

# 学部・研究科等の現況調査表

## 研 究

平成20年6月

自然科学研究機構



# 目 次

1. 国立天文台	1-1
2. 核融合科学研究所	2-1
3. 基礎生物学研究所	3-1
4. 生理学研究所	4-1
5. 分子科学研究所	5-1



# 1. 国立天文台

I	国立天文台の研究目的と特徴	1-2
II	分析項目ごとの水準の判断	1-2
	分析項目 I 研究活動の状況	1-2
	分析項目 II 研究成果の状況	1-3
III	質の向上度の判断	1-5

## I 国立天文台の研究目的と特徴

- 1 わが国の天文学研究の中核的機関として第一線の天文観測施設を擁し、全国の研究者の共同利用に供するとともに、共同研究を広く組織し、また国際協力の窓口として、天文学及び関連分野の発展に寄与することを目的としている。
- 2 広範な天文学分野において、太陽系からビッグバン宇宙までを対象とした研究を進める。国内外観測所及び観測施設を活用した最先端の観測天文学の推進を行う。
- 3 超高速計算機を開発し、これを活用したシミュレーション天文学や理論天文学の更なる推進を目指す。
- 4 最先端の技術を用いて新鋭観測装置の開発・整備に努めるとともに、新たな科学技術の基盤の創成にも寄与する。
- 5 大型望遠鏡、観測装置、計算機等の開発研究や整備及び運用を円滑に行う。
- 6 天文学に関する一般への情報発信に努め、天文学研究への社会的関心に答える多彩な広報普及活動を行う。

### 【想定する関係者とその期待】

大学及び研究機関の天文学と関連分野の研究者から、世界トップレベルの観測手段を開発・運用して共同利用に供することで日本の天文学研究の推進に資することが期待されている。また、大学院生を含む若手研究者を優れた研究環境で人材育成することも期待されている。

世界の天文学者・天文研究機関から、国際的に開かれた研究所として国境を越えた共同研究や共同開発、役割分担を積極的に推進することが期待されている。

一般社会から、市民の知的関心に応える最新の研究状況の発信、わかりやすい解説や普及活動の促進が期待されている。

## 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)

太陽系からビッグバン宇宙までを対象とした広範な天文学分野において国内外や宇宙飛行体搭載の第一線の天文観測施設を駆使した観測天文学、及び、超高速計算機システムを活用したシミュレーション天文学や理論天文学の研究を推進し、国際的にも注目度の高い成果を挙げた。

最先端の技術を用いて新鋭観測装置の開発・整備に努め、国際共同建設事業の電波天文台 ALMA (アルマ) のアンテナや受信機等の開発と製作、科学衛星「ひので」の搭載機器の開発研究、超高速専用計算機 GRAPE の開発研究、すばる望遠鏡のレーザーガイド補償光学装置の開発製作等、大型望遠鏡、観測装置、計算機等の開発研究や整備及び運用を円滑に行うことで大きな実績を示した。

以上の研究成果に基づく平成 16-19 年の 4 年間の原著論文数は 1461 編 (資料 01-1) あった。天文学に関する一般への情報発信に努め、天文学研究への社会的関心に応える多彩な広報普及活動を展開し、惑星の新たな定義策定への寄与や、小学生の天文知識の調査などで初等中等教育や教科書編成などに影響を及ぼした。この間の新聞報道数は 719 件 (資料 01-2)、ホームページのアクセス数は平成 19 年度で 142,049,388 件 (ヒット数。ページ閲覧数は 48,772,0981 件。) に上る。獲得した外部資金の総計は、4 年間で 2,646,800 千円 (科学研究費補助金 1,825,280 千円、科学技術振興調整費 461,754 千円、受託研究費 350,545 千円、民間との共同研究 9,221 千円) であった (資料 01-3)。

##### 観点 共同利用・共同研究の実施状況

(観点に係る状況)

国立天文台では、すばる望遠鏡をはじめとして共同利用に供している観測手段は、分野の国際的標準にならない、外部の研究者が主体の「望遠鏡時間配分委員会 (Time Allocation Committee)」が、応募申請に対し、科学的意義に基づく審査を行って、採択・時間配分を決定している (資料 01-4-a、01-4-b)。

ハワイ観測所では、望遠鏡・観測装置の保守運用・機能向上を精力的かつ効果的に実行することで保守用の時間数を削減し、共同利用に供する夜数は4年間で915夜と順調に運用を続けた。すばる望遠鏡は円滑な共同利用と共同研究を推進し、観察効率は悪天候による観測不可能時間を除外して平均95%である。この数字は他の主要な8m級望遠鏡と比較して、高い評価が得られている(資料01-8)。

野辺山宇宙電波観測所、岡山天体物理観測所、野辺山太陽電波観測所、太陽観測所・乗鞍コロナ観測所では恒常的に共同利用観測を実施し、4年間でそれぞれ283、97、184、33の観測計画を採択した。その他、国際協力による重力波検出実験装置TAMA300の米国LIGOとの同時観測データの解析、天文データセンターが提供するデータベース・アーカイブデータ利用、先端技術センターの施設利用や共同開発研究など、多様な共同利用・共同研究活動が展開され成果を挙げた。ベクトル型スーパーコンピュータ、N-体シミュレーションのための専用計算機(GRAPE)等を共同利用に供し、課題数は4年間で2451件にのぼる。

VERA(天体広域精測望遠鏡)は本来、天の川銀河系の運動と構造解析(地図作り)というプロジェクト指向の計画であるため、公募研究は全体の観察時間の15%が割り当てられ、平成16-18年間で19件、528時間が採択された。

国立天文台は日米欧国際共同アルマ事業を、平成16年度から開始した。国際分担は(1)7mアンテナ12台+12mアンテナ4台と専用相関器で構成されるアタカマ密集型干渉計(ACA)システムの設計および製造、(2)アルマの全アンテナ80台に対する3つの受信機周波数バンド(バンド4, 8, 10)の設計および製造、(3)共通インフラストラクチャーへの貢献、である。ACAシステムの開発では平成19年度末までに12mアンテナ4台と専用相関器の製造とチリ設置を完了した。7mアンテナの設計も進み、いまやアンテナ建設等ではフロントランナーとなっている(資料01-9)。

一方、国立天文台内に設立された「ひので(太陽観測衛星)科学センター」は、「ひので」衛星データの科学解析の世界的中枢機関の役割を果たしている。国内外の研究者へ「ひので」観測データ解析環境を提供し、データの配付、データベースの構築を行うことにより観測データへのアクセスを容易にし、その科学的成果を最大化するとともに、国内外の研究者との共同研究を活性化させている(現在ユーザー登録数111名、海外の研究者数29名)。

また、国立天文台は中国国家天文台、韓国天文研究院、台湾中央研究院と共同で、東アジア中核天文台連合(EACOA)を結成し、毎年会合を開き、東アジア地域の天文学の将来像について議論を重ねている(資料01-15)。

## (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)

共同利用研究所として全国の関連研究者に、世界トップレベルの研究手段を提供することと、自らもCOEとして中枢的研究拠点となることの両方を、期待される水準以上にやりとげたと判断した。すばるの共同利用で得られた国内外の研究成果は、論文の質・量ともに国際的な水準を満たし(資料01-7)、また、科学衛星「ひので」の可視光望遠鏡で、回折限界のシャープな像が得られたことで初期成果が生み出されていること(資料01-10)、アルマの12mアンテナ4台が欧米より先に現地組立完了したこと(資料01-14)など、最先端装置の開発研究でも大きな成功を収め国際的にも高い評価を受けていることから、期待を大きく上回る水準を達成していると判断した(資料01-13)。

## 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(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)

広範な天文学分野において、観測的研究及び理論的研究を推進し、大きな成果を挙げた。特筆すべき成果としては、

#### ① ハワイ観測所

最も遠方の銀河を発見し、宇宙が誕生して未だ10億年も経っていない原始の時代や、初期天体の光で宇宙が再び電離した時代の解明を進め(88-01-1001、88-01-1017、資料01-6)、銀河系において、物質が原始状態に近い非常に初期の段階で誕生したと推測される、最も鉄含有

量が少ない星を発見し(88-01-1002)、初期宇宙の理解に新たな知見をもたらした。太陽系外惑星等の観測的研究では、原始惑星系円盤の多様性の観測(88-01-1003、88-01-1004)や、これまでにない高密度の惑星の存在を新たに発見する(88-01-1006)成果を挙げた。

更に、次世代の補償光学装置の開発製作が完了してレーザーガイド星の機能が付け加わったことで、世界最高水準のシャープな星像が実現し(88-01-1016)、一方で全く新たなアイデアから太陽系外の惑星探査に極めて有効な装置の開発研究を進め(88-01-1005)、赤い光でこれまでの2-3倍の量子効率をもつ新型検出器の開発研究(88-01-1030)など、観測装置の開発研究でも着実な成果を挙げた。

## ② アルマ計画

日米欧ですすめている南米のチリに建設中の国際プロジェクト「アルマ」において、我が国が担当しているACAシステムの開発製作では、サブミリ波が受信可能な高精度の12m鏡4台の製作・チリ輸送・現地組立が完了し、この1台を用いて電波望遠鏡としての目標精度を達成したことを示す試験観測をするなど、極めて順調に建設をすすめている(88-01-1007、資料01-9、01-14)。

電波天文学の発展に不可欠な低雑音・広帯域の受信機開発でも、既存の受信機を質的かつ量的に凌駕するミリ波受信機・サブミリ波受信機の開発をすすめ、独自に考案された「並列多接合型SIS素子」によって、従来の受信機では実現しえなかった極めて厳しいアルマ受信機仕様を満足することを実験的に実証し、アルマの実現に大きく前進した(88-01-1015)。また、信号伝送に関しても新たな方式の開発研究がなされた(88-01-1018)。

## ③ 太陽観測衛星「ひので」

世界初の衛星搭載の可視光太陽望遠鏡は国立天文台の主体で開発・製作され、口径50cm望遠鏡の回折限界(波長 $\lambda \sim 5000 \text{ \AA}$ で空間分解能0.2秒角)を達成した。また、X線望遠鏡(XRT)の検出器系の開発・製作、世界ではじめて遷移層・コロナの速度場観測を行う極端紫外線撮像分光装置(EIS)の設計製作に貢献した。研究成果は、Science誌に特集号が組まれたことなど、質量ともに豊富な太陽物理学研究のフロンティアを切り開いている(88-01-1008、1009、1010、1019、1020、資料01-10)。

## ④ 水沢 VERA 観測所

天文学の最も基本的観測手法である年周視差による天体距離の計測で世界最高の精度を達成し、もっとも遠い1万5千光年の天体ほか、恒星-惑星系形成の理解で重要な天体であるオリオンKL天体など複数の天体について距離を世界最高精度で決定した(88-01-1011、1021、1022資料01-11)。

## ⑤ 超高速専用計算機 GRAPE の開発とシミュレーションおよび理論研究

超高速計算機システムを開発し、これを活用したシミュレーション研究や理論天文学研究の分野では、「GRAPE-DR」計画において、2ペタフロップスのピーク速度を持ちプログラブな並列コンピュータの開発が進んでいる。本システムのためのプロセッサチップは512ギガフロップスのピーク速度があるカスタムデザインチップであり、この速度は現在、シングルチップで世界最高速であり、また、電力消費量はわずか65Wで、スーパーコンピューティングのための最もエネルギー効率のよいチップである(88-01-1012、資料01-12)。

一方この間に、この計算機資源を用いて出版された査読論文は、この4年間で総数239である。顕著な成果としては、地球型惑星の要素や特徴を、多数の多体シミュレーションを行うことによって統計的に明らかにした(88-01-1013)ほか、宇宙磁場の起源、重元素の全くない宇宙初期の星形成理論、超新星爆発における元素合成、等で世界第一線の成果が生み出された(88-01-1014、1025、1026、1027)。

## ⑥ その他広範な天文学分野、広報活動

国立天文台では上記以外でも、野辺山45m電波望遠鏡、アタカマ・サブミリ波望遠鏡(ASTE)、岡山天体物理観測所、野辺山太陽電波望遠鏡、天文データセンター等で共同利用を行い(資料01-4-a、01-4-b)、近傍銀河のCO(一酸化炭素分子)分布アトラス、暗黒星雲のダスト分布やサブミリ波銀河の発見などの成果をあげ(88-01-1023、1024)、さらに国際ヴァーチャル天文台連合(IVOA)への貢献、重力波検出実験での実験研究(88-01-1029、1030)などの成果があった。

惑星の再定義問題や小学生の天文知識調査などで教科書や学習指導要領などの教育行政に影響



響を及ぼす広報普及活動を行った（88-01-1031、1032）。

## （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）

上記の主要な研究成果の多くは、天文学の分野ではインパクトファクターで上位の国際誌に掲載され、多数の引用や国際会議での招待講演、あるいは新聞報道の対象になって国内外に大きな反響を呼んだ。さらに、文部科学大臣表彰等の授賞も受けている（資料 01-5）。特に、すばる望遠鏡では、4年間で延べ2320人が採択された観測提案に参加しているが、その内1/3の676人が外国人研究者であることは、国際的に高い関心を集めていることを示すものである。また、先端的装置の開発研究では、「ひので」衛星の可視光望遠鏡が世界で初めて、衛星搭載で稼動しているものであり、これまでの地上からの観測に較べて最高の性能を有する観測手段として世界中の関連研究者が利用して多くの成果を挙げ（平成19年度までで96編の査読論文）、アルマの日本分担分のアンテナと受信機が性能と工程確保の両面で欧米パートナーを凌いでいること（資料01-14）からも、国際的な水準の高さを示している。

## Ⅲ 質の向上度の判断

### ① 事例1「すばる望遠鏡の共同利用による成果」（分析項目II）

（質の向上があったと判断する取組）

共同利用による査読論文は4年間の平均で年間76編が掲載され、平成19年には93編であった。このことは、採択された観測（年間約100件）の大部分が論文出版という成果を生んだことを意味し、すばるによって得られる観測データの質の高さを示している。論文の引用度数も世界中の同程度の望遠鏡の平均より上回っており、すばる望遠鏡は総じて、世界最高レベルの科学的成果を生みだしていると言えることができる（資料01-7）。

### ② 事例2「すばるの運用効率」（分析項目I）

（質の向上があったと判断する取組）

すばるは、第一世代の観測装置として、8台の装置を運用してきた。8m級では一台の望遠鏡当りで最大の装置数であり、利用者に多様な観測モードを提供できる反面、装置の交換作業が必須となり交換直後の作動不安定性というリスクを伴う。すばるはこれを克服し、望遠鏡と装置を適切に保守して滞りない装置交換を実行することで95%という高い観測効率を維持している。すばるは現在、8m級望遠鏡で常時の装置交換を行って観測の幅を広げている唯一の天文台である（資料01-8）。

### ③ 事例3「アルマ建設における国際的リーダーシップ」（分析項目I）

（質の向上があったと判断する取組）

米欧と協力して進めているアルマ計画においては、平成19年10月より国立天文台アルマチリ事務所をサンチャゴに設置し、合同アルマ事務所（JAO）との協力体制を確立すると共に、最高決定機関であるアルマ評議会への参加、米欧装置建設チームとの協議などを通じてアルマ建設における連携を引き続き強化した。年度の後半には、日本が担当するACAアンテナ16台のうち4台（直径12mのアンテナ）が現地での組み立てを完了した。また、EASAC（東アジア科学諮問委員会）、国際学会、研究会などでのアルマによるサイエンスの方針についての議論を通じてプロジェクトに対する国内外コミュニティの協力を深めた。また、自然科学研究機構と台湾中央研究院との間のアルマ建設に関する協力協定にもとづき、具体的な協力に関する協議を進め、アルマへの参加を通じた東アジア天文学の質の向上を図った。

### ④ 事例4「東アジア天文学連携の推進」（分析項目I）

（質の向上があったと判断する取組）

平成19年8月に東アジア中核天文台連合（EACOA）の台長会議が中国国家天文台（北京）で開かれ、平成20年4月からの3年間、EACOA事務局を日本の国立天文台に置くことなど、本格的活動のための体制整備が進められた。EACOAでは、東アジアVLBI観測網コンソーシアムを形成し、韓国、

中国と日本国内の VLBI 観測との試験観測を進めた。また、普賢山天文台（大韓民国）、興隆天文台（中華人民共和国）及び岡山天体物理観測所の三者が協力し、東アジア系外惑星探査ネットワークを構築して、共同観測を行った。こうした東アジア連携は、日本一国では不可能な、時間の継続性や空間分解能を持った観測手段を構築するものである。更に、平成 20 年 3 月には、国立天文台三鷹キャンパスにおいてアジア冬の学校を開催し、広く東アジアの若手研究者の交流と育成に努めた。（資料 01-15）

⑤ 事例 5 「ひので衛星による太陽物理学研究の推進」（分析項目 I）

（質の向上があったと判断する取組）

自然科学研究機構内の分野間連携研究により、平成 17 年度より核融合科学研究所、分子科学研究所の研究者（総数 30 名前後）との共同研究を進めている。「ひので」データ解析を目的として、ひので科学センター解析システムに共同利用アカウントを持つ研究者は、平成 19 年 12 月 10 日現在で、国内 111 名、外国 29 名に達している。共同研究の奨励のため、データ解析講習会、少人数でテーマを定めて、データの集中解析を行うワークショップ（CDAW）を開催した。

## 2. 核融合科学研究所

I	核融合科学研究所の研究目的と特徴	2-2
II	分析項目ごとの水準の判断	2-2
	分析項目 I 研究活動の状況	2-2
	分析項目 II 研究成果の状況	2-3
III	質の向上度の判断	2-5

## I 核融合科学研究所の研究目的と特徴

- 1 制御熱核融合の実現を目指した核融合科学とその基盤となるプラズマ物理学、炉工学等において、学術的体系化を図り、世界に先駆けた成果を上げる。このため、国内外の中核機関として、共同利用・共同研究を促進するとともに、幅広い研究の進展に寄与する。
- 2 大型ヘリカル装置(LHD)を用いて実験を行い、核融合科学体系化の柱となるヘリカル系の物理の体系化や環状プラズマの総合的理解を図る。このため、核融合条件を見通せるLHDプラズマの高性能化を目指す。
- 3 プラズマの振る舞いの予測が可能な水準のシミュレーション研究を推進する。同時に、シミュレーション科学の確立を目指す。
- 4 大学等と双方向性を持った共同研究を推進するための制度を構築し、プラズマの高性能化に必要な物理機構の解明等を、大学等の装置・設備を有機的に活用して進める。また、大学等における核融合・プラズマ研究の活性化を図る。
- 5 原子分子データ等の核融合基礎データの評価・集積・公開などを推進し、関連する幅広い分野で共同研究の中核機関として活動する。また、大学、企業等と様々な連携研究を進める。
- 6 核融合炉を目指した炉工学研究の中核として、大学等との連携を図り、研究の集約を進め、幅広い工学研究の進展に寄与する。

最終的な研究目的が「制御熱核融合の実現を目指した核融合科学の体系化」に絞られるものの、種々の研究活動と幅広い分野に広がる研究の個々の研究目的を統合したものとなっている点が特徴である。

### 【想定する関係者とその期待】

大学等の核融合科学研究者、基礎・応用プラズマ研究者等から、LHDを中心とした学術研究の進展と、これの推進、また、大学等の研究の活性化のため、共同利用・共同研究の更なる展開が期待されている。さらに、優れた研究環境で、大学院生、若手研究者を育成することも期待されている。

他分野及び企業の研究者から、研究交流の促進と、新たな学際分野や高度知財の創出を期待されている。

社会から、エネルギー・環境問題解決のため核融合エネルギーの早期実現に貢献する学術研究の進展を期待されている。

## 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

<b>観点 研究活動の実施状況</b>
---------------------

(観点到に係る状況)

LHDでは、核融合条件(温度1億2千万度、密度100兆個/cc、閉じ込め時間1秒)に近い領域で学術研究を進めるため、独創的アイデア、実験で得られた知見、研究開発した機器等を活かして、研究を進めた。その結果、中期計画期間中に約3倍にすることに成功した7,900万度のイオン温度、核融合条件の10倍を超える1,100兆個/ccの超高密度、さらに54分28秒の定常放電等、核融合エネルギー実現への展望を大きく拓くプラズマパラメータを実現した。また、高性能プラズマの背景にある閉じ込め物理に代表される理論・シミュレーション研究も、世界に先駆けて進展させた。このように、核融合科学の体系化等の目標に向けて総合的に研究活動を実施した。

上記活動の結果、平成16～19年度における受賞は23件を数えた(資料02-1)。査読有論文は、同4年間で計1,241件、うち所外研究者が筆頭の論文も半数程度ある(資料02-2)。核融合分野の代表的専門学術誌であるNuclear FusionやPlasma Physics and Controlled Fusionにおいて総論文数に占める割合は、それぞれ13.6%、5.2%(平成19年)と高い状況である(資料02-3)。主要な国際会議等も、4年間で10件主催し(資料02-4)、国際的研究拠点の役割を果たしている。新聞発表数も年々増加しており、平成19年度には57件に上った(資料02-5)。科学研究費補助金(毎年度約70件の採択)をはじめとした競争的研究資金、民間との共同研究、受託研究、寄付金など外部資金の獲得にも積極的に取り組んでいる(資料02-6)。核融合技術の産業応用の観点から、マイクロ波の応用に代表される産学連携、特許取得にも注力しており、同4年間での特許取得は21件に及んでいる(資料02-7)。

<b>観点 共同利用・共同研究の実施状況</b>
--------------------------

(観点に係る状況)

国内外の共同研究推進体制の整備・拡充を行い、幅広く活発な共同研究を展開した。共同研究に3つのカテゴリー(双方向型(資料 02-8)、LHD 計画、一般)を設け、様々な形態の研究課題(資料 02-9)に柔軟に対応できる体制を構築するとともに、所内委員数より多い外部委員を含む共同研究委員会が、コミュニティの意見を取り入れて、課題の採択・予算配分・評価を行うなど、透明で公平な運営を行った。採択課題数、共同研究者数、共同研究経費ともに着実な拡大を続けている(資料 02-10、02-11)。

平成 16 年度から他分野に先駆けて開始したネットワーク型の共同研究である双方向型共同研究は、全国共同利用機関である本研究所から、参画している大学の 4 センター(資料 02-8)に研究者が赴く、一般共同研究(大学等の研究者が本研究所に来所)とは研究者の動きが逆の仕組みとなっている。加えて、これらの 4 センターに全国共同利用の機能を持たせたことにより、センターと全国の大学の研究の更なる活性化が図られ、大学院教育及び若手研究者の育成も強化された。双方向型共同研究に供するため九州大学に建設した TRIAM-QUEST は、マシンタイムの決定等を行う、外部委員を含む委員会の委員長を外部の共同研究者が務めるなど、真に全国の共同研究者に開かれた、公平で透明な運用に努めており、大きな研究成果が期待される。

透明性と公平性の確保は、一般共同研究でも図られている。例えば、テーマ制をとっている LHD 実験において、10 テーマのうち、6 テーマのリーダーを所外研究者が務めた(平成 18、19 年度)ことはその典型であり、コミュニティからの課題の提案、実験参加を促している象徴的な事例である。

国際共同研究の推進にも積極的に取り組み(資料 02-12、02-13)、国際的 COE の地位を確立している。6 件の政府間・国際機関間協定、14 件の学術交流協定(平成 16 年度以降の新締結は、それぞれ 2 件、8 件)を締結した(資料 02-14、02-15)。平成 17 年度から開始した自然科学研究機構・連携事業「分野間連携による学際的・国際的拠点形成」において、「国際共同研究拠点ネットワークの形成」プロジェクトを提案、実施し、国際共同研究の推進に尽力している(資料 02-16)。

核融合科学・炉工学分野の研究者等で構成される「核融合ネットワーク」(資料 02-17)を支援することにより、コミュニティの意見の集約、科学研究費補助金特定領域研究の組織づくり、情報共有等を通じて、コミュニティの活性化にも大きく貢献した。

## (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)

LHD で中期計画期間の予測を超える、核融合条件の 10 倍の密度を実現したことに象徴されるように、大きな研究成果を上げているが、これを可能とした活発な研究活動を行っている。また、他分野に先駆けた双方向型共同研究の構築や、種々の国際協定の拡充など、内外の中核機関として機能するとともに、コミュニティの活性化に大きく貢献している。これらは、国内外での多くの受賞、外部資金の獲得、論文数、特許取得状況などで裏付けられている。

## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

### (1) 観点ごとの分析

<b>観点 研究成果の状況(共同利用・共同研究の成果の状況を含めること。)</b>
---

(観点に係る状況)

#### ◎ LHD 研究

プラズマ加熱機器、計測機器を整備・増強し、また、プラズマの制御の最適化を図り、共同利用・共同研究によってプラズマの高性能化研究を推進した。

LHD では、温度、密度、ベータ値(プラズマ圧力と磁場圧力の比)、定常、熱・粒子輸送、周辺プラズマと壁相互作用、MHD 平衡と安定性、高エネルギー粒子の物理、装置工学といった広範な領域で顕著な成果を上げている。ヘリカル装置では、プラズマ粒子の閉じ込めと安定性の両立は困難と予測されていたが、LHD 実験で両立することが見出された。この成果を基に、加速した中性粒子を磁場の垂直方向から入射する装置を研究開発し、イオンを直接加熱して 7,900 万度を実現した。中期期間中に

イオン温度は約3倍になっている。高イオン温度時、熱・粒子輸送の研究で、中心部の不純物の周辺部への排除、プラズマ流の生成等が発見された。不純物は、輻射によってイオン加熱を阻害するため、より高イオン温度を目指す上で非常に重要な発見である。プラズマ流に関しては、支援装置 CHS で帯状流と呼ばれるメゾスケール揺動を世界で初めて観測(88-02-1020)し、その乱流輸送抑制効果の実験検証(88-02-1027)、帯状流と微視的揺動が共存する物理(88-02-1015)、ヘリカル装置における理論展開とシミュレーションによる LHD への適用(88-02-1016)等、研究の世界的潮流を先導した。さらに、乱流から生成される帯状磁場の発見(88-02-1019)や、非線形媒質であるプラズマの構造形成、状態遷移現象(88-02-1017, 1018)等、一般物理学にも波及する成果も上げた。LHD におけるプラズマ流の観測は、帯状流とプラズマ閉じ込めの学術研究、引いては環状プラズマの総合的理解を促すものである。

周辺プラズマと壁相互作用の研究では、壁とプラズマの間に中性粒子を存在させないこと、壁からの不純物をプラズマに到達させないことで、高性能プラズマを実現できると考え、独創的な発想に基づくローカルアイランドダイバータ(LID)(88-02-1031)を製作、設置した。LID と、水素の氷の粒をプラズマ中に連続的に入射させて(88-02-1032)ガスを補給することにより、急峻な密度勾配の形成が見出され、超高密度プラズマの生成に成功した(88-02-1009, 1014, 1028)。これを発展させ、1,100兆個/ccを実現した。また、ヘリカル装置では周辺部の一部のプラズマが壁に接触しているが、高密度プラズマの研究により、これを壁と接触させないことにも成功した(88-02-1010)。これらの成果を基に、従来的高温高密度プラズマではなく、比較的低温で超高密度のプラズマを用いた核融合エネルギー実現の新しいシナリオを提案し、装置工学の研究として核融合炉設計を開始した。

MHD 平衡と安定性の研究では、経済的な核融合エネルギーの実現には5%以上必要とされているベータ値が、4%程度になると、プラズマを閉じ込める磁場が壊れる、周辺部の有界面と呼ばれる位置でMHD的に不安定になること等から、更に上げることはできないと理論的には予想されていた。LHD 実験では、ベータ値が4%程度を超えると、モードの非線形相互作用による不安定性の飽和状態が観測され(88-02-1036)、ベータ値限界が向上することが明らかとなった。このため、高ベータプラズマ生成の研究では、磁場配位の最適化(88-02-1030)等により、ベータ値5%を実現し、更なる更新と上限値の有無の検証を目指して研究を推進している。

プラズマ周辺部における不純物輸送シミュレーションとその実験検証(88-02-1011)を、周辺プラズマと壁相互作用の研究の一環として行い、プラズマを閉じ込める環状磁場の外側にあるエルゴディック層で不純物が遮蔽されることを見出した。プラズマを定常的に保持しようとする和不純物が溜まり、プラズマが持続しなくなると予想されていたが、このエルゴディック層の働きと受熱機器の改良等により、約500kWのパワーで54分28秒、約1MWのパワーでは13分20秒、プラズマの持続に成功した。総入力エネルギーの世界最高を継続的に更新(88-02-1013)し、世界記録である1.6ギガジュールを実現した。

この他の成果も含め、核融合分野で国際的に最も権威のあるIAEA主催の会議で、オーバービュー講演(88-02-1012)として継続的に採択されていることは国際的な高い評価の表れである。また、国内外での数々の受賞、定評ある学会での招待講演、定評ある学術誌の表紙への掲載、ダウンロードアクセス数・注目論文などとして高い評価を得た。

#### ◎ シミュレーション科学研究

3次元非線形シミュレーションを発展させ、高速粒子と磁気流体モードの相互作用(88-02-1052, 1053)、微視モードが作る準平衡状態における巨視モードの発生機構の解明等によって、個別階層の物理に階層間相互作用を取り込む階層拡張シミュレーション研究を進展させた。

プラズマ乱流を分布関数揺動のレベルから精緻に扱えるコードを構築し、ヘリカルプラズマのジャイロ運動論的シミュレーションを可能にした(88-02-1021)。LHDの磁気軸内寄せ配位では、帯状流により効率的な乱流抑制が実現するという理論予測を裏付ける結果を得る(88-02-1022)等、LHDプラズマの良好な閉じ込めに対して重要な知見を与えた。これらの研究成果は、プラズマ理論分野の権威ある国際研究集会のオープニング招待講演、定評ある学術誌の表紙を飾るなど、国際的に高い評価を得ている。

この他、量子デバイスへの応用可能性を高める「複数チャンネルを持つ量子細線と不純物系の連続バンド中での準束縛状態の発見」(88-02-1001)や、宇宙における無衝突磁気リコネクション現象に関する長年の論争に決着をつけた(88-02-1007)などの顕著な成果があり、数多くの引用、記事としての紹介など高い評価を得ている。

## ◎ 連携研究

核融合研究で生まれた科学知識、技術成果を速やかに社会に還元するべく、研究活動を展開した。平成 18 年度には、連携研究推進センターを中心とした科学研究費補助金特定領域「マイクロ波励起・高温非平衡反応場の科学」が採択され、組織的に研究推進を行っている。分子動力学法と静電場のポアソン方程式に基づいて、生体膜孔を通り抜けるイオンの運動に局所的な静電場が強い影響を及ぼすことを証明(88-02-1002)した成果は、日本物理学会誌の表紙を飾る等、高く評価されている。

## ◎ 炉工学研究

幅広い工学研究を推進した。核融合炉のブランケット主要部を構成する低放射化構造材料としての高純度バナジウム合金大型インゴット製作の成功(88-02-1025)、ヘリカル型核融合炉における液体ブランケットの工学的成立条件の提示(88-02-1026)等、将来の見通しを示すこれらの成果は、原子力学会での受賞等で高く評価されている。

## ◎ 双方向型共同研究

京都大学との共同研究では、高閉じ込め状態の実現(88-02-1024)、その磁場配位依存性研究等が進展し、ヘリカル系国際共同研究(88-02-1029)に大きく貢献した。九州大学では、定常運転確立への重要な貢献として、プラズマ対向壁相互作用、高閉じ込め状態の保持、電流駆動機構等の研究(88-02-1023)が進展した。また、先駆的マイクロ波診断法の開発により、時間変化を伴う二次元・三次元計測を実現(88-02-1049)し、プラズマの時空間構造解明に貢献した。シミュレーション分野においても、大阪大学等との共同研究によって、輻射流体・粒子コード等から成る、高速点火レーザー核融合の統合シミュレーションシステムを世界に先駆けて構築した(88-02-1057)。

**(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)

LHD では、プラズマパラメータ領域の大幅な拡大を実現し、ヘリカル系の物理の体系化、引いては核融合科学の体系化等に向けて大きく進展した。シミュレーション研究では、個別階層の物理に階層間相互作用を導入する階層拡張の手法を進展させた。更に、巨視的な実験観測の時間変化の解析・予測を目指す階層統合シミュレーションコードの構築を進め、LHD プラズマの時間変化のシミュレーションを実施できるレベルに到達した。炉工学研究では、炉設計、ブランケット、超伝導、安全技術の各研究分野において世界最先端の成果を得た。内外の中核機関として、核融合に関連した幅広い分野、他分野、産業界で、共同利用・共同研究、研究交流を促進することにより、学術研究、また、幅広い学術の創成、産業応用等を積極的に推進した。

これらの研究成果は、内外での数々の受賞、定評ある学会での基調・招待講演、学術誌での高い評価、基礎データの世界的活用などによって、その水準の高さが裏付けられている。

**III 質の向上度の判断****① 事例 1 「研究成果に関する質の向上」(分析項目 II)**

(質の向上があったと判断する取組)

LHD において、加熱・計測機器の整備・増強、サブクール改造による超伝導コイルの磁場増強などを行うことによって、より高度なプラズマ実験を可能とした。その結果、7,900 万度のイオン温度(本中期計画期間中に約 3 倍)、5%のベータ値の達成、1メガワット級の大きな加熱入力の長時間放電等、ヘリカル系の物理の体系化のため、プラズマパラメータ領域を大幅に拡大することに成功した。1,100 兆個/cc の密度を実現したことなどにより、従来の高温度高密度プラズマではなく、比較的低温で超高密度プラズマを用いた核融合エネルギー実現への新しいシナリオを提案し、新たな可能性を示した。

シミュレーションにおいては、階層拡張の知見を繰り込み、実験観測の時間変化の解析・予測を目指す階層統合コードの構築を進め、LHD プラズマの時間発展解析を実施できるレベルに到達させた。

**② 事例 2 「研究体制に関する質の向上」(分析項目 I)**

(質の向上があったと判断する取組)

大型ヘリカル研究部の実験系を、実験の推進に適した 5 つの研究系に再編し、LHD 実験の実施体制

を強化した。

連携研究推進センターを新たに発足させたことで、核融合に関連した幅広い分野において、大学等との共同研究、自然科学研究機構内の連携研究、産業界との共同研究等の促進、研究支援体制が強化された。

シミュレーション科学研究部を設置し、プロジェクト体制の構築により、集約的研究効果を生み出した。同研究部に六ヶ所研究センターを設置し、国際熱核融合実験炉 (ITER) 及び幅広いアプローチ (BA) との連携等の拠点としての活動を開始した。

「低温実験棟」、「加熱実験棟」を、「超伝導マグネット研究棟」、「総合工学実験棟」として整備を進め、炉工学研究の集約を行うことで体系的研究が推進された。

### ③ 事例 3 「共同研究の体制に関する質の向上」 (分析項目 I)

(質の向上があったと判断する取組)

「一般共同研究」と「LHD 計画共同研究 (LHD で実験を行うために必要な機器・手法の研究・開発を大学等で事前に行う)」に加えて、「双方向型共同研究」を平成 16 年度より開始し、様々な形態の研究課題に対応できるようにした。

LHD の共同研究推進のため、遠隔地からデータにアクセスできる機器・システムを整備した。また、LHD 制御室の画像・音声のリアルタイム配信、実験結果・予定、週間レポート等の電子メールでの配信とホームページでの公開等を行い、共同研究者が常に実験状況を把握し、共同研究に参加し易いようにした。双方向型共同研究委員会において、九州大学の TRIAM-1M 計画の終了と TRIAM-QUEST の建設を決定し、双方向型共同研究体制を強化した。



## 3. 基礎生物学研究所

I	基礎生物学研究所の研究目的と特徴	3-2
II	分析項目ごとの水準の判断	3-2
	分析項目 I 研究活動の状況	3-2
	分析項目 II 研究成果の状況	3-3
III	質の向上度の判断	3-5

## I 基礎生物学研究所の研究目的と特徴

- 1 生物現象の基本原理に関する総合的研究を行い、卓越した国際的研究拠点として基礎生物学分野の発展に尽力することを目的とする。特に、細胞生物学、発生生物学、進化多様性生物学、神経生物学、環境生物学等の基盤研究を更に発展させ、独創的で世界を先導する研究を推進する。大学共同利用機関として、共同研究・研究集会などを通して、わが国の基礎生物学研究領域の発展に尽力する。
- 2 基礎生物学研究所独自の装置（大型スペクトログラフ等）、生物資源（モデル生物等バイオリソース）の一層の充実により、高水準の研究基盤を作っている。ナショナルバイオリソースプロジェクトでは、メダカの中核的拠点となってプロジェクトを進めている。
- 3 今後の生物学研究に必要な材料の発掘、技術の導入を通して、新しい生物学の展開を推進している。形質転換生物研究施設等を再編・拡大し、高水準の施設維持、技術開発を行うため、設備、人員組織の強化を図っている。
- 4 全国の大学や研究機関との共同研究を推進するとともに、生物学研究者コミュニティの意見を反映した質とオリジナリティの高い生物学国際高等コンファレンス（Okazaki Biology Conference: OBC）を開催することにより、国際的な生物学の知の拠点を形成する活動を行っている。また、欧州分子生物学研究所（EMBL）との連携研究を進めている。
- 5 国際的研究者コミュニティの要請に応じて、基礎生物学分野における国際的研究レベル向上と若手研究者の育成のため基研国際実習コースを開催している。

### 〔想定する関係者とその期待〕

大学及び研究機関の生物学研究者から、①わが国の基礎生物学の中核機関として、国際拠点として研究を推進すること、②高い学術的レベルに基づいて、全国の研究者と積極的に共同研究・研究集会等を進め、わが国の基礎生物学の推進に貢献すること、更に③基礎生物学の次代を担う大学院生を含む若手研究者を育成することが期待されている。生物学以外の大学・研究機関の研究者からは、最先端の生物学研究に基づいた学際的研究の推進が期待されている。社会からは、研究者の自由な創意に基づいた最先端の生物学研究の推進と普及と共に、現代社会が直面する環境問題（温暖化・エネルギー問題等）の解決に向けて貢献することが期待されている。

## 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)

基礎生物学の5つの重点領域を中心として基盤研究を展開し、真核細胞におけるオートファジーの役割解明、モデル生物のゲノム配列決定等の卓越した研究成果をあげており、4年間で505報の原著英文論文を發表し、インパクトファクターの高い雑誌に多くの論文を掲載した(資料03-1)。

外部資金の獲得は4年間で総額5,204,380千円(科学研究費補助金2,528,750千円、受託研究費1,605,216千円、民間等共同研究経費73,300千円、ERATO 867,000千円、寄付金130,114千円)と高額に達している(資料03-2)。特に科学研究費の特定領域研究には5名が領域代表として研究を統括しており、各々の領域を先導していることは特筆される(資料03-3)。

連携・広報企画運営戦略室による広報活動の成果として、新聞報道数は大きく増加した(資料03-4)。

##### 観点 共同利用・共同研究の実施状況

(観点に係る状況)

#### ◎ 共同利用研究の戦略的再編

本研究所は、大学共同利用機関として全国の大学や研究機関の研究者との共同研究を推進している。大型スペクトログラフは、光による生命現象調節の仕組みを解析するために設計された世界最大最高の分光照射装置であり、69件の共同利用研究を実施した(資料03-5)。装置の高度化を積極的に推進しており、高度化後の設備の利用が高まっている(資料03-6)。

法人化以前から実施されている「個別共同利用研究」164件、研究会6件に加えて、法人化後、

「共同利用研究」の戦略的組織化を図るため、新たな形の共同研究を開始した。「重点共同利用研究」は、生物学を先導する研究の創成を目指すもので、6件を実施した。平成19年度からは共同利用の目的を明確化した「モデル生物・技術開発共同利用研究」が設定され、2件の研究を実施した（資料03-5）。4年間を通じて250～300名の研究者が共同利用研究に参加しており、その総数に変化はないが、共同利用研究の内容は上述のように、時代と生物学コミュニティの要請に応じて絶えず改革されている。

◎ 国際連携の拡大推進

世界の基礎生物学の拠点として国際連携に積極的に取り組んだ。法人化以前から実施していた基礎生物学研究所コンファレンス(NIBB Conference)5件に加えて、法人化後、①欧州分子生物学研究所(EMBL)との国際連携のミーティング6件、②生物学国際高等コンファレンス(OBC)5件、③国際実習コース2件、という新たな国際連携事業を実施し、生物学のグローバル化の拠点としての活動を積極的に進めた（資料03-7、03-8）。

◎ バイオリソース・データベース活動の推進

基礎生物学の推進には、優れたモデル生物が不可欠である。本研究所では創設以来、種々のモデル生物を駆使して先端的学術研究を推進するとともに、大学共同利用機関として、国内外におけるモデル生物の普及にも努めた。2002年から開始した第1期ナショナルバイオリソースプロジェクトでは、4モデル生物のサブ機関を担当したことに加えて、2007年からの第2期では、日本オリジナルの脊椎動物モデル生物「メダカ」の中核機関活動を開始した。また、ヒメツリガネゴケ、ミジンコ、アフリカツメガエルのESTデータベース、微生物ゲノム比較解析データベース、植物オルガネラデータベースを立ち上げ、基礎生物学コミュニティの研究支援を推進した（資料03-9）。

**(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)

本研究所の外部資金獲得額や獲得数、発表論文の質と数、共同利用研究の質の向上は期待される水準を大きく上回っていると判断される。特に本研究所から発表された論文の引用度は非常に高く、最高レベルにある（資料03-10）。国際連携事業を積極的に推進し、モデル生物のバイオリソース及びデータベースの実績も加えて、基礎生物学研究所は生物学コミュニティの国際的な研究拠点として機能を十分に果たしている。

**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（共同利用・共同研究の成果の状況を含めること。）**

(観点到に係る状況)

基礎生物学の国際的な拠点として、5つの重点領域を中心に高い水準の研究を進めた。

◎ 細胞生物学領域

細胞生物学領域では、オルガネラの動態、機能分化、細胞骨格の形成などを解析し、より高次の細胞、個体レベルの機能との関連の解明を図りつつある。植物における液胞形成(88-03-1006)、液胞の感染防御における役割解明(88-03-1005)、酵母のオートファゴソーム形成(88-03-1015)、哺乳動物の出産時におけるオートファジーの重要性(88-03-1016)、発生における左右の決定などで際立った成果が得られた。

◎ 発生生物学領域

発生生物学領域では、生殖細胞の形成と分化・維持に働くセブンレス遺伝子の役割(88-03-1018)、原腸形成における細胞運動と極性形成(88-03-1017、88-03-1023)や体節の分節に働く因子群の同定(88-03-1021、88-03-1024、88-03-1025)について数々の優れた成果を上げた。

◎ 進化多様性領域

進化多様性領域では、多様な生物を用いて解析し、分子から個体レベルまでの進化・多様性の基本原理の解明に迫りつつある。遺伝子増幅機構(88-03-1013)や大腸菌環状ゲノムの線状化、イネの形質転換法の開発、トランスポゾンの進化的機能、植物のevo-devo的解析(88-03-1026)、

大腸菌、コケ（88-03-1027）、メダカゲノム（88-03-1004）の全配列決定などにより際立った成果が得られた。

◎ 神経生物学領域

脳神経系の発生・進化機構から、完成した脳の機能について、分子、細胞・システム、行動にわたる統合的研究が展開されている。特に視神経の視中枢の投射を制御するチロシン脱リン酸化酵素の同定（88-03-1001）、及び脳における塩分代謝の制御に関わる Na チャネルの同定（88-03-1002）に関して優れた成果を上げた。

◎ 環境生物学領域

魚類の性分化、鳥類及び哺乳動物生殖腺の発生分化、合成女性ホルモンの生殖腺分化への影響（88-03-1010）、葉緑体の光定位及び葉の形態を支配するメカニズムなどについて優れた成果を上げた。

◎ 共同利用研究

共同利用研究の成果として、144 報の原著論文が国際誌に発表されている（資料 03-1）。その代表的成果は、研究所で選出した代表的論文の三分の一に達しており、共同研究のレベルの高さを示している。重点共同利用研究の成果として 1 件の特定領域研究が発足し、研究領域の創成に寄与した。

◎ 国際連携

EMBL との連携は、本機構と EMBL との国際学術協定に基づき、合同シンポジウム開催による情報交流、双方向の研究者交流、技術交流を柱として、先端的研究の展開を推進する体制を整えた。

また、OBC は、将来の生物学における新分野形成を視野に入れた萌芽的なテーマについて、国際的にも高い水準にある研究者が集中議論を行なうユニークな会議である。「絶滅の生物学」「地球圏微生物」などを開催、それぞれに国際的研究コミュニティが形成されつつある。国際実習コースは、国内外の若手研究者を対象とした実習コースであり、各国の研究技術レベルを相互に高めあうばかりでなく、学術交流としての効果も生み、特にアジアの学術ネットワーク形成に寄与した（資料 03-8）。

◎ バイオリソース・データベース活動の更なる推進

メダカバイオリソースプロジェクトでは、これまでいくつかの研究室で収集保存されてきた、メダカの汎用系統、突然変異系統、各地の野生系統、近縁種などの保存、提供を行なうとともに、新しいリソースの発掘、開発も行った。更に、ゲノム全体をほぼカバーする BAC クローン群や EST クローン、全ゲノム塩基配列等の情報を統合的にユーザに提供するとともに、国内外に向けたメダカに関する研究会や利用者講習会を開催した。このような活動を通して、初等教育から医学・生物学研究の分野まで幅広くメダカの利用を促進し、世界最高レベルのバイオリソースの構築を目指している。また、本研究所で立ちあげた 5 種のモデル生物のデータベースには総計 24 万件のアクセスがあり、基礎生物学のコミュニティの研究支援に大きく貢献している（資料 03-11）。

## （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）

基礎生物学に関する基盤研究及び共同利用研究の推進により、オートファジー、細胞死などの新たな分解システムの解明等大きな成果を上げた。これらの成果はいずれも国際的にインパクトの高い雑誌に掲載され、当該分野を先導するものである。本研究所から発表された論文は数多く引用され、引用度数は大学・研究所を含めて最高水準にある（資料 03-10）ことから、水準を大きく上回ると判断した。また、基礎生物学研究所の全教授、准教授に対する外部評価では研究レベルは高く評価された（資料 03-12）。また高い研究レベルを反映して、4 年間に学士院賞、藤原賞、中日文化賞などの多数の受賞者を輩出しており（資料 03-13）、研究所の研究水準の高さは社会的にも認められてきている。外部資金獲得額も所属研究者の数を考慮すると国内最高レベルであること（資料 03-2）、研究成果はプレナリー及び招待講演者として多くの国際会議で発表されていること（資料 03-14）も、研究水準の高さを裏付けている。

### Ⅲ 質の向上度の判断

#### ① 事例1「オートファジー研究の国際的拠点」(分析項目Ⅱ)

(質の向上があったと判断する取組)

この4年間でオートファジーに関する論文43報を国際誌に発表し、膜動態の分子機構の解明に貢献し、このグループのオートファジー関連論文の昨年の引用総数は、1,600件を越えている(資料03-15)。また、共同研究で哺乳動物におけるオートファジーの生理的意義の解明(88-03-1015)、Atgタンパク質の構造決定(88-03-1016)に貢献し、オートファジー研究の国際的拠点と見なされている。

#### ② 事例2「ゲノム生物学の進展」(分析項目Ⅱ)

(質の向上があったと判断する取組)

この4年間で、全く不明であった2種類の遺伝子増幅系の分子機構を明らかにしてきた(88-03-1011、1012)。リボソームRNA遺伝子(rDNA)とがん遺伝子である。rDNA増幅の複製阻害依存性を発見したことから、全貌を明らかにできた(88-03-1013)。この成果は、ゲノム進化解明とがん治療・タンパク質過剰生産に大きなインパクトを与えるものである。2007年度の遺伝学会木原賞受賞は、これら遺伝子増幅機構解明の成果が評価されたものである。

#### ③ 事例3「植物発生進化学研究の進展」(分析項目Ⅱ)

(質の向上があったと判断する取組)

この4年間でヒメツリガネゴケゲノムの解読(88-03-1026)、植物細胞骨格の新規形成機構発見(88-03-1007)、花器官形成遺伝子ネットワーク進化の解明などの研究(88-03-1026)により、発生進化の分子機構解明に貢献した。そして、国際会議、外国研究機関(ペンシルバニア大学、Max-Planck研究所など)で基調講演、招待講演を行うとともに、第1回日本学術振興会賞(2005年)、第1回日本学士院学術奨励賞(2005年)を受賞しており、植物発生進化学の進展に大きく寄与した。

#### ④ 事例4「重点共同利用研究の成果として新規研究領域の開拓」(分析項目Ⅰ)

(質の向上があったと判断する取組)

共同利用研究の戦略的組織化を図り、新たに設定された重点領域研究は生物学を先導する研究の創成を目指したものである。初年度に採択された「高等植物の個体制御の分子機構」を契機として、植物の個体制御に関わる2つの特定領域研究の申請を行い、その中の1件「植物メリステムと器官の発生を支える情報統御系」が採択され、植物器官発生をめぐる新たな研究領域の推進に邁進している。重点共同利用研究の導入は、新たな研究領域の開拓につながり、法人化後に実施してきた共同利用研究改革の成果が大きく上がっていることを示している。

#### ⑤ 事例5「EMBLとの連携からイメージング研究の進展」(分析項目Ⅰ)

(質の向上があったと判断する取組)

客員教授・准教授を採用し、EMBLとのバイオイメージングに関する共同研究の中心となり、バイオイメージングに関するEMBLとの合同シンポジウム、本研究所「バイオイメージングフォーラム」の企画・開催、新規導入機器の策定を行なった。EMBLとの国際共同研究において、相互の「技術交流」はひとつの柱となっている。平成19年度にデジタル走査式平面照射顕微鏡(DSLM)の基礎生物学研究所に向けた改良モデルをEMBLから導入した。この装置では生きた生物個体を時間軸に沿って3次元的に観察することができ、その画像の経時変化を4次元画像として構築できるため、アフリカツメガエルの発生現象等の動的イメージング解析が可能となった(資料03-16)。EMBLとの国際共同研究は機構内の「イメージングサイエンス」連携研究を加速させる契機となっており、機構の国際連携にも大きく貢献している。

#### ⑥ 事例6「メダカバイオリソースの取組」(分析項目Ⅰ)

(質の向上があったと判断する取組)

「メダカ」ナショナルバイオリソースプロジェクト中核機関としての本研究所の活動を担う専任准教授1名を採用した。日本全国に分散していたメダカリソース464系統(自然集団66系統、突然変異体357系統等)を集中管理、提供する体制を整えた。日本発の世界に開かれたメダカリソースの国際的ネットワークの構築において本プロジェクトは大きく貢献している。

## 4. 生理学研究所

I	生理学研究所の研究目的と特徴	4-2
II	分析項目ごとの水準の判断	4-2
	分析項目 I 研究活動の状況	4-2
	分析項目 II 研究成果の状況	4-3
III	質の向上度の判断	4-4

## I 生理学研究所の研究目的と特徴

- 1 人体基礎生理学研究機関として唯一の大学共同利用機関であり、人体の生命活動の総合的な解明を究極の目標としている。本研究所では、研究所としての研究目的を明確にするために、従来培われてきた個々の基盤的学術研究をまとめて明文化し、「生理学研究所の目標・使命と今後の運営方向」としてウェブサイト公表している。
- 2 分子から細胞、組織、器官、そしてシステム、個体にわたる各レベルにおいて先導的な研究をすると共に、それら各レベルにおける研究成果を有機的に統合し、生体の働き（機能）とその仕組み（機構：メカニズム）を解明する。当面の間、次の5つを柱にして脳と人体の機能と仕組みの研究を推進する。(1)機能分子の働きとその動作・制御機構の解明、(2)生体恒常性維持機構と脳神経情報処理機構の解明、(3)認知行動機能の解明、(4)ヒト高度認知行動機構の解明、(5)脳・生体分子統合イメージング法の開発。（資料 04-1）
- 3 全国の国公立大学をはじめとする国内外の他研究機関との間で共同研究を推進するとともに、配備されている最先端研究施設・設備・データベース・研究手法・会議用施設等を全国的な共同利用に供する。
- 4 総合研究大学院大学・生命科学研究科・生理科学専攻の担当及び他大学の大学院教育への協力、トレーニングコースや各種教育講座の開催等により、国際的な生理科学研究者へと大学院生や若手研究者を育成し、全国の大学・研究機関へと人材供給する。更には人体の働きとその仕組みについての初等・中等教育パートナー活動や学術情報発信活動によって未来の若手研究者を発掘・育成する。

### 【想定する関係者とその期待】

本研究所の関係の深い研究者コミュニティは、基礎医科学の領域であり、特に生理学と脳神経科学領域の研究者とのつながりが強い。その研究者コミュニティからは、開かれた世界的な研究拠点であることを期待されており、具体的には、先端的な研究を行うとともに共同研究、各種機器の共同利用研究、研究に関する情報・実験技術・研究リソースなどの提供が求められている。また、大学院生を含む若手研究者を優れた研究環境で人材育成することも期待されている。脳神経科学は関係する研究領域が広く、情報科学やロボット工学等の理工系領域、心理学等の人文系領域の研究者から連携の中心となることが期待されている。社会からは、健全な生活を送るための基本的な知識として、科学的根拠に基づいた人体・脳に関する知識を多様な経路を通して提供することを求められている。

## 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)

生理学（医科学、基礎医学）の領域における幅広い研究分野において基盤的学術研究を展開し、電位センサーを持つ酵素の発見、脊髄損傷による運動障害の機能回復における大脳皮質の関与の発見等の数多くの研究成果を上げた。平成 16～19 年の 4 年間の英文原著論文数は 492 報、その他の論文数は 278 報であった。（資料 04-2）

競争的資金は、4 年間で 3,046,062 千円（科学研究費補助金 1,552,956 千円、受託研究経費 1,452,848 千円、民間等共同研究経費 40,257 千円）であった。科学研究費補助金の採択率では常に上位にあり、平成 19 年度の新規採択率は 50.8%で第 2 位であった。また、広報担当部門を設置し、新聞報道数の増加（平成 19 年度 71 件、内 51 件は活動開始以降）等の情報発信の増加が図られた。

（資料 04-3、04-4、04-5）

##### 観点 共同利用・共同研究の実施状況

(観点に係る状況)

本研究所は、全国の研究者より研究課題を公募し半数が所外委員である共同研究小委員会等での厳正な審査を経て運営会議で採択を決める。平成 16～19 年度の 4 年間で、一般共同研究 129 件、計画共同研究（必要に応じて適宜、最も重要と思われるテーマを選択して集中的に行う共同研究）93 件

及び各種大型設備の共同利用実験 135 件 [超高压電子顕微鏡 (世界唯一の生物専用) 49 件、全頭型脳磁計 (脳科学研究用に特化改良) 25 件、機能的磁気共鳴画像装置 (3 テスラ、ヒトとサルに使用可能) 61 件] を行ない着実な成果を上げた。共同研究の数は、法人化以前よりも着実に増加している (資料 04-6)。

共同研究のもう 1 つの重要な柱は、生理学研究所研究会であり、4 年間で 99 件開催した。参加者は増加してきており、平成 19 年度の参加者数は 1,820 名であった。研究会は通常の学会とは異なり、発表時間と質疑応答時間が余裕を持って取られており、また、少人数であるため、非常に具体的で熱心な討論が行われた。生理学研究所研究会が母体となり文部科学省科学研究費補助金特定領域研究の「膜輸送複合体」や「細胞感覚」が発足した。また、アポトーシスや ATP・プリン作動性シグナルの研究分野では研究会が実質的な学会としての機能を果たした。(資料 04-7)

わが国の国際的研究拠点として生理研国際シンポジウムを毎年開催するとともに、外国人客員教授の招聘、国際共同研究等の多様な形での国際的な共同研究を実施した。日米科学技術協力「脳研究」分野の日本側担当機関として、アメリカ側と積極的に交渉するとともに、全国の研究者の日米共同研究の促進を図った。(資料 04-8、04-9)

毎年、生理科学技術トレーニングコースを開催し、多くの若手研究者の育成に貢献した。(資料 04-10)

## (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)

発表論文の質・数、共同研究の数、外部資金の獲得数等から、期待される水準以上にあると判断した。中でも神経科学領域の論文数は、国内の非常に規模の大きい大学・研究所の数と肩を並べるものであり、極めて高い生産性を示している。(資料 04-2、04-3、04-11、04-12)

また、共同研究の実施や研究会の開催を通して、新しい研究領域の発展に大きく寄与した。これらの実績は、本研究所が生理学・脳神経科学の開かれた研究拠点としてかけがえのない機能を果たしていることを示している。(資料 04-6、04-7)

## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

### (1) 観点ごとの分析

<b>観点</b> 研究成果の状況 (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)

- (1) 分子・超分子から細胞への統合を目指して、学術的研究を行った。ホヤのゲノム情報解析から発見された電位センサーを持つ新規蛋白は、電位により活性を調節される電位依存性フォスファターゼであり、情報伝達の研究分野に新しい研究領域を拓くことに成功した (88-04-1019)。感染防御等に重要な役割を果たすが長年実体が謎であった電位依存性プロトンチャネルが、類縁の分子として同定された (88-04-1020)。分子生物学的手法とイメージング技術を併せ、G 蛋白共役型受容体のリガンド結合により起きる分子内構造変化を捉えることに成功した (88-04-1021)。Scraper 蛋白依存性のユビキチン化がシナプス蛋白 RIM の代謝を調節することによりシナプス伝達を調節することを明らかにした (04-1022)。温度、酸素ストレス等の多様な物理的・化学的変化を感知する蛋白群を分子センサーという概念でまとめ、生体の外界に対する応答の分子細胞的基盤を明らかにした (88-04-1023、88-04-1024、88-04-1025)。神経系発生分化の脊髄回路網形成の過程で、分泌性軸索誘導分子 netrin1 が抑制的にガイドし、後索を適正な領域に形成させることを明らかにした (88-04-1004)。
- (2) 細胞から組織・器官・個体への統合を目指し、生体恒常性機能維持機構と神経情報処理機構の研究を行った。炎症時に多量に放出されるプロスタグランジンが、蛋白キナーゼ C によるカプサイシン受容体リン酸化を介して疼痛を発生させることを発見した (88-04-1026)。アディポカインの一つであるアディポネクチンが、視床下部 AMP キナーゼを介して摂食行動を促進することを明らかにした (88-04-1027)。2 光子励起レーザー顕微鏡の高度な技術を用いてシナプスの動的過程を観察し、長期増強には樹状突起のスパインの形態変化が伴うことを示し、長年の論争を終結させた (88-04-1001)。また、スパインの形とシナプス可塑性の関係を明らかにし、スパインの首



- の細い部分の機能的重要性を示した(88-04-1005)。SDS凍結切断レプリカ法の技術開発を進め、シナプスのグルタミン酸受容体の数と密度の計測法を確立した(88-04-1006)。シナプスのグルタミン酸受容体の分子数と密度を、電気生理学的測定法とSDS凍結切断レプリカ法を同一のシナプスに用いて決定した(88-04-1007)。海馬におけるNMDA型グルタミン酸受容体の密度解析から、シナプスのレベルでもマウスの脳には左右差があることを示した(88-04-1008)。大脳皮質から線条体に投射する錐体細胞は2種類あり結合の階層性があることを示した(88-04-1009)。眼球のサッカーボール運動時に視覚入力を抑制する神経回路を発見した(88-04-1010)。
- (3) 脳と他器官との相互作用から個体への統合を目指し、主にニホンザルを用いて研究を行った。下側頭皮質の色刺激に対する神経細胞応答が、カテゴリ判断、注視、弁別という課題に依存して変化する事を示した(88-04-1002)。また、視野の盲点における知覚的補完(88-04-1011)、注意機構の相互作用、輪郭線の折れ曲がりの感知等に関する研究を行った。大脳皮質と運動ニューロンを直接に結ぶ皮質脊髄路を頸髄レベルで切断しても、手指の精密運動は回復する事を示し(88-04-1012)、その回復過程で、まず両側の、続いて反対側の一次運動野が回復に寄与することをPETイメージングと薬物による機能ブロックの組み合わせで明らかにした(88-04-1003)。
- (4) 脳磁計、機能的磁気共鳴画像装置(fMRI)、近赤外分光法(NIRS)等を用いたヒトの脳機能イメージングにより、脳機能から体と心の結びつきへの統合を目指して学術的研究を行った。「心が痛い」と感じる時の脳活動部位が、本当に痛みを与えられた時とほぼ同一の部位である事を示した(88-04-1013)。片手で習得した運動技能が対側の手に転移する時に補足運動野が関与することを、fMRIと経頭蓋磁気刺激法を組み合わせることにより示した(88-04-1014)。また、乳児や幼児の脳機能イメージングも行い、脳の発達過程に関する発見があった。
- (5) 位相差電子顕微鏡の開発に成功した(88-04-1016)。電子顕微鏡は低コントラストの生体材料を直接観察することは出来なかったが、位相差法の完成により無染色標本で細胞内の超微小構造の観察が可能となった。エンドサイトーシス時の膜を引き込む蛋白高分子鎖の形態を直接的に観察することに成功した(88-04-1017)。また、この位相差電子顕微鏡により蛋白分子の単粒子解析を効率的に行うことが出来るようになった(88-04-1018)。
- (6a) トランスジェニックラットの作成は可能であるが、ノックアウトラットの作成はこれまで成功していない。マウスとは異なる方法でのノックアウトラット作成を目指し、精子幹細胞の異種細胞移植、顕微授精などの技術的開発を行い、遺伝子改変が可能な精子幹細胞を用いて産仔を得ることに成功した(88-04-1015)。
- (6b) ナショナルバイオリソースプロジェクト「ニホンザル」として、繁殖に用いるニホンザル母群の収集、飼育・繁殖を行い、実際に実験用ニホンザルを供給できる体制が整った。平成18年度より試験的供給を開始し、審査体制、搬送体制及びそれらに関する事務体制の整備を行った。また、ニホンザルを用いた動物実験に対する理解を得るように様々な広報活動を行った。

## (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)

生理学・脳神経科学の研究拠点として活発に基盤的学術研究を行ってきたが、新しい分子の発見等の予想外の大きな発見があったこと、位相差電子顕微鏡等の新しい技術の開発に成功したこと等から、水準を大きく上回ると判断した。生理学研究所では、研究所全体及び研究部門の外部評価を行っている他、運営会議委員に対しても本研究所全体の研究活動の状況についてのアンケートを行った結果、いずれも研究所の研究レベルは素晴らしいという意見であった。研究の水準の高さは、科学研究費補助金の採択率の高さ、その他の競争的外部資金の獲得状況、文部科学大臣表彰等の受賞からも裏付けられている。(資料04-2、04-3、04-4、04-13、04-14)

## Ⅲ 質の向上度の判断

### ① 事例1「広報展開推進室の設置」(分析項目I)

(質の向上があったと判断する取組)

平成19年度に本研究所独自の広報活動を組織的に推進するために広報展開推進室を設置し、専任の准教授を配置した。広報活動の窓口が一本化されるとともに、マスコミ、地域組織への働きかけを

積極的に行った結果、外部向け「せいりけんニュース」の創刊、定例記者会見の開始、市民講座の開始、研究発表報道数の著しい増加等の成果を得た。また、担当機関として企画等を行った第5回自然科学研究機構シンポジウムを成功裏に開催し、機構内連携にも成果を上げた。これらの活動により、本研究所の知名度は大きく高まった。（資料 04-5）

## ② 事例2「日米科学技術協力「脳研究」分野の強化」（分析項目Ⅰ）

（質の向上があったと判断する取組）

日米科学技術協力「脳研究」分野は平成12年度に開始され、日本側は本研究所が担当機関となっている。日本側からの積極的な働きかけと研究成果の積み重ねの結果、アメリカ側の参加研究機関数が増加するとともに、アメリカ側の予算増加など実質的な相互交流が深まりつつある。一例として、アメリカ側の制度整備の遅れのために日本で情報交換セミナーを開催することが困難であったが、両国間協議の結果、日本での情報交換セミナー開催が可能となり、日米の相互性が大きく進展した。（具体的には、平成20年9月に岐阜で「脳機能における性差とステロイドホルモン作用」開催予定である。）（資料 04-9）

## ③ 事例3「イメージング技術の開発」（分析項目Ⅱ）

（質の向上があったと判断する取組）

電子顕微鏡に位相差を利用する原理は以前より知られていたが、技術的な問題点のために実現不可能とされていた。永山國昭教授らは、電子顕微鏡用位相板の開発に成功し、位相差電子顕微鏡を現実のものとした。この方法により透過性が極めて高い生体材料を無固定・無染色で可視化することが可能となった。位相差電子顕微鏡は、蛋白質の単粒子解析においても、最終的な分解能を向上させることはないが、解析の効率化に大きく貢献することが実験的に示された。

質量顕微鏡（Imaging mass spectrometry）を開発し、組織中の成分量を可視化することに成功した。2光子励起レーザー顕微鏡の技術革新により、生きている細胞の微細構造の形態観察が可能となった。また、2光子励起レーザー顕微鏡に適した光学系を開発により、従来に比べて2～3倍の組織深度となる1mmまでの観察を可能とした。（資料 04-15）

なお、位相差電子顕微鏡、高機能2光子励起レーザー顕微鏡は、平成20年度から計画共同研究として共同利用に供されている。

## ④ 事例4「バイオ分子センサー研究」（分析項目Ⅱ）

（質の向上があったと判断する取組）

環境変化に対する適応は生物の基本的な機能であり、その機能の分子的基盤は様々な分子センサーにより担われている。これまでも生理学研究所は、この研究領域で優れた研究成果を上げてきたが、更にその領域の研究を推進するために、平成17年度より自然科学研究機構分野間連携研究事業「バイオ分子センサーの学際的・融合的共同研究」を立ち上げるとともに、平成18年度より富永真琴教授を領域代表者として文部科学省科学研究費補助金特定領域研究「細胞感覚」を立ち上げた。これらの研究体制の整備に伴って、温度、味覚、張力などの外的刺激に対するセンサー分子の研究が順調に進捗している。

## ⑤ 事例5「社会的認知能力にかかわる脳機能の研究」（分析項目Ⅱ）

（質の向上があったと判断する取組）

従来の脳機能イメージングは、運動や知覚に伴う脳活動を計測することが主流であり、ヒトのより高度な認知・思考にまで脳機能イメージングが有用であるかは検証されていなかった。脳機能イメージングの応用を拡げることにより、社会的能力の一つである顔認知のメカニズムやその発達、褒められることと金銭的報酬の関係等の研究成果を上げ、人間社会における神経科学研究の意義を高めた。これに伴ない共同研究の範囲が、心理学、言語学、教育学や発達科学を含む人文系諸領域へと急速に広がり、文理融合が実質的に進んでいる。（資料 04-16）

## 5. 分子科学研究所

I	分子科学研究所の研究目的と特徴	5-2
II	分析項目ごとの水準の判断	5-2
	分析項目 I 研究活動の状況	5-2
	分析項目 II 研究成果の状況	5-3
III	質の向上度の判断	5-4

## I 分子科学研究所の研究目的と特徴

- 1 物質の基礎である分子の構造とその機能に関する実験的研究並びに理論的研究を行うとともに、化学と物理学の境界にある分子科学の研究を推進するための中核として、広く研究者の共同利用に供することを目的とする。物質観の基礎を培う研究機関として広く物質科学の諸分野に共通の知識と方法論を提供することを意図している。
- 2 化学反応や分子物性を支配する普遍的な因子を理論的に解明し、反応予測や新物性の設計を可能とする分子理論を構築する。また、実験では解明不可能な化学現象・物理現象の根元的な理解を深めるため、理論及びコンピュータシミュレーションによる研究を進める。
- 3 精緻で高度な分子分光法を発展させ、分子や分子集合体の状態評価手法としての確立を図る。併せて、実用的な物性評価装置、計測装置を提案する。また、分光光学や光化学反応の光源として、新しいレーザーの開発及び放射光による極端紫外光源の開発を行い、更に化学反応動力学や新物質創成等の利用研究を推進する。
- 4 新しい機能を有する分子、ナノスケール分子素子、分子性固体等の開発やそれらの高次集積化と、電子・光物性、反応性、触媒能、エネルギー変換などの研究を行う。
- 5 生体物質が有する特異的な機能の発現過程の解析、及び極めて温和な条件下での物質変換を触媒しうる金属錯体の設計・合成等の研究を行う。

### [想定する関係者とその期待]

大学及び研究機関に属する分子科学関連領域の研究者からは、国内外の分子科学の発展を推進するための世界的な研究拠点として、関連する様々な基礎研究分野における最先端の研究の推進、その研究資源を用いた共同研究と共同利用の推進が期待されている。また、大学院生を含む若手研究者を優れた研究環境で人材育成することも期待されている。

産業界からは、分子科学の産業応用が可能な場面における助言や共同研究が期待されている。

一般社会から、ナノサイエンス、バイオサイエンス、環境・エネルギー等の分子が大きく関わっている諸問題における基礎研究において先端的な成果を輩出し、分野拠点となることが期待されている。

## 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)

分子科学の広範な研究領域、即ち、量子化学、統計力学、分子シミュレーションに基づき分子レベルの現象を解明・予測する理論・計算分子科学、レーザー光源や放射光源の特性を駆使して分子の性質を解明・制御する光分子科学、有用な特性を示す物質の開発、構造と性質の解明、それらの高次集積化を目指す物質分子科学、錯体の機能を生かした反応性の開拓、及び生体関連物質の機能解明を目指す生命・錯体分子科学の各分野の研究を推進し、それぞれにおいて国際水準の成果が上がった。平成 16～19 年の 4 年間の原著論文数は 1,444 報、その他総説、著書等は 149 件であった(資料 05-1)。獲得した外部資金の総計は、4 年間で 4,037,613 千円(受託研究経費 2,432,724 千円、民間等共同研究経費 132,153 千円、科学研究費補助金 1,472,736 千円)であった。

##### 観点 共同利用・共同研究の実施状況

(観点に係る状況)

大学共同利用機関の重要な機能を果たすべく、所外の分子科学及び関連分野の研究者との共同利用研究を旅費及び研究費の一部を支給して積極的に推進した。共同利用研究は、(1) 課題研究(数名の研究者により特定の課題について行う研究)(2) 協力研究(所内教員と協力して行う研究)(3) 研究会(所内外の研究者によって企画される研究討論集会)(4) UVSOR(極端紫外光研究施設)施設利用(5) 施設利用(研究施設に設置された機器の利用)の 5 つのカテゴリーで行った。それぞれ 4 年間に、(1) 7 件、(2) 361 件、(3) 46 件、(4) 514 件、(5) 777 件の実績があった(資料 05-3)。また、文部科学省の「ナノテクノロジー総合支援」(平成 19 年度からは「ナノテクノロジー・ネットワーク」)

を受託し、その一環として、10種の装置群の開放と理論計算支援のプログラムを、公募を行い実行し、4年間で協力研究 232 件、施設利用 172 件の実績があった。

計算機利用においては、計算科学研究センターにおける共同利用に加え、「超高速コンピュータ網形成 (NAREGI) プロジェクト」のグリッド実証拠点 (平成 19 年度まで) を担当した。平成 18 年度からは「最先端・高性能スーパーコンピュータの開発利用」プロジェクトの拠点としてナノ分野のアプリケーション開発を担当することになった (資料 05-4)。

光分子科学においては、平成 17 年度から理化学研究所との連携融合事業「エクストリーム・フォトンクス」を実施し、両研究所で相補的にレーザー光科学の進展を図る研究を推進した。

国際共同研究では、自己資金により平成 16 年度から「分子科学研究所国際共同研究」を開始し、所内公募により 4 年間で延べ 42 件の課題を実施した (資料 05-5)。また、平成 18 年度から、日本学術振興会の「アジア研究教育拠点事業」に「物質・光・理論分子科学のフロンティア」の拠点形成を提案して採択され、分子科学研究所と、中韓台の各国・地域の分子科学における拠点研究機関の間で事業を開始し、9 件の共同研究課題を実施した (資料 05-6)。日韓共同研究では韓国の研究者を 4 年間で 5 名招聘した。日韓、日中などの研究協力協定に基づき、二国間シンポジウムや研究交流を実施した。

## (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)

先端的研究と共同利用研究を順調に推進し、分子科学のコミュニティにおける研究拠点として機能しているのみならず、ナノサイエンス支援事業やエクストリーム・フォトンクス事業を通じて、多彩な共同利用研究を推進した。計算機利用におけるナノ分野の拠点形成では、中間評価において高い評価を得て (資料 05-7)、当初の計画を拡大するプロジェクトに展開した。国際共同研究では、自助努力により自由な共同研究を推進し、また、アジア研究教育拠点事業に採択されるなど、分子科学研究所を国際的な拠点とする努力を以前に増して行っており、これらの点で期待を大きく上回る水準を達成していると判断した。

## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

### (1) 観点ごとの分析

<b>観点</b> 研究成果の状況 (共同利用・共同研究の成果の状況を含めること。)
--

(観点到に係る状況)

理論・計算分子科学の領域では、特に大型計算機の性能を活かした、大規模分子系の理論解析のための新しい方法論の開発と、大規模計算による物質機能・構造の研究で目覚ましい発展があった。例えばナノ構造と元素の特性を利用した機能性分子の設計と計算 (88-05-1017)、統計力学に基づく水中の蛋白質の自由エネルギーと分子認識の新理論構築 (88-05-1016)、分子動力学法を利用した凝縮系のダイナミクスと分光の理論解析 (88-05-1020、88-05-1022) 等で顕著な成果を上げた。

光分子科学の領域では、先端的なレーザー光源開発 (88-05-1012) でレーザーの新たな潮流を作り、新たな利用法への展開も期待される顕著な成果を上げた。極端紫外光研究施設 (UVSOR) では次世代を目指した高性能化への取り組みによって、小型放射光源として世界最高性能の第 3 世代施設となり (資料 05-8c)、コヒーレントなシンクロトロン光発生 (88-05-1032) 等の特筆すべき成果を輩出した。また、近接場分光によるナノ光分子科学 (88-05-1002)、コヒーレント分子制御 (88-05-1011)、放射光による赤外固体分光 (88-05-1009) 等、各分野で話題となる顕著な成果が得られ、いずれも外部評価において高い評価を得るとともに、将来の展開に対する高い期待が寄せられた。

物質分子科学の領域では、有機強磁性体の開発 (88-05-1010) や新規金クラスター触媒の開発 (88-05-1001) など国際的に顕著な成果を生み出した。ナノスケールの分子素子構造体の開発では、基礎設計の段階から機能向上の為のナノ界面物性研究へ進んでいる (88-05-1003、88-05-1004、88-05-1005、88-05-1031)。

生命・錯体分子科学の領域では、水中で機能するナノ触媒 (88-05-1029)、不活性小分子の活性化 (88-05-1027)、1 光子 2 電子還元反応 (88-05-1026) 等、環境調和型社会に向けた分子性触媒の開発でも大きな進捗があった。また、生体内における分子動態のイメージングのための新手法

(88-05-1025) が大きな注目を集めた他、蛋白分子の構造生物学的研究、特異機能に関する物理化学的研究 (88-05-1030、88-05-1034) 等、顕著な成果を上げた。

共同利用研究では、特に UVSOR、大型計算機、920MHz NMR などの大型施設を用いた共同利用・共同研究を中心として、他の研究機関では不可能な研究成果が得られた。920MHz NMR は世界最高性能の設備で、生体関連物質や高分子材料などの超高分解能を必須とする構造解析を行った。立ち上げ期を含め未だ3年半ながら、医学応用にもつながりうる蛋白質分子の構造解明 (88-05-1033) 等、卓越した研究成果を上げた。UVSOR では光源の高度化の結果、世界トップレベルの放射光源として認識され、内殻電子の分光研究 (88-05-1014) から固体物性、DNA 分子の電子物性 (88-05-1015) 等に至る広い研究対象について、卓越した成果を上げた。大型計算機利用研究では、CPU 及びディスク容量の性能向上を進め、大規模計算による分子機能の解明 (88-05-1018) に関する多数の共同利用研究を推進し、成果が上がった。特に、大規模な計算機資源を要する対象のための施設利用クラスを新設し、超高精度計算や巨大分子系の計算 (88-05-1021) で顕著な成果を上げた。

## (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)

上記の主要な研究成果は、いずれも各分野で国際的にトップクラス評価の国際誌に掲載され、発表後も大きな反響を呼び国内外の主要な学会で招待講演の要請を受けているもの、多数の引用を受けているものが多い (資料 05-2)。材料、環境、医学等、社会的な波及効果が期待される基礎的研究分野における成果をも含んでいる。共同利用に供している大型設備はいずれも国際的に最高水準であり、これらを含め共同研究で常に国内外から多くの研究者が訪れているのは、顕著な成果があつてこそである。また、これらの成果に対して授賞・表彰も多数受けており、例えば学士院学術奨励賞 (1 件)、文部科学大臣賞 (4 件)、日本化学会の学会賞 (1 件)、学術賞 (2 件)、進歩賞 (2 件)、化学技術有功賞 (3 件) などがある。更に、成果を上げた研究者が次々と主要大学や研究機関に招聘されている事実 (4 年間で在籍教授・助 (准) 教授の約 3 割が招聘され転出) は、研究所が我が国の分子科学やその周辺分野に於いてトップレベルの研究水準を保ち、他にない高性能な大型設備利用研究と優れた人材育成・輩出の両面で共同利用機関としての使命を十二分に果たしている証拠である。

## III 質の向上度の判断

### ① 事例 1 「理論・計算分子科学の強化・多様化」 (分析項目 II)

法人化後も常に新しい量子理論と統計理論及び精度の高い大規模計算法を開拓することにより、法人化前とは比較にならないほど複雑な現象の扱いを可能にすることができた (I 表: 88-05-1016~1021)。これらの研究はいずれも国際的に高い評価を得ており、大きく研究成果の質が向上していると判断される。その高い評価に裏付けられて、国家プロジェクトである「超高速コンピュータ網形成 (NAREGI)」と「最先端・高性能スーパーコンピュータの開発利用」の拠点事業を受託し、大きな成果を上げている (資料 05-4、05-7)。これらのプログラムソフトの汎用化には、理論・計算分子科学の新展開と更なる成果の向上が期待される。

### ② 事例 2 「光分子科学の強化・多様化」 (分析項目 II)

研究所設立以来、光分子科学の研究で高い水準を保ってきたが、法人化後は更に新しい研究領域への発展を進めている。高度化した放射光施設の特性を活かしたコヒーレント光源の開発 (88-05-1032) や利用研究 (88-05-1014、88-05-1015、88-05-1024)、レーザーのコヒーレント特性、高強度性を活かした分子特性の解明・制御の研究や、固体分光や顕微分光の研究が、法人化前後にいくつかの研究室で開始したが、顕著な成果が急速に上がった (88-05-1002、88-05-1009、88-05-1011、88-05-1013、88-05-1023)。光分子科学の新分野への展開において、顕著な研究成果の質の向上があつたといえる。

### ③ 事例 3 「物質分子科学の強化・多様化」 (分析項目 II)

研究所創設以来、有機半導体の世界的研究拠点として活動して来たが、法人化後、機能性分子・物質の開発が一層強化されると共に、金属/有機物質結合体等を含む機能性炭素化合物全体へと多様化を進めて来た。これにより、原子数を揃えた金クラスターの創成 (88-05-1001)、炭素層保護銅ワイ

ヤーの創成(88-05-1003)等、多彩な業績を出すことが出来た。有機半導体の研究でも、高性能有機トランジスタを形成するパーフルオロペンタセンの開発(88-05-1031)など特筆すべき成果を上げており、研究成果は高い水準を保っていると判断される。

#### ④ 事例4「生命・錯体分子科学研究の強化・多様化」(分析項目Ⅱ)

生体系が示す多彩な機能を分子レベルで解明する研究グループと、持続性社会構築のための分子性触媒の開発を行うグループが連携し、生物・物理・化学に跨る分野で特色ある研究を展開し、分子科学の研究領域の多様化が推進した。生体関連では、生体内のタンパク質を特異的に検出するセンサー分子の開発(88-05-1025)等の特色ある成果が上がっており、一方、分子性触媒に関わるグループではエネルギー・環境問題軽減に向けたエネルギー変換物質、水中の有機分子変換、不活性小分子の分子変換(88-05-1026、88-05-1027、88-05-1029)等極めて特色ある研究成果を生み出しており、高い研究水準を保っていると判断される。

#### ⑤ 事例5「極端紫外光研究施設の高度化」(分析項目Ⅰ)

極端紫外光研究施設(UVSOR)では法人化直前に加速器の大改造を行い、法人化以降光源の高度化を実施した結果、世界トップクラスの高輝度性(資料05-8c)を実現した。ビーム輝度(エミッタンス)は160 nm-radから27 nm-radと6倍改善し、水平垂直比も10%から3%に改善した(資料05-8a)。また、アンジュレータが増設可能となり、現時点で4台が稼働中・建設中である(資料05-8b)。リング型自由電子レーザーも1Wクラスの世界最高パワーとなり、随時利用可能な波長としては世界最短波長となっている(資料05-8a)。更に、光の強度が時間とともに減衰しない「トップアップ運転」に20年度に移行する準備を行っており、これによって研究者が最大限の効率で成果を上げられる環境が実現できる(資料05-8a)。ビームライン総数が減っているにも拘らず、利用者数、成果数が増加している(資料05-8b)。以上より、UVSORによる研究水準は高い水準を保っていると判断される。

#### ⑥ 事例6「ナノサイエンスの強化・多様化」(分析項目Ⅰ)

法人化前からナノサイエンス支援「分子・物質総合合成・解析支援プログラム」事業を文部科学省からの受託で行い、920MHz NMRはじめ装置群の公開、量子化学計算などの支援を行った。事業途中で常に支援内容の改善を進めた結果として、事業終了後19年度から、新たに中部地区ナノテク総合支援事業を、本研究所が代表機関として受託することとなった。この事業では、更に支援内容を拡大した。ナノサイエンスの共同利用・共同研究の環境と研究水準は高い水準を維持していると判断される。

#### ⑦ 事例7「超高速コンピューターの強化」(分析項目Ⅰ)

パソコンクラスター等の普及に伴い、計算科学研究センターの計算機の更新に際しては、研究室レベルでは困難な超大規模計算を可能とすべく性能向上を進め、平成19年度末の総演算性能は平成16年度の12倍以上に向上した(資料05-9a)。更に、世界をリードする計算科学研究を発信すべく、平成18年度から大規模計算のための優先的利用枠を確保する施設利用クラスを設定した(資料05-9c)。これにより、従来の当センターの計算機環境では不可能であった超大規模計算が可能となり、理論計算分子科学の進展、深化につながる成果が出はじめている。これらによって、計算機の総使用CPU時間が大幅に伸張する等、共同利用が高い水準で推移している(資料05-9b)。大型計算機の共同利用に期待される高い水準を常に保ち、大きく研究成果の向上があったと判断される。