係者とその期待]

国内では、プラズマ核融合学会、レーザー学会、日本物理学会、日本応用物理学会等の関連学会より、高出力レーザーとそれにより開拓される高エネルギー密度状態の科学のコミュニティの形成と研究拠点としての役割が期待されている。海外からも、レーザー核融合研究等高出力レーザー利用研究の国際拠点としての役割が期待されている。

資料1 組織図 青字はセンター外委員を含む組織



## II 分析項目ごとの水準の判断

## 分析項目 I 研究活動の状況

## (1) 観点ごとの分析

**観点 研究活動の実施状況**

(観点に係る状況)

1. 多様な研究形態による研究の活性化・研究者の確保・研究資金の確保

各種競争的資金を獲得し(資料2(24-6頁))、学内他部局や外部研究機関と組織横断的に研究チームを構成し、現在8件のプロジェクト研究を推進している。さらに若手教員らをグループリーダーとする22の研究グループを設け、独自の発想を重視した研究の発展を図っている。各部門・グループによる研究を縦系に、プロジェクト研究を横系にして、研究の活性化・効率化を図っている。

研究部門・グループ・プロジェクト研究の遂行に必要な多様な研究人員の確保(H19年度：教員32名を含め総研究者数約100名(資料3、24-6頁)、また各種競争的資金の確保(H19年度総予算額約25億円(資料4-1、4-2、4-3、24-7頁))に努めた。

平成16年から19年までの受賞者のべ数は33件(教員一人当たり1回)(資料5、24-8頁)、論文発表511件(同16件)、学会発表1401件(同44件)を行った(資料7-1、7-2)。主な分野ごとの研究活動は以下の通りである。

2. パワーフォトンクス研究

高出力レーザー装置の開発とそのために使われる様々な光学素子、光学材料、波面制御技術などの開発研究を総合的に推進している。その成果として、世界最高出力のLFEXレーザーを建設し、核融合研究だけでなく高エネルギー密度状態の科学の研究に寄与している。

3. 高速点火核融合に関する研究

レーザー核融合発電の原理実証及び関連する物理現象の解明を進めている。特に、爆縮されたプラズマを超高強度レーザーで点火温度にまで加熱する高速点火プロジェクト：FIREX第I期(資料2A)を進めている。核融合科学研究所との双方向型共同研究による重水素クライオコールドターゲットの開発、加熱レーザーの建設、燃料の高密度圧縮・加熱プロセスの解明を行っている。

4. 高エネルギー密度状態の科学研究

ペタワットレーザーを用いた高エネルギー密度プラズマの研究を行っている(資料2E)。高出力レーザーを用いて惑星の内部構造等を解明するレーザー宇宙物理の開拓を世界に先駆け提唱し、無衝突衝撃波、電離非平衡原子過程、惑星内部状態方程式、テラヘルツ波センシング技術の4つのテーマについて研究を開始した(資料2G)。

5. 光・量子放射学研究

レーザー核融合研究により得られた研究資源を活用し、次世代の半導体製造リソグラフィ用の極端紫外光(EUV)光源開発の研究(資料2C)を実施した。また単色高エネルギー粒子(電子、イオン)やX線、テラヘルツ波等の発生物理やその応用を目的として、原子力機構・関西研と連携して「ペタワットレーザー駆動単色量子ビームの科学」を開始した(資料2F)。

6. レーザーテラヘルツ研究

未開拓電磁波であるテラヘルツ波について、その発生、検出、応用にわたる幅広い研究を実施している。テラヘルツ波用新材料、デバイス、分光・イメージングシステムの開発、並びにLSI診断、バイオ・医療、セキュリティ等への応用を進めている。また、新しい分野として超伝導体の超高速光応答を利用した超伝導フォトンクス分野の開拓を行なっている。

<b>観点 大学共同利用機関、大学の全国共同利用機能を有する附置研究所及び研究施設においては、共同利用・共同研究の実施状況</b>
---

(観点に係る状況)

#### 7. 全国共同利用化

全国共同利用施設としての活動開始に伴い、学内外の有識者からなる共同研究専門委員会を組織し、申請の採否や実験時間・予算配分等基本的な運営の重要事項の決定を委ね(資料1)、当センターの施設を利用した共同研究を国内外に募った。大型レーザー装置の共同研究提案については、共同研究専門委員会において申請者からのヒアリングを行い、その研究内容に対する評価を行った。また従来型の共同研究については、各専門委員が書類審査を行い、採否および予算配分額を決定した。2シフト制を導入して大型レーザー装置の運転時間を従来に比べて約1.5倍に増やした。このような新しい研究推進体制によって、はじめて実験時間の約半分程度を共同利用研究のために割くことが出来るようになった。共同利用研究者・研究機関は、約300人、130機関となった(資料6-1、24-8)。

#### 8. 多様な国内・国際共同研究の推進

上記共同研究に加え、核融合科学研究所との双方向型共同研究、他研究機関との連携研究(資料2)、民間との共同研究(資料6-2、24-8頁)等多様な共同研究を推進している。国際的には、多くの研究機関と交流協定を締結(資料6-3、24-9頁)し、激光XII号レーザーを用いた国際共同実験を行い、また国外の著名研究者を客員教授等として招聘するなど、国際的な人的交流や情報交換を展開している。その結果、資料7-1(24-11頁)に示すように外国人との共著論文は、総論文数の約1/3を占め、学会発表が年間、教員1人あたり平均10件、国際会議での発表が国内会議での発表と同程度である(資料7-2、24-11頁)など、活発な研究活動を展開している。

### (2)分析項目の水準及びその判断理由

(水準)期待される水準を大きく上回る

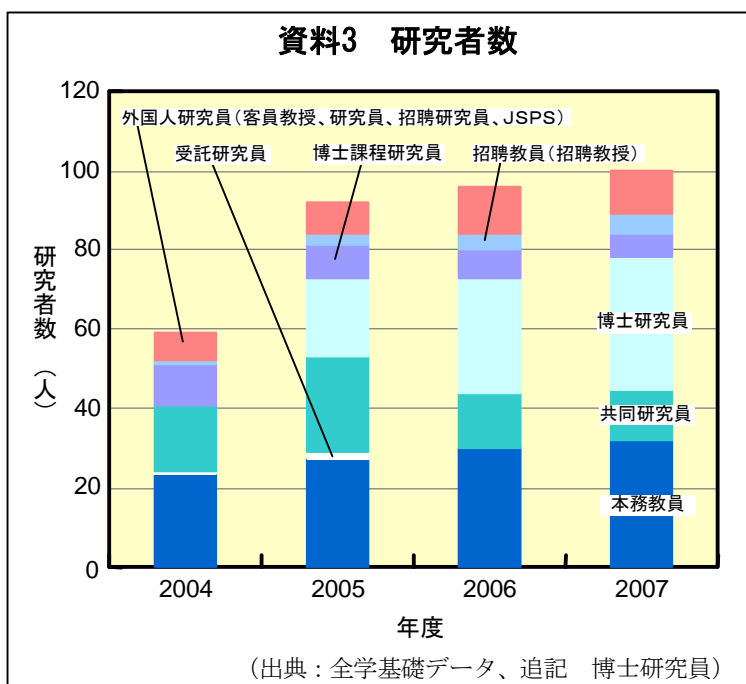
(判断理由)

外部の意見を取り入れた運営に基づく全国共同利用施設としての共同研究(共同研究者数約300名/内訳:分野重複を含め、プラズマ・核融合分野約150名、物理約150名、レーザー約100名、応用物理約100名、海外約40名(資料6-1))、民間との共同研究(資料6-2)、国際共同研究(資料6-3)等多様な共同研究を展開し、活発な研究活動を実施してきた。これらの研究を推進するため、多数の教員・研究員(H19年:約100名(資料3))を動員するとともに、研究費(H19年:約25億円(資料4-1))の確保を行った。

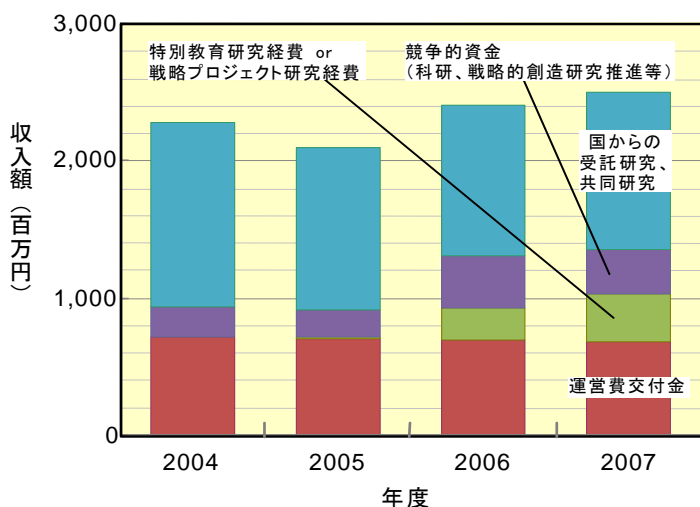
<資料2 プロジェクト研究>

番号	プロジェクト名	目的等概要	資金源等	開始年度(終了年度)	主な協力機関	研究参加者数		
						レーザー 研教員	レーザー 研特任 研究員 等	他部 局、 他研究 機関等
A	高速点火方式レーザー核融合(FIREX I期)	点火温度 5000 万度達成	核融合科学研究所・双方向型共同研究	2004～	核融合科学研究所	24	—	33
B	高エネルギー・高出力レーザー(LFEX)建設	10kJ, 10ps レーザー建設	文部科学省委託研究プロジェクト	2003(2007)		9	4 (累積)	8
C	レーザープラズマ光源(EUV-LP)	データベースの構築、光源プラズマ物理の解明、実用化への指針提供	文部科学省委託研究プロジェクト	2003(2007)	レーザー技術総合研究所、原子力研究開発機構・関西光科学研究所、核融合科学研究所、山梨大学、首都大学東京、北里大学、奈良女子大学、兵庫県立大学、九州大学、宮崎大学、経済産業省 EUVA など	10	10 (累積)	14
D	医療用テラヘルツ光診断システムの開発	テラヘルツ分光システムの開発 組織表皮層用断層イメージングシステムの開発	文部科学省委託研究リーディングプロジェクト	2003(2007)		3	1	0
E	ベタワットレーザーによる高エネルギー密度プラズマ物理(学術創成)	高密度の相対論プラズマの電磁流体現象、および高エネルギー粒子発生解明、100MeVイオン加速、多階層連続レーザープラズマ統合シミュレーションコードの開発	日本学術振興会科学研究費補助金(学術創成研究)	2003(2007)	核融合科学研究所、摂南大学、九州大学、日本原子力研究開発機構関西研究所、兵庫県立大学、宇都宮大学、光産業創成大学院大学	3	3	11
F	ペタワット単色レーザー(連続融合研究)	高エネルギー単色粒子、X線、テラヘルツ波の発生物理と高性能化、応用の実証、ならびにエキサイレーザー基盤技術開発	文部科学省委託研究特別教育研究経費	2006(2010)	日本原子力研究開発機構関西光科学研究所、京都大学、大阪大学工学研究科、医学研究科、大阪市大、東京工大、伊ミラノ大、仏 LULI など	12	4	25
G	レーザー宇宙物理の開拓(レーザー宇宙)	星の形成などに深く関与した高圧凝縮物質の物性、無衝突衝撃波、光電離非平衡プラズマ中の原子過程、テラヘルツ波センシング技術の開発	文部科学省委託研究特別教育研究経費	2007(2010)	国立天文台、首都大学東京、立教大学、京都大学、広島大学、東京大学、東京工大、英国ラザフォード研、フランス LULI、米リバモア研など	13	4	30
H	光科学基盤産業創成(産業共用)	世界有数の高強度レーザー群と分析・計測技術などを産業共用に開放し、光科学を基盤とした新産業創成を目指す	文部科学省委託事業	2007(2011)	浜松ホトニクス、住友電気工業、大塚電子、昭和オプトロニクス、岡本光学加工所、オキサイド、トクヤマ、福田結晶技術研究所など	7	4	30

資料3 研究者数

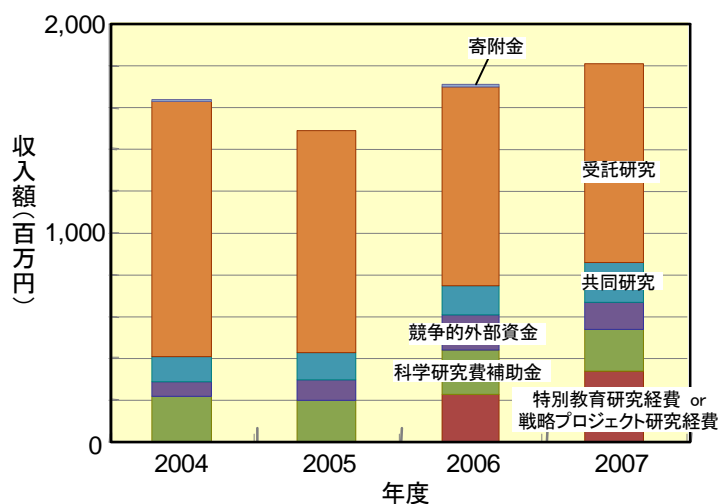


資料4-1 収入内訳



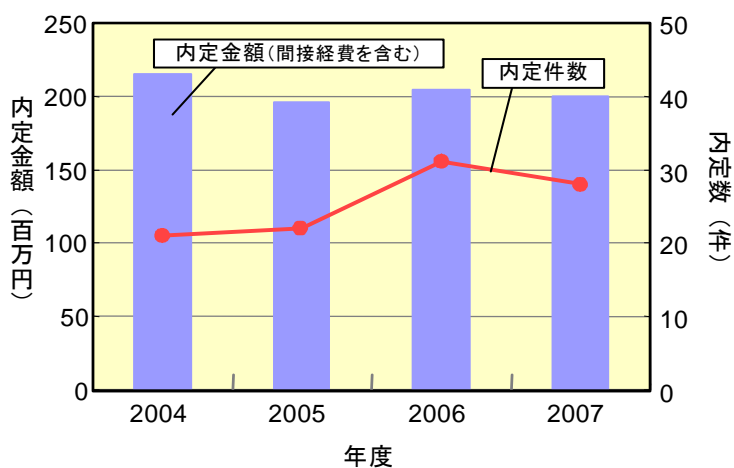
(出典：全学基礎データ、追記 運営費交付金、特別教育研究経費 or 戦略プロジェクト研究経費)

資料4-2 外部資金、競争的資金獲得状況

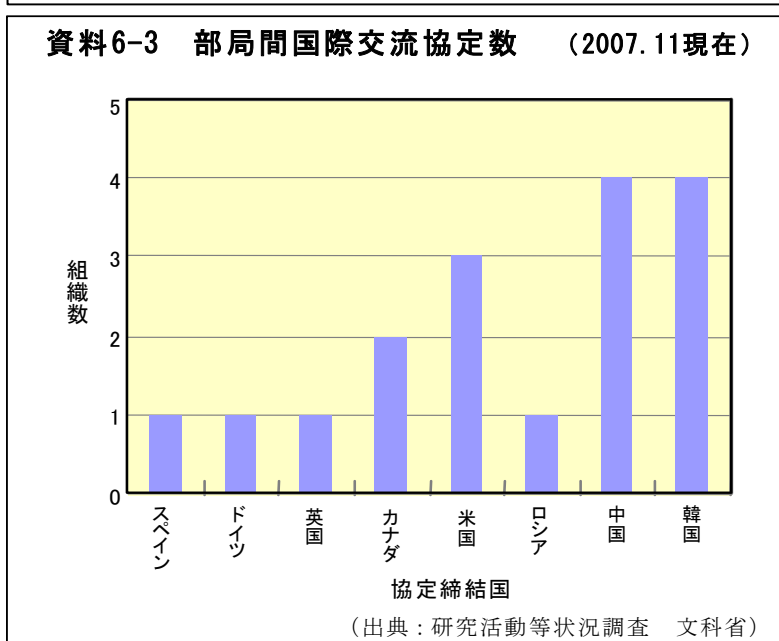
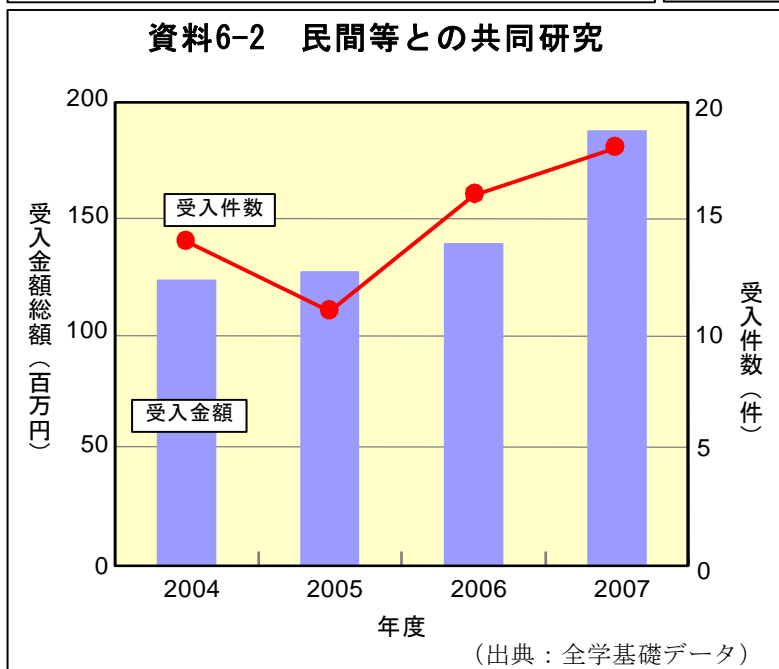
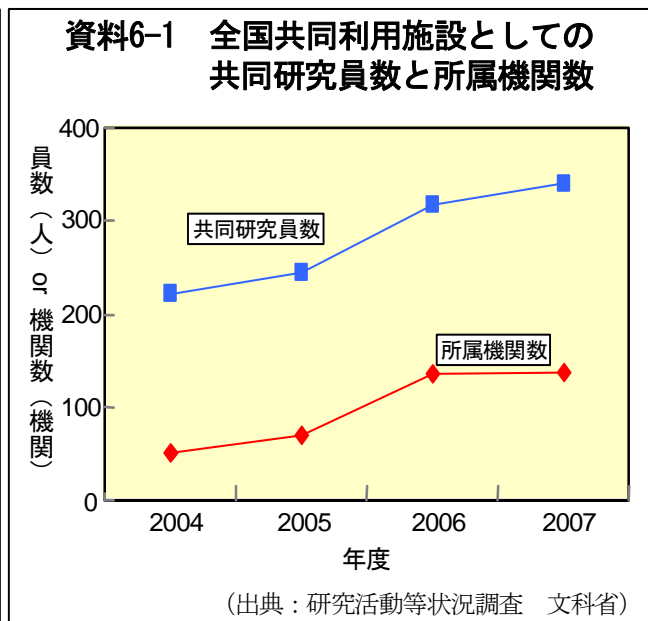
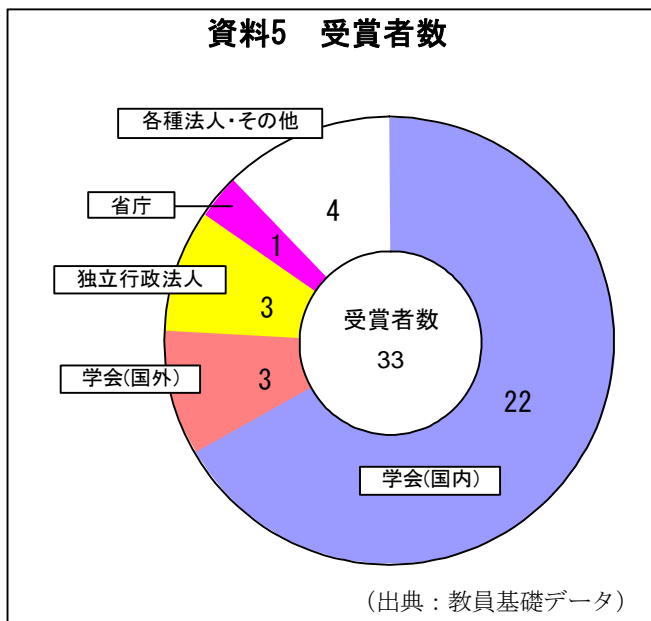


(出典：全学基礎データ、追記 特別教育研究経費 or 戦略プロジェクト研究経費)

資料4-3 科研費の内定状況



(出典：全学基礎データ)





## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

## (1) 観点ごとの分析

**観点** 研究成果の状況(大学共同利用機関、大学の全国共同利用機能を有する附置研究所及び研究施設においては、共同利用・共同研究の成果の状況を含めること。)

(観点に係る状況)

高出力レーザーを基盤としたレーザーエネルギー学の体系化を目指し、国内外の関連研究者とともに広範な共同研究を実施することにより、以下のような研究成果が得られた

### 1. パワーフォトンクス研究開発

固体レーザー素子や材料開発等の次世代レーザー基盤技術開発を行い、世界最高の効率(電気-光 40%)を実証した(業績 1008)。また核融合炉用ドライバや産業応用を目指したレーザーダイオード(LD)励起固体レーザー技術を開発し、世界最高クラスの 20 ジュール x 10 ヘルツ動作を実証した(業績 1012)。さらに、波形整形技術、大口径光学素子、波面制御、マルチパス増幅、高耐力誘電体回折格子等の先進レーザー技術を集結し、LFEX(世界最高出力)を建設した(業績 1012)。

### 2. 高速点火核融合研究の研究

燃料を球対称爆縮し自己点火させる手法である中心点火の問題点を克服し、かつ 1/10 の駆動レーザーエネルギーでより高い核融合利得が得られる高速点火核融合の研究を世界に先駆け開始した。これを受け、科学的実証を目指した FIREX 第 I 期プロジェクトを核融合科学研究所と連携して推進し、数多くの招待講演、論文引用、米国物理学会賞等を得ている(業績 1010)。また、高速点火レーザー核融合プラント「KOYO-Fast」の概念設計を行い、実用化への行程を明確にした。より安定な爆縮の提案(業績 1011)や、高速点火の可能性を広げる「衝撃点火」を世界に先駆け提唱するとともに、日米共同実験により概念実証を行った(業績 1013)。

### 3. 高エネルギー密度状態の科学の研究

レーザープラズマ相互作用による高エネルギー粒子発生やエネルギー輸送に関する統合コード開発(業績 1014)、革新的な自己相似解の発見(業績 1006)等の関連基礎研究や、これらの成果から派生した「高エネルギー密度プラズマフォトンクス」の提唱(業績 1005)を行った。また先進プラズマ診断技術を開発し(業績 1004)、原子力機構・関西研と連携して高エネルギー密度状態の科学の基盤を築いてきた。さらに、国立天文台等と連携して原始惑星形成の研究を行い(業績 1003)、惑星内部構造解明のためのレーザー実験を行うなど、レーザー宇宙物理研究を世界に先駆け提唱し、国際ワークショップの開催のきっかけを創った。

### 4. レーザープラズマ極端紫外(EUV)光源開発

世界最高の EUV 変換効率の実現、データベース構築(業績 1001)、低デブリ(光源から放射される不要な微粒子)化の理論と実証、最小質量ターゲットの提案と実証、原子モデルの改良、EUV 放射最適条件の提唱(業績 1002)を行った。これらの成果は、新聞報道(10 件)されると共に、経産省関連プロジェクトとの連携を通じて、産業界における装置化技術として採用されている。

### 5. レーザーテラヘルツ研究

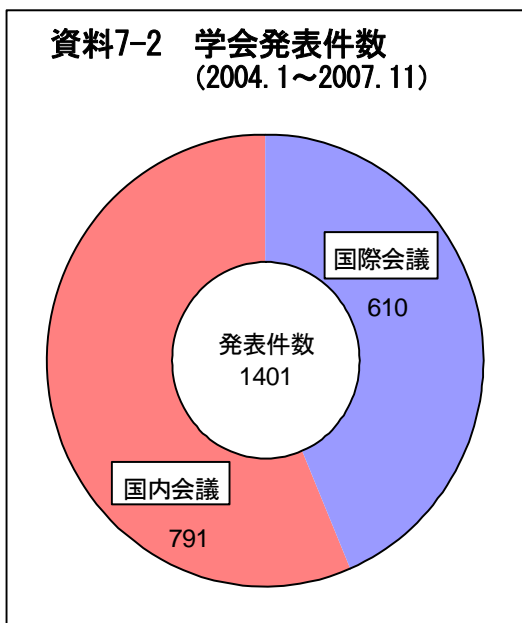
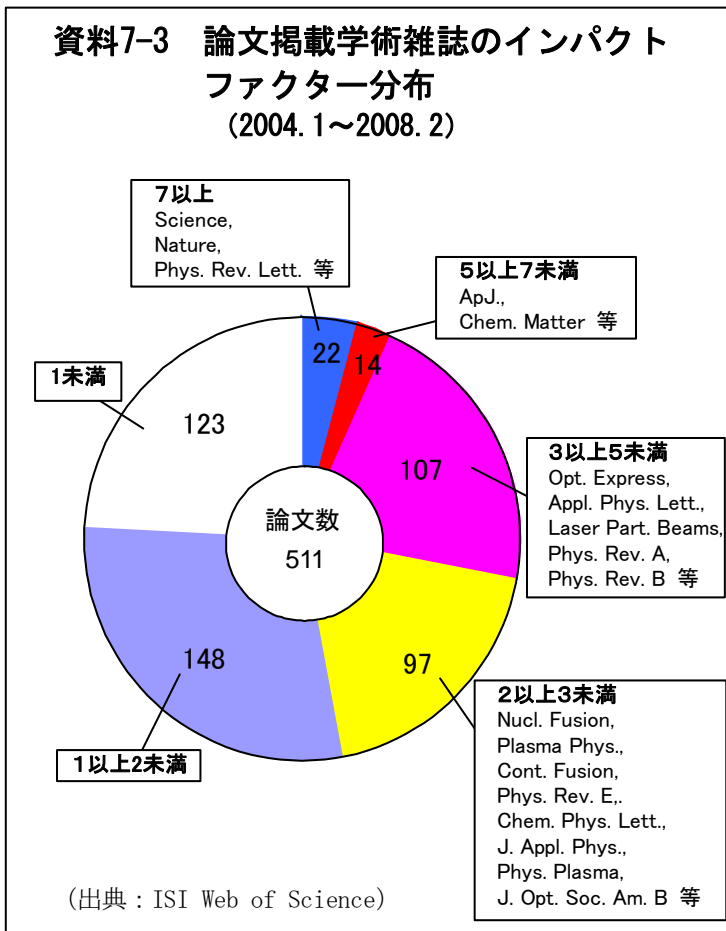
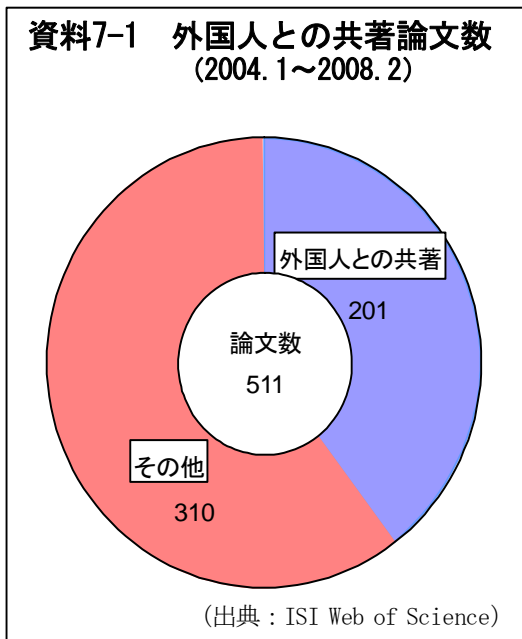
テラヘルツ技術に関して、世界に先駆けて多電極型の光伝導アンテナ素子、光通信帯のレーザーを用いたコンパクト分光システム、磁気光学分光システム、LSI 故障診断システム(業績 1009)、500 フレーム/秒の高速イメージングシステム等を開発した。この技術を、強相関電子系薄膜材料の評価、金属微細構造体の新しいテラヘルツ機能の発見(業績 1007)、

爆発物や引火性液体検出等、幅広い分野へ応用した。また、高温超伝導磁束量子フロートランジスタの高速光応答特性を実証し、超伝導フォトニクス分野の開拓に貢献した。

(2) 分析項目の水準及びその判断理由

(水準) 期待される水準を大きく上回る  
 (判断理由)

資料7-3 (24-11頁)に示すように、査読付き学術論文(総計511件)のうち、国際的に高く評価されるインパクトファクタ2以上の論文が約半数を占めており、レーザーエネルギー学における世界的研究拠点として当該分野を牽引するとともに、高いレベルの維持に貢献している。また、民間との共同研究により高出力レーザーを用いた応用研究を実施し、極端紫外(EUV)光源開発など、我国の基幹産業の発展にも寄与し、産業界からも高い評価を受けている。



### Ⅲ 質の向上度の判断

#### ①事例1「レーザーエネルギー学研究センターと超伝導フォトンクス研究センターとの統合・改組(平成16年7月)」(分析項目I)

法人化直後、両センターを統合することにより、高出力レーザーを用いてテラヘルツ波から極端紫外(EUV)、X線、ガンマ線に至る幅広い周波数領域の高輝度電磁波の発生と応用に関する新しい研究が推進される等のシナジー効果が生まれた。

#### ②事例2「全国共同利用施設化(平成18年度)」(分析項目I)

法人化後に進めた全国共同利用施設化により、他分野の研究者や海外の研究者、企業が参加する広範な共同実験が実施され、学生や若手研究者がこれに参加するなど、多様性のある新しい教育・研究環境が生まれるとともに、高出力レーザーとこれが生み出す高エネルギー密度状態の科学において学術融合型の研究が展開されている。大型装置運用計画室、連携研究推進室及び産業連携推進室(資料1)を設け、また大学の留保ポスト5名の増強を行うなど施設共同利用の活性化を図り、共同研究員数ならびに機関数がそれぞれ約1.5、2.8倍増加した(資料6-1)。この全共化により、高い研究水準を維持し(分析項目II)、インパクトファクタの高い学術誌に多くの論文が発表された(資料7-1)。

#### ③事例3「高速点火レーザー核融合 FIREX 第I期プロジェクトと双方向型共同研究」(分析項目II)

主力装置である世界最高出力のLFEXレーザーの建設が平成15年度に開始され、平成19年度に完成した。(資料2B)(業績1010,1012)。全国共同利用施設における主力装置として、核融合や量子放射学、レーザー核科学などの分野で国際競争力のある研究環境が提供できるようになった。

#### ④事例4「研究の新しい展開」(分析項目I)

平成18年度に原子力機構・関西研等との連携融合研究「ペタワットレーザー駆動単色量子ビームの科学」(資料2F)、また平成19年度には国立天文台等との連携により「レーザー宇宙物理の開拓」(資料2G)を開始することにより、センターの共同研究拠点化が進んだ。

#### ⑤事例5「先端研究施設共用イノベーション創出事業(平成19年度)」(分析項目I)

世界有数の高出力レーザー等を民間企業に開放し、光科学を基盤とした産業創成(10課題採択)研究を開始し、共同利用・共同研究拠点として産業界をまきこんだ活動を開始した。これらの研究は、高エネルギー密度状態の科学や核融合研究の発展等に貢献しており、共同利用・共同研究に資することが可能となった。