

学部・研究科等の現況調査表

研 究

令和2年6月

高エネルギー加速器研究機構

目 次

1. 素粒子原子核研究所	1 - 1
2. 物質構造科学研究所	2 - 1
3. 加速器研究施設	3 - 1
4. 共通基盤研究施設	4 - 1

1. 素粒子原子核研究所

(1) 素粒子原子核研究所の研究目的と特徴	.....	1-2
(2) 「研究の水準」の分析	.....	1-3
分析項目Ⅰ 研究活動の状況	.....	1-3
分析項目Ⅱ 研究成果の状況	.....	1-18
【参考】データ分析集 指標一覧	.....	1-21

(1) 素粒子原子核研究所の研究目的と特徴

物質の最も根源的な物理法則を研究し人類の知の地平を切り拓くのが素粒子原子核物理学である。大学共同利用機関である素粒子原子核研究所は、国内および国外の研究者が最先端の研究施設を用いた共同利用・共同研究を実施する場を提供するとともに、自らその研究を推進し世界的にリードする。高エネルギー加速器研究機構（KEK）が保有し運用する加速器システムを用いてその実験的研究を行うことを中心的な目的とするが、国内外の大規模実験施設における実験を主導することも研究形態の一つである。測定器の開発、データ収集・解析手段の開発及び低温技術の開発などが、実験活動を支える基盤として重要な位置を占める。素粒子原子核物理学の理論的研究も活発に行われており、日本および世界の理論研究の拠点となっている。隣接分野の研究、将来プロジェクトのための研究も本研究所の目的と不可分であり、並行して遂行している。

研究の推進にあたっては、国内の研究者コミュニティの意見を基に研究活動の計画を立案している。大学等からの共同利用者の利便性を重視した研究活動を実施することで、学術コミュニティへ貢献する。

KEK はすでに、ヨーロッパの欧州合同原子核研究機構（CERN）、アメリカのフェルミ国立加速器研究所（FNAL）と並ぶ素粒子原子核物理学研究の世界三大研究拠点の一つである。素粒子原子核研究所は、国内外との連携をさらに進め国際的研究ネットワークを強化し、アジアにおける素粒子原子核物理学研究の中心的役割を担っている。

次世代の人材を養成するため、総合研究大学院大学等と連携し、大学共同利用機関としての特徴を活かした学生の教育と研究指導を行っている。研究会、スクールなどの開催を通じて素粒子原子核物理学の研究者を育成するとともに、アウトリーチ活動を通して研究成果の普及にも務めている。

(2) 「研究の水準」の分析

分析項目 I 研究活動の状況

<必須記載項目 1 研究の実施体制及び支援・推進体制>

【基本的な記載事項】

- 素粒子原子核研究所の研究活動は、
 - (1) KEK が保有し運用する加速器システムによる実験的研究
 - 大型測定器「Belle II」を用いた B ファクトリー実験
 - 大強度陽子加速器を使い、ニュートリノ実験やハドロン実験を行う J-PARC 実験
 - (2) 国内外の大規模実験施設における実験研究
 - CERN における ATLAS 実験など、国外の研究所で推進するプロジェクト
 - 平成 27 年度に発足した和光原子核科学センターにおいて、理化学研究所仁科加速器科学センターと協力しながら推進する短寿命核実験
 - (3) 理論的研究
 - (4) 測定器の研究
 - (5) 隣接分野の研究
 - 宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) 実験など
 - (6) 将来プロジェクト
 - 次世代のエネルギーフロンティア加速器として国際的な枠組で進めている国際リニアコライダー (ILC) 計画

の以上 6 つである。(1)に加えて(2)の中の短寿命核実験、(3)の中のスーパーコンピュータを用いる研究も共同利用に供している。その実施状況については、別添資料 8901-i1-3 を参照。教員・研究員は共同利用の支援・推進を実施しながら自身の研究活動を行っている。共同利用以外の研究もほぼ全てが海外の研究者を含む共同研究である。研究内容に別れたグループ編成に加えて、効率的に研究支援をする体制として、和光原子核科学センターと理論センターを設けている。国内の素粒子原子核実験研究者の多くが本研究所が主導する実験的研究に参画しており、国内最大の研究拠点としての活動を継続している。

- 教員・研究員等の人数が確認できる資料 (別添資料 8901-i1-1)
- 本務教員の年齢構成が確認できる資料 (別添資料 8901-i1-2)
- 共同利用・共同研究の実施状況が確認できる資料 (別添資料 8901-i1-3)
- 指標番号 11 (データ分析集)

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- Belle II 実験は、建設期から実験遂行期へと移行し、実験現場はノーベル賞級

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

の大発見を目指す熱気にあふれ活気付いている。その証左として、平成 28 年当初の規模（23 か国・地域、98 機関、684 人）から大きく成長し、現在は、26 か国・地域、119 の機関から千名を超える研究者が結集し、日本国内では他に見られないスケールの国際共同研究となった。体制面でも、大型測定器の運転経費や計算機資源を国際的に分担する仕組みを整え、素粒子原子核研究所の下に各国の財政機関と協議する母体となる財政監視パネルと経費の査察委員会を制度化した。国際的な組織として確立することで、より柔軟、かつ効率的に実験を推進できるようになった。[1.1]

- T2K 長基線ニュートリノ振動実験も 12 か国から約五百名の研究者が参加するスケールの大きい国際共同研究であり、実験の運転経費の国際分担など体制の効率化を進め、物理成果を継続して創出し続けている。J-PARC ハドロン実験施設でのハドロン実験にも、29 か国から約七百名の研究者が参加している。[1.1]
- 欧州 CERN にて実施している ATLAS 実験は、15 の国内大学を KEK が取りまとめる形で日本グループを運営し、国内大学の研究者が CERN にて支障や不便を感じることなく研究を実施できるようにした。それにより、測定器の保守運用における日本グループの責任を果たし、物理成果を継続して創出し続けている。さらに、LHC の高輝度化に向けた加速器および測定器のアップグレードに日本グループが貢献するプロジェクトの予算が承認され、開発と量産化の準備が加速した。[1.1]
- 文部科学省の卓越研究員制度を積極的に活用して、素粒子原子核研究所にはこれまでなかった専門性をもつ研究者を採用した。それにより学際的な研究分野（業績 22 参照）や、社会的な課題に関する研究分野（業績 14 参照）を開拓し、素粒子原子核物理学研究が持つ潜在能力を新たな方向へ広げた。[1.1]
- 東海キャンパスでは、大阪大学が平成 28 年 3 月に設置した分室を活用し、クロスポイントメントにより施設経営（新ビームライン設計）等への大学の協力を得られやすくした。引き続いて以下の大学が第 3 期中期目標期間に分室を設置した：京都大学（平成 29 年 2 月）、九州大学（平成 30 年 3 月）、名古屋大学（平成 30 年 10 月）、岡山大学（平成 31 年 3 月）、山形大学（令和 2 年 2 月）。これらの分室により J-PARC における研究の連携が強化されるとともに、各大学でも、大学院教育のみならず学部教育に J-PARC の施設を活用して先端的な教育ができるようになった。[1.1]

<必須記載項目 2 研究活動に関する施策／研究活動の質の向上>

【基本的な記載事項】

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

(構成員への法令遵守や研究者倫理等に関する施策の状況が確認できる資料)

- ・利益相反行為防止規程 (別添資料 8901-i2-4)
- ・役職員倫理規程 (別添資料 8901-i2-5)
- ・安全衛生管理規程 (別添資料 8901-i2-6)
- ・研究費の取扱いに関する規程 (別添資料 8901-i2-7)
- ・公正な研究活動の推進に関する規程 (別添資料 8901-i2-8)

(研究活動を検証する組織、検証の方法が確認できる資料)

- ・研究推進会議規程 (別添資料 8901-i2-9)
- ・国際諮問委員会設置要項 (別添資料 8901-i2-10)
- ・素粒子原子核研究所運営会議規程 (別添資料 8901-i2-11)
- ・研究プロジェクト評価実施規程 (別添資料 8901-i2-12)
- ・Bファクトリー実験専門評価委員会設置要項 (別添資料 8901-i2-13)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 研究推進の方策として、研究者コミュニティの意見を研究方針に反映させるために、半数以上が外部委員で構成される素粒子原子核研究所運営会議を定期的で開催 (別添資料 8901-i2-11) している。また、共同利用実験の課題は、各プロジェクトごとに国外からの外部委員が半数以上を占める専門性の高い国際的な諮問委員会 (Program Advisory Committee) を定期的で開催し、その審査と勧告に従って採択している。それにより、大学共同利用としての公明性を保ち、研究活動の質を向上させた。[2.1]
- 特色ある研究等の推進として、加速器科学および関連分野で計測システム開発に必要な多種多様な先端要素技術・システム化技術情報を、可能な範囲でオープン化し共有化を進めるためのコンソーシアム (Open-It) を設立した。先端計測技術の維持、改良及び発展のための50以上のプロジェクトが現在走っている。全国の大学のスタッフと学生が中心となって参加することで、先端技術の大学への継承が進んだ。その技術を誰にでも活用できるよう、文書化して保存する仕組み作りも進めた。[2.1]
- 学際的研究の促進として、研究所が持つ測定器技術を生かし、宇宙の観測により素粒子原子核物理学に大きなインパクトを与える宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) 観測実験を国内外の大学とともに進めている。特に本中期計画の期間中は、本実験グループが提案したCMB偏光観測衛星ライトバード (LiteBIRD) がJAXA宇宙科学研究所の戦略的中型衛星2号機に選定された。研究分野の今後の進展を国際的にも開くとともに、素粒子原子核物理学と宇宙物理学との学際的研究領域を拡げ

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

ることに大きく貢献した。[2.1]

- 社会課題に関係する研究として、加速器の粒子ビームの衝突により生成された放射線を観測する装置に使われる水晶発回路の高速起動と省電力化を実現する技術開発を進めた。この技術は、加速器プロジェクトに留まらず、Society5.0の鍵を握るIoT機器への応用が大きく期待されている。尚、本研究成果は、前述した卓越研究員制度を利用したものである。また、CMB観測技術のスピンオフとして、上空の大気の測定からゲリラ降雨を予測する測定器を開発し、社会的な課題に対して貢献する潜在能力を示した。[2.1]
- 若手研究者を確保・育成するため、素粒子原子核物理学分野の国際共同実験においては、国際会議等で実験グループを代表する講演者を選ぶ独立の委員会を常設し、推薦された候補者の実験や研究成果に対する貢献度を評価して優秀な若手研究者により多くの発表機会を与えることが標準となっている。[2.2]
- 将来の若手研究者である大学院生に対して、以下のような人材育成を行っている。
 - 海外の大学に所属する学生を招聘してKEKの研究活動に参加し研鑽を積んでもらうサマースチューデントプログラムを、総研大と共同で平成29年度から始めた。平成29年度から令和元年度までの応募者数と招聘者数の推移はそれぞれ18名→56名→151名、8名→18名→21名と順調に増加している。[2.2、B.2]
 - 素粒子原子核物理学の研究とその日米間の協力の推進に多大な貢献をされた故・尾崎敏博士の功績をたたえ、大学院生を対象とした若手人材交流プログラム「Ozaki Exchange Program」を、日米科学技術協力事業の下での取り組みとして令和元年度から始めた。日米両国の各々で選抜された大学院生が相手国に6～10週間滞在して研究を行う。初年度である令和元年度は2名を米国に派遣し、米国からは3名を受け入れた。[2.2、B.2]
 - 欧州CERNで毎年開かれるサマースクールへの日本人学生の参加支援を15年間継続している。これまで派遣した67名の学生は、全国の大学から高い競争率（5倍程度）で選考されており、その中から現在研究者として活躍している人材を多数輩出している。また、CERNと共同で実施するAsia Europe Pacific School of High Energy Physicsを前期の中期目標期間中に立ち上げ、継続して実施している。本件は、国内だけでなくアジア地区の人材育成であり、同時にCERNやアジア近隣諸国との国際連携の強化にもなっている。[2.2、B.2]
- 高校生や大学生を対象にして、幅広い人材の育成を行っている。
 - 大学3年生を主な対象とする夏の学校「サマーチャレンジ」を毎年開催し、

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

大学の学部教育ではカバーできないレベルの素粒子、原子核、加速器、宇宙物理の講義と、最先端の実験装置を使った実習を行っている。毎年 60 名以上の参加者を集め、過去 12 年の平均で参加者の 74%以上が大学院に進学し、追跡調査できているだけでも 18 名の研究者を輩出している。[2.2]

- 高校生向けに毎年 8 月にサマーキャンプ「Belle Plus」を実施している。各回 20 名強の高校生が全国から KEK に集まり、3 泊 4 日の合宿で素粒子の研究を体験した。特に平成 29 年には、クラウドファンディングで Belle Plus に参加する高校生の旅費の補助の支援を募り、目標の 2.5 倍の支援を得た。[2.2]
- Belle の実験データを公開して粒子の探索を体験してもらう教育プログラム「B-Lab」を継続して実施している。平成 28 年度以降、高校生を中心に 79 名が新たにプログラムに参加した。B-Lab を用いた出張授業も行った。
- 理系分野を目指す女子高校生を対象にした「TYL スクール理系女子キャンプ」(TYL は、フランスを中心に国際的に活躍された故湯浅年子博士にちなむ)をフランスと協同して継続実施し、男女共同参画のための取り組みを長期的視野に立って進めている。毎年、全国から 30 人が参加している。科学実験や女性研究者による講義、大型実験施設の見学、パネルディスカッション、懇談などを行い、科学分野の人材の多様化を促進した。[2.2]
- 法令遵守や研究者倫理向上のための各種の訓練や教育に e-learning (オンライントレーニング) を導入した。受講者の利便性を高め、訓練の効率を上げた。[2.0]

<必須記載項目 3 論文・著書・特許・学会発表など>

【基本的な記載事項】

- ・ 研究活動状況に関する資料 (大学共同利用機関) (別添資料 8901-i3-14)
- ・ 海外での国際会議・ワークショップ等への参加状況 (別添資料 8901-i3-15)
- ・ 特許出願・取得・保有件数 (別添資料 8901-i3-16)
- ・ 指標番号 41~42 (データ分析集)

論文の出版状況は、別添資料 8901-i3-14、学会での研究成果発表については別添資料 8901-i3-15、特許の出願・取得・保有件数は別添資料 8901-i3-16 を参照。

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- 本研究所から、関連分野における被引用回数が上位 0.1%以内に入る論文が 8 報

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

(ATLAS 実験、理論的研究、素粒子データブックなどから)、1%以内が 40 報 (B ファクトリー実験、J-PARC 実験、ATLAS 実験、理論的研究、素粒子データブックなどから)、5%以内が 102 報 (B ファクトリー実験、J-PARC 実験、ATLAS 実験、短寿命核実験、理論的研究、将来プロジェクトなどから) がある。このように、質の高い論文を研究業績として輩出している。

- 査読付き論文の出版数、海外での国際会議・ワークショップ等への参加状況は平成 27 年度 (それぞれ 318 報、132 報) からそれぞれ約 400 報、約 200 報に増加している。実験技術等に関連した特許の保有数も、平成 27 年度の 20 報から 30 報に増えた。これらの活動実績により、素粒子原子核研究所は研究分野の中での存在感を世界に示している。

<必須記載項目 4 研究資金>

【基本的な記載事項】

- ・受託研究の受入状況 (別添資料 8901-i4-17)
- ・民間との共同研究の実施・受入状況 (別添資料 8901-i4-18)
- ・寄附金受入状況 (別添資料 8901-i4-19)
- ・科学研究費補助金の獲得状況 (別添資料 8901-i4-20)
- ・機関補助金等の獲得状況 (別添資料 8901-i4-21)
- ・指標番号 25~40、43~46 (データ分析集)

研究資金の受け入れ状況については、別添資料 8901-i4-17~8901-i4-21 を参照。

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- 素粒子原子核研究所が KEK の加速器を用いて行っている実験的研究はいずれも国際共同実験である。B ファクトリーや J-PARC のように大強度で素粒子原子核実験を行える施設は他に無いため、海外の研究機関から多数のチームが必ず参加し、自国で研究費を獲得し実験装置に現物供与を含む貢献をしている。Belle II 実験の測定器には独・米・伊などが 26 億円程度の、T2K 実験の測定器には米・英・仏・加などが 33 億円程度の資金貢献をしている。より小規模の実験においても、J-PARC ハドロン実験施設では測定器の心臓部である電磁カロリメータに米国から 10 億円程度の現物供与の貢献がなされ、準備中の実験の測定器に 1 億円以上の資金が投入されている例がある。また、大規模な国際共同実験の通例として、Belle II 実験のために年間 1.5 億円、T2K 実験のために年間 0.7 億円の運転維持費 (Maintenance & Operation 経費) が海外の研究機関より供与されている。Belle II 実験においてはさらに、分散型計算機環境 (GRID) として海外の研究機関が年

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

間 23 億円相当の計算機資源を提供している。

- 科研費の獲得では、KEK 内での応募前査読システムを整備して研究者間での意見交換の機会を増やした。採択件数は毎年ほぼ 70 件であるが、大型科研費の獲得もあり、第二期（平成 22 年～平成 27 年）の平均年間獲得額 4.3 億円から、平成 28 年～令和元年の平均は 5.9 億円へ増加した。
- また、本研究所が主導する実験のために、国内の大学に所属する共同研究者も、大型の科研費（従来の例では、特別推進研究、特定領域研究、基盤研究(S)、基盤研究(A)など）を獲得して実験遂行への貢献をしている。J-PARC のハドロン実験施設では、実験の責任者等が科研費で獲得した資金を様々なリソースの充実のために積極的に投入し、その金額は平成 19 年からこれまで 45 億円となっている。

<選択記載項目 A 地域連携による研究活動>

【基本的な記載事項】

(特になし)

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- つくばの地域性と KEK の先端性を統合させた地域連携活動の推進として、産業技術総合研究所、物質・材料研究機構、筑波大学、東京大学および KEK の 5 機関が連携し、「知の創成」と「産業界への橋渡し」を目的として立ち上げたオープンイノベーション拠点である「つくばイノベーションアリーナ (TIA)」連携の活動に取り組んでいる。平成 28 年度からは連携プログラム探索事業「かけはし」を開始しており、平成 28 年度から令和元年度にそれぞれ 39、50、47、52 課題の研究テーマを採択した。[A. 1]
- 素粒子物理学実験用に開発された最先端の半導体放射線検出器技術を社会に役立てるため、SOI 量子イメージセンサ・コンソーシアムを令和元年度に立ち上げた。企業会員 7 社、アカデミック会員約 50 名の参加を得て、設計技術講習会、研究会等を行った。複数の参加者がそれぞれ独自設計したセンサーをまとめて半導体プロセスを行うことで、半導体センサー開発への参入を容易にした。[A. 1]
- つくばキャンパスはつくば市、東海キャンパスは東海村をメインに、地域の地域を対象とする研究の広報活動に力を入れている。つくばキャンパスの一般公開や J-PARC の施設公開、市民公開講座の開催、つくば駅前「BiVi つくば」や東海駅前「アイヴィル」でのサイエンスカフェ、つくば EXPO センターと連携して「暗黒物質の探索」に関するプラネタリウム用映画の上映と講演、つくば市の「つくば科

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

学フェスティバル」「つくば市ちびっこ博士」への参加、地元イベント（東海村での「大空マルシェ」、日立市の「エコフェスひたち」）への科学実験コーナーの出展、茨城県の科学学習支援事業「科学はかせ」への協力、中学生の職場体験の受け入れ、小学生を対象とした実験教室や出前授業、などを行った。[A. 0]

- 国際リニアコライダー（ILC）計画の建設候補地である岩手県とは、実験室等の施設設計や測定器要素の搬入経路等に関する共同研究を実施している。また、政官産学の連携役として量子加速器開発を推進しようとしている先端加速器科学技術推進協議会とも緊密な連携を取りつつ、計画を進めている。[A. 0]

<選択記載項目 B 国際的な連携による研究活動>

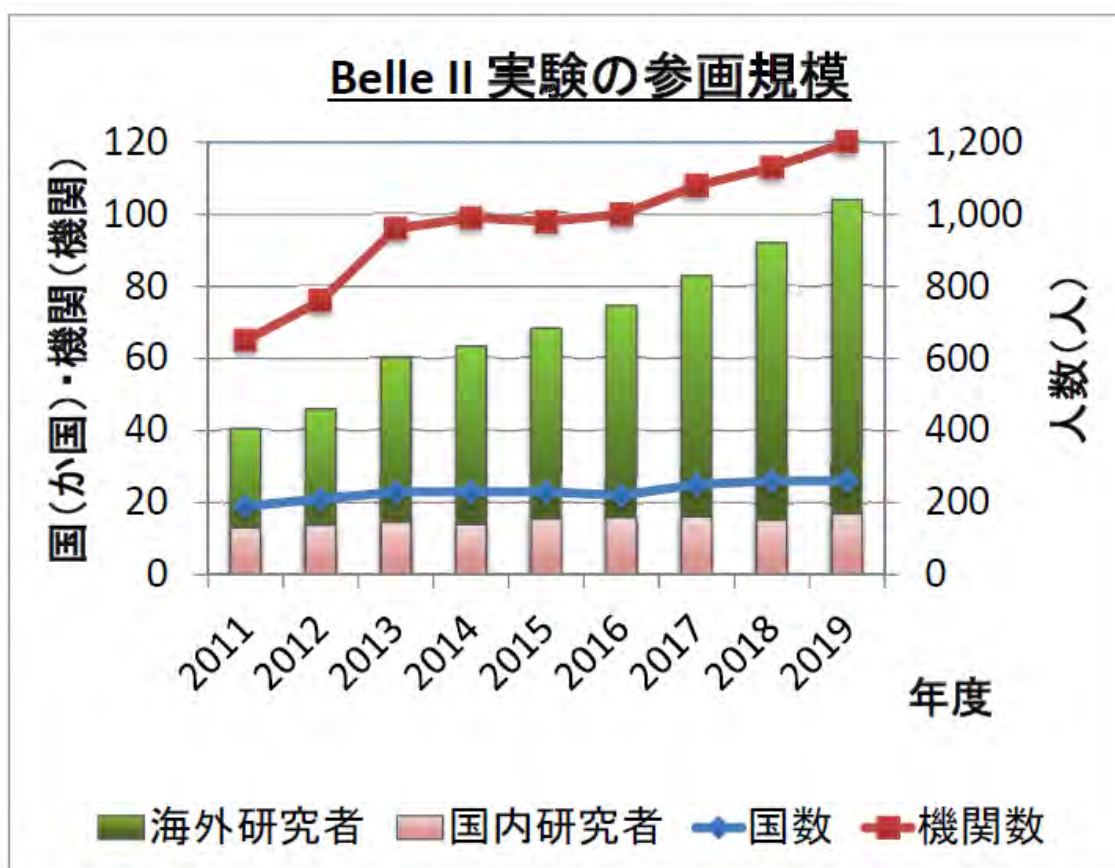
【基本的な記載事項】

- ・ベトナムで開催されたニュートリノ国際スクール（別添資料 8901-iB-22）
- ・「総研大・高エネルギー加速器科学研究科とジョージア工科大学がダブルディグリープログラムにかかる協定を締結」（平成 31 年 3 月 4 日）

（別添資料 8901-iB-23）

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- 素粒子原子核研究所が KEK の加速器を用いて行っている実験的研究はいずれも国際共同実験である。T2K 長基線ニュートリノ振動実験には 12 か国から約 500 名の研究者が参加している。研究機関数は実験開始時（平成 22 年）の 58 から平成 28 年度には 63 に増え、その後も増加して令和元年度には 70 に達した。また、大規模実験の中から若手研究者を中心に少人数のイニシアチブによる新たな国際共同研究（長基線ニュートリノ振動測定の基礎となるニュートリノ原子核反応の断面積の測定、新種のステライルニュートリノの探索）の実験がこれまでに三つ立ち上がった。
- 第 3 期中期目標期間に建設期から実験遂行期へと移行した Belle II 実験は、平成 28 年度以降も参加国数、機関数、共同利用者数ともに増加しており、令和 2 年 4 月現在 26 の国と地域から 1,000 名を超える研究者が参加している。[分析項目 I、B. 1、 B. 2]



As of March 31st, 2020

- 素粒子原子核研究所は海外の世界有数の装置を用いた実験研究に参加している。中でも欧州 CERN の ATLAS 実験については、第 3 期中期目標期間中の平成 30 年度に Collaboration Meeting をアジアで初めて日本で開催し、300 名を超える ATLAS 研究者が日本に集結し、223 名は外国人研究者であった。この会議の運営を KEK が主導し、成功裏に終えた。実験現場である CERN で日本の若手研究者が研究を主導するための支援を実施し、国内グループの研究者や大学院生を派遣するとりまとめも行っている。[B.1、B.2]
- 本研究所は、素粒子物理学分野の全世界的な共同研究実施体制（リニアコライダー国際コラボレーション）の枠組みで進めている ILC 計画において、物理や加速器の運用に関する検討を主導している。第 3 期中期目標期間中の平成 30 年は特に、国際コミュニティの意向を ILC をヒッグスファクトリーとして再定義する方向に纏め上げた。また、測定器提案においては、正式な研究実施体制の構築に向けた国際的な組織再編を進めた。
- 平成 29 年 7 月、ベトナムで初めて設立された素粒子加速器実験のグループの立ち上げに、素粒子原子核研究所のニュートリノ実験グループは全面的な協力をしている。このグループは、最初のマイルストーンとして、J-PARC の T2K 実

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

験に正式に参加することを認められ（平成 29 年 9 月）、今後も他の素粒子実験への参加を視野に、グループを拡充していく予定である。素粒子原子核研究所グループではベトナムとその周辺国で研究者の裾野を広げることを目的にして、ニュートリノ実験の講義と実習を中心とした国際スクールをベトナムで平成 29 年から毎年開催している。参加学生 20～30 名（60%はベトナム国籍）、講師の半分以上は日本から参加している。[B. 2]

- 国外の大学に所属する大学院生が日本に長期滞在して実験を行いつつ日本の総研大の学位も取得できる「ダブル・ディグリー」の制度を整え、J-PARC での国際共同実験を軸として候補学生を受け入れる準備を進めた。すでにジョージア工科大学と協定書が締結され、候補学生の選定を行いつつある。（総研大では 2 例目、KEK が関係する研究科では初めて。）令和元年に首都トビリシで開催された Science and Innovation Festival においても J-PARC とその研究の紹介を行い学生の積極的な応募を呼びかけた。ベラルーシ科学アカデミー、ベラルーシ国立大学とも同様の協定を結ぶ準備をしている。[B. 2]

<選択記載項目 C 研究成果の発信／研究資料等の共同利用>

【基本的な記載事項】

- ・素粒子原子核研究所のウェブサイト（別添資料 8901-iC-24）

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- つくばキャンパス、東海キャンパスの双方で毎年一般公開を実施しており、平均して前者は 4,000 人規模、後者は 1,500 人規模の来場者を迎えている。[C. 1]
- Belle II 実験では広報活動を幅広く展開している。たとえば、第 3 期中期目標期間中の平成 29 年度の Belle II 測定器のロールインに当たり、研究成果発信の重点イベントと位置づけ、著名人トークを交えたネット動画配信や SNS 配信を実施した。また、Belle II では、年間を通して測定器の見学を受け入れ、前回の中期目標期間中の平均年間見学者数 8,900 人から、この 4 年間の見学者数年平均は 9,700 人に増加している。[C. 1]
- 平成 30 年度から、プラネタリウム用ムービー上映と研究者の講演からなる一般向けイベントを 1 年に 2、3 回程度の頻度で開催し、毎回 150 人規模を動員した。[C. 1]

<選択記載項目D 学術・研究のネットワークの形成・推進>

【基本的な記載事項】

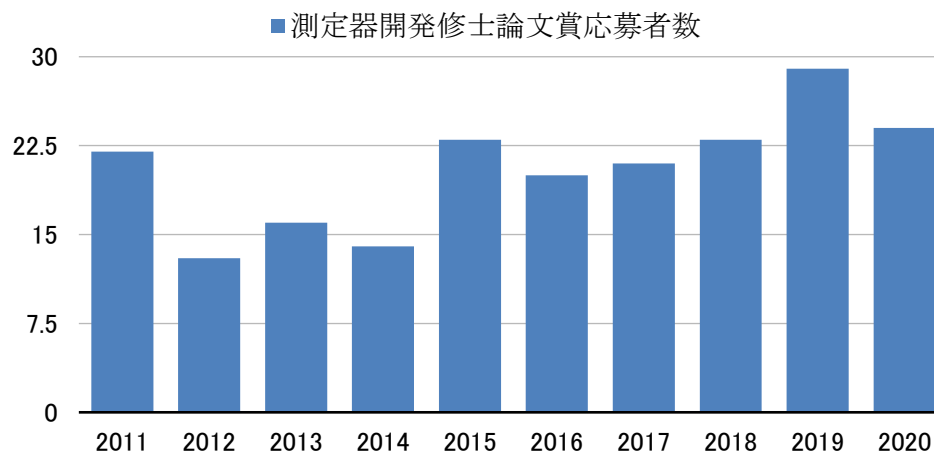
- ・ Fundamental Interaction SpaceTime (FIST) のウェブサイト (別添資料 8901-iD-25)
- ・ International Committee for Future Accelerator (ICFA) のウェブサイト
(別添資料 8901-iD-26)
- ・ Asian Committee for Future Accelerator (ACFA) のウェブサイト
(別添資料 8901-iD-27)
- ・ 高エネルギー物理学研究者会議のウェブサイト (別添資料 8901-iD-28)
- ・ 原子核談話会のウェブサイト (別添資料 8901-iD-29)
- ・ 素粒子論グループのウェブサイト (別添資料 8901-iD-30)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 国内の研究者コミュニティ (原子核談話会に約 600 名、高エネルギー研究者会議に約 900 名) を代表する核物理委員会、高エネルギー委員会の委員は、コミュニティのメンバーの選挙によって選出される。研究所長は Ex Officio として参加し、コミュニティとの意見の共有を図っている。[D. 1]
- 素粒子物理学の加速器実験の将来計画を議論する世界的な研究者ネットワークである International Committee for Future Accelerators (ICFA) において、世界の大規模研究施設の一つとして KEK の機構長が主要メンバーとなっており、世界的に協調・競争しながら研究を進める体制を取っている。[D. 1]
- 理論センターでは、国内外の参加者が百名規模の研究会を毎年数回開催し、韓国・中国・台湾の主要研究機関と連携して、アジア研究者ネットワークの構築を進めている。アジアの研究者ネットワークとして、KEK をその一翼とする Fundamental Interaction SpaceTime (FIST) の準備を進めており、協定の草案を作成するところまでこぎつけた。また国内ワークショップの開催等により、研究者の交流を促進した。[D. 1]
- 測定器開発に関する国内の拠点形成として、令和元年度に測定器開発プラットフォームを立ち上げた。研究会の実施により大学関係者の交流の場を設け、KEK が保有する施設や装置を有効に利用するための方策を提供し、若手から中堅研究者を中心に 100 名の研究者が集った。すでに共同開発の芽が始め、外部資金獲得に向けた研究テーマが複数出ている。[D. 1]
- 全国の大学院修士課程の学生を対象にした測定器開発優秀修士論文賞を平成 23 年に設立し、その活動を継続している。年々応募者数が増加しており、平成 27 年までの平均応募件数が 18 に対し、平成 28 年以降の 5 年間では 23 になっ

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

た。その中から常勤の研究者になった者もすでに複数おり、測定器開発の基盤を形成している。[D.1]



<選択記載項目E 学術コミュニティへの貢献>

【基本的な記載事項】

- ・研究者を対象とする国際会議、シンポジウム、ワークショップを毎年多数開催し、多数の研究者がKEKのキャンパスを訪れ、活発な交流を行っている。（別添資料 8901-iE-31）
- ・特に理論研究においては、国内の拠点として、年間を通じて主要な研究会を数多く開催して研究者の交流を促進するとともに、新たな研究の発端となる機会を全国の研究者に提供している。（別添資料 8901-iE-32）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 世界中の素粒子物理学分野の研究者が協力し更新を続けている「素粒子データブック」とその中心的役割を果たしている Particle Data Group の活動を継続的に支援している。平成 28 年版の引用率がトップ 0.01% となっていることからわかるように、素粒子データブックは、素粒子物理学分野の研究者が常に手元に置く標準的な参考文献あるいは教科書となっている。[E.0]
- 国内の研究者コミュニティを代表する、高エネルギー委員会、核物理委員会、および素粒子論委員会（コミュニティに属する研究者数はそれぞれ約 900 名、600 名、1,200 名）に素粒子原子核研究所から多くの委員を輩出し、コミュニティの活動に貢献すると同時にコミュニティの意見共有を図った。[E.0]
- Sponsoring Consortium for Open Access Publishing in Particle Physics (SCOAP3) と呼ばれる国際連携プロジェクトは、高エネルギー物理学分野の代表的査読付きジャーナル論文すべてのオープンアクセス化を実現することを目的

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

としており、その活動に貢献している。[E. 0]

- 日本の学術情報発信力を強化するために、日本物理学会が刊行する国際的学術論文誌 Progress of Theoretical and Experimental Physics (PTEP)への財政支援を実施している。PTEP は掲載論文全てが発行と同時にオンラインで全世界に公開されるオープンアクセス誌であり、著者が論文の著作権を保持するのでコンテンツの再利用が容易という特色がある。[E. 0]

<選択記載項目 2 その他>

【基本的な記載事項】

本研究所は、素粒子原子核物理学研究の世界三大国際拠点の一つとして、国内および国外の研究者が最先端の研究施設を用いた共同利用・共同研究を実施するための場を提供している（必須記載項目 1、選択記載項目 B）。主に KEK が保有し運用する加速器システムを用いてその実験的研究を行うことを中心的な目的とするが、測定器の開発、データ収集・解析手段の開発及び低温技術の開発なども実験活動を支える研究として幅広く展開している（必須記載項目 2）。理論的研究や隣接分野の研究や将来プロジェクトのための研究も実施し（選択記載項目 A）、また、国内外の大規模実験施設における実験研究にも参画している。以上の成果として質の高い論文を多数発表している（必須記載項目 3）。

研究の推進にあたっては、国内の研究者コミュニティの意見を基に研究活動の計画を立案する。大学等からの共同利用者の利便性を重視した研究活動を実施し学術コミュニティへ貢献する（選択記載項目 E）。

次世代の人材を養成するため、総合研究大学院大学等と連携し、大学共同利用機関としての特徴を活かした学生の教育と研究指導を行っている。研究会、スクールなどの開催を通じて、素粒子原子核物理学の研究者を育成するとともに、アウトリーチ活動を通して研究成果の普及を精力的に行っている（必須記載項目 2、選択記載項目 C、選択記載項目 D）。

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- 大学共同利用機関が事業として実施する共同利用・共同研究の実績
 - ① 共同利用・共同研究事業の高い活性度
- 必須記載項目 1 と選択記載項目 B で示したように、B ファクトリー実験や J-PARC のニュートリノ実験は国際的な大型共同研究として大きく発展中で、本研究

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

所は素粒子原子核物理学研究の世界三大国際拠点の一つとしての役割を果たしている。B ファクトリーでは、共同研究者数が千名を超えただけでなく、国外研究者比率が80%を超える国際性豊かな研究者集団を形成している。そのような研究者集団が本研究所に集結し、ノーベル賞級の発見を目指して日々研究を進めている。本研究所は実験をホストするだけでなく、国内外の施設で実施する実験にも積極的に関与し、国内の研究者が本研究所以外のプロジェクトに参加活躍する機会も提供した（必須記載項目1、選択記載項目B）。以上のように、国際共同研究を活発化した成果として、関連分野における被引用回数が上位0.1%以内に入る論文を8報、1%以内を40報発表した（必須記載項目3）。

特に、ジャーナルに掲載された物理論文数に対する高被引用論文が占める割合は、KEKが国内の研究機関中トップであった。（別添資料8901-iZ-33）

② 共同利用・共同研究事業を通じた研究者間連携構築

必須記載項目1と選択記載項目Bで示したように、本研究所は、素粒子原子核物理学の国際的研究拠点であり、国内だけでなく世界に向けた共同利用を展開している。一方で、研究者間の連携をより幅広くより深化させるための数多くの取り組みも実施している（選択記載項目DとE）。1,500名からなるコミュニティ（原子核談話会に約600名、高エネルギー研究者会議に約900名）を代表する核物理委員会、高エネルギー委員会に所長がExOfficioとして参加するなど、国内のコミュニティとの深い連携を構築する一方で、国際拠点の役割の一つとして将来計画に関する議論を主導している。

また、本研究所の重要な役割として、測定器技術の開発発展およびその技術の継承があるが、そのための新たなネットワーク構築および人材育成の新たな方策を立ち上げた。Open-It（必須記載事項2）では50を超えるプロジェクトが走り、測定器開発プラットフォームは立ち上げから1年で100名を超える参加者を集めている。

③ 共同利用・共同研究事業の幅広い認知

本研究所は、素粒子原子核物理学研究の世界三大拠点の一つであり、世界の共有財産として高く評価されている。①②でも述べたように、その証左として、国際共同実験グループそれぞれが成熟し、数の上でも国際性の上でも大きく成長している。

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究活動の状況

○ 当該機関の特色ある共同利用・共同研究活動

素粒子原子核研究所は、KEK が保有し運用する大型加速器システムを使った共同利用だけでなく、国内外の大規模実験施設における実験研究や、理論的研究、測定器の研究、隣接分野との学際的な領域の研究、および、将来計画に向けた研究などにおいて、共同利用研という立場から国内外研究者のプラットフォームとしての役割をになっている。利用者の数、研究内容の幅広さ、ほぼ全ての研究が海外の研究者との共同研究であること、等の観点から、本研究所は、素粒子原子核物理学研究の国際的な拠点となっている。その研究には海外の多くの大学・研究機関も参加し、事実上、世界に開いた大学共同利用となっており、世界の共同財産であると認識されている。

分析項目Ⅱ 研究成果の状況

<必須記載項目1 研究業績>

【基本的な記載事項】

- ・ 研究業績説明書

本研究所の目的は、高エネルギー加速器を用いて素粒子・原子核物理学の実験的研究を行うことである。この実験のために建設、運転している加速器は、世界的にみて有数のものであり、生み出される研究成果もこの分野の有数のものであることが期待される。そうした観点から研究成果を分析し、著しく高い成果と思われるものを厳選した。また、本研究所は、KEK が保有する加速器システムだけでなく、国内外の大規模実験施設における実験研究にも組織として参加し、その実験プロジェクトに積極的に貢献することも任務の一つとしている。この点においても世界有数の装置を用いたものに参加しており、高い質の成果が望まれ、実際にその期待に応えた成果が複数ある。これらについての論文もその学問的インパクトに応じて顕著なものを選定した。さらにこうした実験と相補的である理論的研究、測定器や隣接分野の研究についても顕著なものを選定した。

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- KEK が保有する加速器システムによる実験的研究
 - ・ Bファクトリー実験
 - Belle II 測定器を完成し、Belle II 国際共同実験を開始した。[業績 3]
 - Belle 実験で
 - B 中間子におけるレプトン普遍性の破れの兆候を報告した。[業績 12]
 - 新粒子 X(3872)の性質を測定した。その他のエキゾチック粒子や新しいチャームバリオンを多数発見した。[業績 13]
 - 中性 B 中間子の二体崩壊、三体崩壊により小林益川行列のさらなる精密測定を行った。[業績 19]
 - ・ J-PARC 実験
 - ニュートリノ振動の世代間の混合角 θ_{23} が最大混合と矛盾しないこと、95% 信頼度で CP 対称性が破れていること、質量階層性が順階層である可能性が高い (87%) ことを示した。[業績 1]。
 - 大強度ニュートリノビームを用いて、ニュートリノと原子核の反応断面積の

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究成果の状況

系統的な測定を行った。[業績 20]

- K 中間子と 2 つの陽子が束縛した K 中間子原子核やストレンジネスを 2 つ持つ新種の二重 Λ ハイパー核を発見した。フッ素の Λ ハイパー核の γ 線分光により、その準位構造を解明した。[業績 2]
- 中性 K 中間子が CP 対称性を直接破って稀に中性パイ中間子とニュートリノ対に崩壊する分岐比に対しこれまでで最も厳しい上限値を与え、世界最高感度を十倍更新した。[業績 8]
- 大強度ビームの取り扱いに不可欠な耐放射線電磁石、ビームハンドリングシステム、2 次粒子生成標的システムを開発した。[業績 17]
- 世界で初めて負ミュオニウムイオンを RF 加速することに成功した。[業績 6]
- ミューオン-電子転換事象を探索する COMET 実験のための技術計画書を完成させるとともに、実験に要求される高純度の陽子ビームの開発に成功した。[業績 21(2)(3)]

○ 国内外の大規模実験施設における実験研究

・ ATLAS 実験

- 第 3 世代に属するクォークと荷電レプトンの質量と、弱い力を媒介する W 粒子および Z 粒子の質量が、同じヒッグス粒子の場によって動的に生成されていることを世界で初めて示した。[業績 4]
- 暗黒物質になりうる素粒子や超対称性粒子などの未知の重い新粒子を探索し、様々な仮説に対して制限を与えた。[業績 11]
- 高レート高放射線環境下で実験を行う ATLAS 検出器の振る舞いと、高度化に向けた新型シリコンセンサー開発の研究を行った。[業績 18]

・ MEG II 実験

- スイス PSI 研究所にて、ミュオンが電子とガンマ線への崩壊の高感度での探索を行う MEG II 実験を開始した。[業績 21(1)]

・ 短寿命核実験

- 短寿命の重元素同位体を実験室にて生成・捕集・分離する元素選択型質量分離器を世界に先駆けて開発し、迅速かつ高能率に原子核質量の精密測定ができる装置を実用化した。[業績 5]

○ 理論的研究

- ・ ミューオン異常磁気能率に対する標準理論の予想値を高精度で決定した。実験値との不一致の度合いが強まり、新物理が存在する可能性がさらに高まった。[業績 10]
- ・ 数値計算では困難な高温・高密度状態のハドロン物質の性質の解明を、様々な

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 研究成果の状況

理論の手法を用いて行った。[業績 15]

- ・日仏2国間事業 (TYL-FJPPL) から、理論と宇宙現象との整合性により素粒子物理学の新理論を検証する2件の顕著な研究成果が得られた。[業績 22]

○ 測定器の研究

- ・先端半導体技術を用いて、粒子の時間・位置・エネルギーを高精度で測定する検出器を開発し、従来の検出器を凌駕する性能と放射線耐性を実現した。

[業績 9]

- ・高集積化高機能化の技術により、従来比2倍以上の速さで起動し消費エネルギーを1/9に削減した水晶発振回路を開発した。[業績 14]

○ 隣接分野の研究

・CMB 実験

- － 宇宙マイクロ波背景放射のBモード偏光を測定し、重力レンズ効果に起因する偏光パターンを2倍の精度で決定した。新しい地上観測装置を開発し、人工衛星計画 LiteBIRD を提唱した。[業績 7]

・素粒子データブック

- － 過去数十年にわたって蓄積された素粒子実験のデータを研究者が使いやすいようにまとめたレビューとデータベースを定期的に更新し、素粒子分野の研究者の標準的な参照資料となっている。[業績 23]

○ 将来プロジェクト

- ・国際リニアコライダー ILC の実現に向けてその物理の総合的な研究を行い、新しい解析方法を提案した。[業績 16]

【参考】データ分析集 指標一覧

区分	指標番号	データ・指標	指標の計算式
5. 競争的外部 資金データ	25	本務教員あたりの科研費申請件数 (新規)	申請件数(新規) / 本務教員数
	26	本務教員あたりの科研費採択内定件数	内定件数(新規) / 本務教員数 内定件数(新規・継続) / 本務教員数
	27	科研費採択内定率(新規)	内定件数(新規) / 申請件数(新規)
	28	本務教員あたりの科研費内定金額	内定金額 / 本務教員数 内定金額(間接経費含む) / 本務教員数
	29	本務教員あたりの競争的資金採択件数	競争的資金採択件数 / 本務教員数
	30	本務教員あたりの競争的資金受入金額	競争的資金受入金額 / 本務教員数
6. その他外部 資金・特許 データ	31	本務教員あたりの共同研究受入件数	共同研究受入件数 / 本務教員数
	32	本務教員あたりの共同研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入件数(国内・外国企業からのみ) / 本務教員数
	33	本務教員あたりの共同研究受入金額	共同研究受入金額 / 本務教員数
	34	本務教員あたりの共同研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ) / 本務教員数
	35	本務教員あたりの受託研究受入件数	受託研究受入件数 / 本務教員数
	36	本務教員あたりの受託研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入件数(国内・外国企業からのみ) / 本務教員数
	37	本務教員あたりの受託研究受入金額	受託研究受入金額 / 本務教員数
	38	本務教員あたりの受託研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ) / 本務教員数
	39	本務教員あたりの寄附金受入件数	寄附金受入件数 / 本務教員数
	40	本務教員あたりの寄附金受入金額	寄附金受入金額 / 本務教員数
	41	本務教員あたりの特許出願数	特許出願数 / 本務教員数
	42	本務教員あたりの特許取得数	特許取得数 / 本務教員数
	43	本務教員あたりのライセンス契約数	ライセンス契約数 / 本務教員数
	44	本務教員あたりのライセンス収入額	ライセンス収入額 / 本務教員数
	45	本務教員あたりの外部研究資金の金額	(科研費の内定金額(間接経費含む) + 共同研 究受入金額 + 受託研究受入金額 + 寄附金受入 金額)の合計 / 本務教員数
	46	本務教員あたりの民間研究資金の金額	(共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ) + 受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ) + 寄附金受入金額)の合計 / 本務教員数

2. 物質構造科学研究所

(1) 物質構造科学研究所の研究目的と特徴	2-2
(2) 「研究の水準」の分析	2-3
分析項目Ⅰ 研究活動の状況	2-3
分析項目Ⅱ 研究成果の状況	2-15
【参考】データ分析集 指標一覧	2-20

(1) 物質構造科学研究所の研究目的と特徴

1. 物質構造科学研究所は、大学共同利用機関として、加速器から得られる放射光・中性子・ミュオン・低速陽電子（以下総称して「量子ビーム」と称する）をプローブとし、吸収・透過、散乱・反射、回折等の観測手法を開発することによって、物質の構造・機能に関する共同利用・共同研究を推進することを目的としている。
2. 上記研究の推進のために、共同利用者の研究支援に加え、量子ビーム源・観測装置等の設計・建設・装置維持・高度化を遂行することにより、表面科学、固体物理学、材料科学、構造生物学の主要学術分野の強化や文理融合を含む関連分野への拡大を図る。
3. 物質の構造・機能の解明から新たな機能・材料等の創製につなげるという広い観点から、4つの量子ビームの複合的利用に加え、試料調製環境や電子顕微鏡・レーザー分光等の周辺研究設備を整備するとともに、研究設備・研究成果の産業界への展開を図る。
4. 次世代研究者を養成するため、総合研究大学院大学と連携し、大学共同利用機関としての特長を活かした物質構造科学専攻の大学院教育を行う。また、特別共同利用研究員制度、連携大学院、大学との連携協力協定等に基づき、要請に応じて諸大学の教育、人材育成に協力する。

(2) 「研究の水準」の分析

分析項目 I 研究活動の状況

<必須記載項目 1 研究の実施体制及び支援・推進体制>

【基本的な記載事項】

- ・ 教員・研究員等の人数が確認できる資料（別添資料 8902-i1-1）
- ・ 本務教員の年齢構成が確認できる資料（別添資料 8902-i1-2）
- ・ 共同利用実験の採択状況、実施状況（別添資料 8902-i1-3）
- ・ 共同利用者の受入状況（別添資料 8902-i1-3）
- ・ 共同利用者の所属機関数（別添資料 8902-i1-3）
- ・ 4つの大型量子ビーム施設のビームライン配置図（別添資料 8902-i1-4）
- ・ 指標番号 11（データ分析集）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 物質構造科学研究所（以下、物構研）は、4つの大型量子ビーム施設（つくばキャンパスにおいては放射光実験施設フォトンファクトリーと低速陽電子実験施設、東海キャンパスにおいては高エネルギー加速器研究機構（KEK）と日本原子力研究開発機構（JAEA）の2法人が設置者である J-PARC 物質・生命科学実験施設 MLF に中性子施設、ミュオン施設を有する）の運営に責任を果たすことに加え、学術コミュニティとともにこれらの量子ビーム施設の高度化計画、将来計画を策定し、日本学術会議等に提案する体制をとっている。令和元年度より、放射光と低速陽電子の施設機能としてのビームライン・測定装置の開発と高度化の研究を強化するため、それまで研究系に含まれていた「放射光実験施設」と「低速陽電子実験施設」を独立した組織として研究系から切り離し、他施設との役割分担を含む連携協力が加速できる体制とした（別添資料 8902-i1-4 参照）。[1.1]
- 各量子ビーム施設を利用した研究を広い分野で先導・推進するために、放射光、中性子、ミュオンの各研究系を配置するとともに、戦略的組織として研究センターを置くことによって特定分野で横断的に研究を進める体制を確保している。令和元年度には、固体物理学を中心に4量子ビームを併用したマルチプローブ研究を推進してきた構造物性研究センターを発展的に改組・拡充し、材料科学や表面科学も対象に含めるとともに横断的研究体制を強化するために、「量子ビーム連携研究センター」設置（令和2年度発足）の検討を進めた。本センターでは、物構研の特長を活かした新たな共同利用と新たな共同研究の枠組みとして、共同利用申請に対して指導・助言することでマルチプローブ研究を加速する「発掘型共

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究活動の状況

同利用」、イノベーションに貢献できる量子ビーム連携研究課題を設定して産学官連携・国際連携によって課題解決する「テーマ設定型共同研究」を導入することにした。[1.1]

<必須記載項目2 研究活動に関する施策／研究活動の質の向上>

【基本的な記載事項】

(構成員への法令遵守や研究者倫理等に関する施策の状況が確認できる資料)

- ・利益相反行為防止規程 (別添資料 8902-i2-5)
- ・役職員倫理規程 (別添資料 8902-i2-6)
- ・安全衛生管理規程 (別添資料 8902-i2-7)
- ・研究費の取扱いに関する規程 (別添資料 8902-i2-8)
- ・公正な研究活動の推進に関する規程 (別添資料 8902-i2-9)

(研究活動を検証する組織、検証の方法が確認できる資料)

- ・研究推進会議規程 (別添資料 8902-i2-10)
- ・国際諮問委員会設置要項 (別添資料 8902-i2-11)
- ・物質構造科学研究所運営会議規程 (別添資料 8902-i2-12)
- ・研究プロジェクト評価実施規程 (別添資料 8902-i2-13)
- ・ミュオン科学研究施設評価委員会設置要項 (別添資料 8902-i2-14)
- ・中性子科学研究評価委員会設置要項 (別添資料 8902-i2-15)
- ・物質構造科学研究所諮問委員会設置要項 (別添資料 8902-i2-16)
- ・放射光実験施設諮問委員会設置要項 (別添資料 8902-i2-17)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 平成 28 年度からテニユアトラック制度 (任期付きからテニユア審査を経て任期なしに昇格させるもの) を導入し、助教に適用することにより若手人材の育成を進めた。平成 28 年度以降、5 名のテニユアトラック助教を雇用し、3 名の審査を行い、昇格させた。2 名の審査は令和 2 年度以降に実施予定である。なお、任期なし助教は現在、14 名 (全任期なし教員の 26%) となっている。[2.2]
- 【放射光科学研究系】平成 26 年度～平成 30 年度の内閣府戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「革新的構造材料」に参画し、放射光 X 線による顕微計測ビームラインを整備した。また、平成 29 年度からは、3 年計画の機能強化プロジェクトとして「放射光施設ビームラインを活用した産業界等におけるイノベーション創出の推進」を進め、企業ニーズも高い軟 X 線走査型顕微イメージングビームラインを建設した。これらによりイノベーション人材の育成も含めた産学連携

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究活動の状況

を積極的に推進する設備を整えた。学術機関や企業による材料計測を開始し、すでに炭素繊維強化プラスチックの性能改善や、ポリマー材料の劣化や変性に関する知見等が得られている。令和元年度に実施した産業利用課題は7件である。

[2.1]

- 【構造生物学研究センター】平成29年度より日本医療研究開発機構（AMED）の「創薬等ライフサイエンス研究支援基盤事業」の一環として、創薬やライフサイエンス研究を支援する「創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム（BINDS）」に参画している。放射光X線を活用した構造生物学研究のためのビームライン装置群や自動結晶化ロボット等の整備・高度化を進めると同時に、世界的に放射光施設への導入が進んでいるクライオ電子顕微鏡を SPring-8 などの国内他施設を先導する形で導入した。近年、クライオ電子顕微鏡は、タンパク質構造解析のための主要ツールとなっており、特に放射光X線回折実験とクライオ電子顕微鏡の相補的な利用により、迅速かつ高精度なタンパク質構造研究が可能となっている。国内放射光施設が運用する最初の共用のクライオ電子顕微鏡として平成30年度後半から広く外部開放を行い、測定及び解析支援を開始するとともに、国内全体の観点から利用研究者の育成・拡大を進めている。また、国内他施設のクライオ電子顕微鏡導入計画（まだ導入設置例はない）にも協力している。これまでに大学関係37グループ、企業15社に対する利用支援が行われ、5Å以下での近原子分解能の解析を25件成功させている。[2.1]
- 【構造物性研究センター】文部科学省・元素戦略プロジェクト〈研究拠点形成型〉電子材料領域（代表：東工大・細野秀雄）の副拠点として、放射光・中性子・ミュオンの協奏的利用「マルチプローブ研究」による材料評価・解析を行い、鉄系超伝導体、エレクトライドをはじめ、様々な電子材料の構造・電子状態と機能の関係を明らかにした（平成27年度～令和元年の論文184報）。これらの実績を踏まえ、マルチプローブ研究の固体物理学、材料科学、表面科学への拡大を戦略的に図るため、量子ビーム連携研究センター（令和2年度発足）への展開を検討した。[2.1]
- 【中性子科学研究系】J-PARC MLFにおいて、物構研は8本の中性子ビームラインを有している。そのうち7本は、東大、東北大、京大等との大学連携で獲得した資金により設計・建設したものであり、完成後は世界トップレベルの性能を持つ装置として共同研究に利用している。代表的なビームラインとして、「高分解能チョッパー分光器」は世界トップのエネルギー分解能を狙った装置で、平成28年に粉末試料を用いて非弾性散乱測定を行う「ブリルアン散乱」により固体物理分野を先導する世界初の成果創出に成功した。また「ソフト界面解析装置」では他

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究活動の状況

に先駆けて超精密な金属製中性子集束ミラーを開発したことにより、中性子ビームを約 0.1mm まで集束することによって、微小試料の短時間測定を可能にした。さらに「高強度全散乱装置」ではバックグラウンドを 1/100 に低減するデバイスを開発・導入することによって、従来の 1/100 程度の微量な試料に対しても原子配列の精密に解析に成功した。 [2.3]

- 【ミュオン科学研究系】J-PARC MLF において、3本のミュオンビームラインを有しており、新学術研究「ミュオン顕微鏡」（代表：鳥養、119名参加）及び基盤研究S（代表：三宅、17名参加）を獲得することにより、ナノメートルの精度で物質の深さ方向での停止位置を制御可能な負ミュオンビームの発生に世界で初めて成功し、非破壊三次元元素イメージング手法を確立した。また、物質内部の磁場測定手段として需要の高いミュオンスピン回転／緩和／共鳴法（ μ SR）の拡大のため、専用ビームラインを建設した。その結果、共同利用実験採択数を専用化前の2倍に増やすことができた。 [2.3]

<必須記載項目3 論文・著書・特許・学会発表など>

【基本的な記載事項】

- ・研究活動状況に関する資料（大学共同利用機関）（別添資料 8902-i3-18）
- ・論文の出版状況（別添資料 8902-i3-19）
- ・国際会議への参加状況（別添資料 8902-i3-20）
- ・指標番号 41～42（データ分析集）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 物構研つくばキャンパスの研究成果として出版された原著論文数は平成27年度までの6年間の平均は574本、平成28年度以降の4年間の平均は605本で、1.05%増加している。ただし、放射光実験施設の年間運転時間は予算減により減少しており、平成27年度までの6年間の平均は6,453時間（2つのリングを合わせて）、平成28年度以降の4年間の平均は4,718時間と27%減少しており、1論文あたりの運転時間数は11.24時間から7.80時間へと短縮されている。このように1論文あたりの運転時間数が短縮しているのは、実験装置の改良と効率化を進めている結果である。（別添資料 8902-i3-19）
- J-PARC MLF における物構研の成果として出版された原著論文数は、平成27年までは年平均18.2本だったのに対し、その後の安定的な運転とビーム強度増強に成功することで、平成28年から令和元年の4年間は年平均46本と、2.5倍に増加した。（別添資料 8902-i3-19）

<必須記載項目 4 研究資金>

【基本的な記載事項】

- ・共同研究及びの受託研究の受入状況（別添資料 8902-i4-21）
- ・科学研究費補助金の獲得状況（別添資料 8902-i4-22）
- ・施設利用収入に関する資料（別添資料 8902-i4-23）
- ・指標番号 25～40、43～46（データ分析集）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 量子ビームを活用した新たな研究手法の開発等を行う場合には共同研究、独自にビームタイム利用を行う場合には施設利用と、効果的に使い分けることで民間から共同研究費収入と施設利用料収入を得ている。さらに、施設利用においては時間単位で課金するだけでなく、測定支援、代行測定、代行解析等についても利用料金を設定して、平成28年度より課金することにした。物構研全体で平成28年度から令和元年度までの4年間で、共同研究収入は474百万円（内、放射光実験施設は425百万円）、放射光実験施設の施設利用収入は470百万円であった。このうち、測定支援、代行測定、代行解析等による施設利用収入は31百万円である（別添資料 8902-i4-23）。
- 産業利用が学術研究を圧迫しないように、施設利用料収入で加速器の運転経費を確保することにより、産業界の優先利用を図るとともに、空きのある装置では学術利用ができる「産業利用促進日」を立案し、平成30年7月に6日間、令和元年6月に7日間、それぞれ、産業利用促進運転を実施した。この期間中に産業利用に対応する必要のなかった装置において、平成30年度79件、令和元年度105件の大学等の共同利用実験課題を実施することができた。

<選択記載項目 A 地域連携による研究活動>

【基本的な記載事項】

（特になし）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 国立研究開発法人産業技術総合研究所（産総研）、国立研究開発法人物質・材料研究機構（NIMS）、国立大学法人筑波大学（筑波大）、KEK と国立大学法人東京大学（東大）の5研究機関と、一般社団法人日本経済団体連合会（経団連）とで運営する

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究活動の状況

研究拠点である「TIA」に参画し、内閣府、文部科学省、経済産業省の支援を得てオープンイノベーションに繋がる研究開発を推進した。特に、「TIA 共用施設」の取り組みとして、5機関が保有する多分野にわたる研究設備、研究環境の利用情報をTIA 共用施設データベースとして一元的に統合した。全ての共用施設をワンストップで有償・無償利用できる仕組みの検討を進めた。[A. 1]

- 平成30年度まで文部科学省『科学技術人材育成のコンソーシアムの構築事業』に基づいて、TIA 5機関と京都大学を中心とした次世代研究者の育成事業であるナノテクキャリアアップアライアンス (Nanotech CUPAL) 事業を実施した。全国の大学の若手研究者 24 名を TIA 5機関と京都大学で受け入れ、研究支援を行った。また、158 件の講習会を開催するなど、連携して事業を実施した。[A. 1]
- 茨城大学が理工学研究科に量子線科学専攻を平成 28 年度より設置したことに伴い、物構研の教授 1 名 (中性子利用研究分野)、准教授 1 名 (放射光利用研究分野) がクロスアポイントメントにより講義と学生指導を担っている。また、茨城大学 KEK-day と称して、同大学の学部生、大学院生を対象に KEK 東海キャンパスと KEK つくばキャンパスの主な施設を 1 日かけて見学する催しを毎年 1 回行った。これらを通じて、同大学との連携を深め、量子ビームを用いた研究に貢献できる人材育成を進めている。一方、JAEA 等との外部機関からのクロスアポイントメント受け入れは教授 3 名、准教授 1 名となっている。[A. 1]

<選択記載項目 B 国際的な連携による研究活動>

【基本的な記載事項】

(特になし)

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- 放射光実験施設において、インド科学技術局 (DST) と KEK の間の協定に基づき、インド側の予算により専用ビームラインを設置し、日印共同で設置した X線表面回折測定装置等により共同研究を推進している。平成 28 年度以降の 4 年間で 119 件の有効課題が採択され、インド国内の 33 の研究機関から 164 名のインド人ユーザーがビームラインを使用した。総利用時間は 8,968 時間で、主に物性物理、材料科学分野において、ペロブスカイト型太陽電池材料の劣化に関する研究など、合計 74 報の学術論文が報告されている。また、インドビームラインを使用した 164 名のインド人ユーザーのうち、大学院学生は 99 名を占めており、学位論文の研究に資するなど、インドにおける放射光利用研究を支える若手人材の育

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究活動の状況

成に大きく貢献している。[B. 1]

- スイスのポールシェラー研究所 (PSI) と物構研との間の覚書 (MOU, 令和元年) に基づき、双方の放射光施設 (SLS、PF) に設置されたビームラインの相互利用を行った。物構研から4名の研究者を夏季にSLSに派遣して、約1,000個の結晶から650セットの回折データを収集した。SLS側からは、計2回(延べ9人)の訪問があり、低エネルギーX線タンパク質結晶構造解析用ビームライン (PF BL-1A) を利用して、Native SAD法のデータ測定や最新型のX線検出器の性能評価などを行った。Native SAD法の測定指針を与えるための国際共同研究論文(研究業績説明書・業績番号5)は、生物学分野の注目論文としてFaculty1000に取り上げられ、また、PFの測定技術は令和元年度の米国結晶学会のワークショップでも取り上げられ、PF BL-1Aは国際的にNative SAD法のメッカとして認知されている。

[B. 2]

- カナダのTRIUMF研究所において、J-PARCとは異なる時間構造をもつ連続状ミュオンビームを用いて、高時間分解能 μ SR測定を実施し、J-PARCミュオン施設での測定と統合することで、特に磁性・超伝導の研究において成果を創出している。当研究所には、物構研のミュオン科学に関わっていた准教授が令和元年から招聘され、両研究所間の連携によりミュオン物質科学を国際的に主導する専任研究者として活躍している。[B. 2]
- UNESCOが主導して建設した世界平和のための放射光施設SESAME(中東ヨルダンに設置)において半年に一度、開催されている理事会に、日本代表(東アジアからは日本だけ)として参加し、施設運営の方法、装置技術、測定技術等に関して、助言・協力を行っている。[B. 2]

<選択記載項目C 研究成果の発信/研究資料等の共同利用>

【基本的な記載事項】

- ・研究者等を対象としたシンポジウム等の開催状況(別添資料8902-iC-24)
- ・共同利用実験の実施状況及び研究施設の稼働時間(別添資料8902-iC-25)
- ・第1回「量子ビームで歴史を探る-加速器が紡ぐ文理融合の地平」(別添資料8902-iC-26)
- ・「チョコレートサイエンス」の開催リーフレット(別添資料8902-iC-27)
- ・一家に一枚ポスター「水素」のポスター(別添資料8902-iC-28)

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究活動の状況

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 近年、負ミュオンを用いた非破壊分析法を文化財等に利用してその元素分析を通じて、考古学・歴史学に貢献しようという新しい試みが注目されているが、ビーム強度不足が問題となっていた。物構研ミュオン施設では、負ミュオンの大強度化に成功することによって、本格的応用を可能とした。それを受けて、人間文化研究機構 国立歴史民俗博物館、国立科学博物館、大阪大学等と共催して文理融合シンポジウム「量子ビームで歴史を探る-加速器が紡ぐ文理融合の地平」を企画した。第1回は令和元年7月27～28日に東京都台東区上野公園の国立科学博物館 日本館講堂において、第2回は令和元年12月25～26日に大阪大学中之島センターにおいて開催し、計170名以上の参加を得て、その可能性について活発な議論を進めた。高校生を含む一般の参加者が議論に参加したことで、文理融合のみならず、幅広く社会への発信を行うことができた。また、本シンポジウムが契機となって、大阪大学に保管されている緒方洪庵所有の封印された薬瓶をそのままの状態で行方不明元素分析し、内容を同定することに成功した（別添資料 8902-iC-26 参照）。[C.1]
- 物構研独自のアウトリーチ活動として放射光実験の成果を元にした「チョコレートサイエンス」の出前授業を平成26年から行ってきた。平成28年度から令和元年度にかけて関東圏を中心とした全国各地で計28回開催し、参加者総数は859人となった。令和元年にはこの活動が評価されて「日産財団リカジョ賞」の準グランプリを受賞した（別添資料 8902-iC-27 参照）。[C.1]
- 平成28年に文部科学省が主催する「一家に一枚ポスター」に物構研が中心になって作成した「水素」が採択され、科学技術週間に合わせて全国に約24.5万枚を配布した。つくば市内小中学校の全児童生徒へ配布したほか、G7科学技術大臣会合における展示や配布、サイエンスカフェの開催（7回約200名が参加）等を行い、読売新聞等のメディアにも取り上げられた（別添資料 8902-iC-28 参照）。[C.1]

<選択記載項目D 学術・研究のネットワークの形成・推進>

【基本的な記載事項】

（特になし）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 日本医療研究開発機構（AMED）の創薬等先端技術支援基盤プラットフォーム（BINDS）の支援を受け、国内のクライオ電顕の共用と利用を促進するためにクラ

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究活動の状況

イオ電頭ネットワーク形成を設立した。数少ないハイエンド電頭を効率的に利用するために、測定をスクリーニングと本番測定に分け、スクリーニングをパスした試料のみをハイエンド電頭で測定する仕組みを物構研が中心となり構築し、BINDS 事業に参画しているクライオ電頭を所有する5グループ（物構研を含む）とBIND 事業外部の11グループからなるクライオ電頭ネットワークを設立した。現在、物構研だけで50グループの利用者に対応しており、今後の利用者の増加を見込んで、更なる利便性の向上に向けた仕組みづくりを行っている。[D.1]

- 国内の8つの放射光施設と大型レーザー施設がネットワークを形成し、産学官による施設利用を推進する仕組みとしてJST 共用プラットフォーム形成支援プログラムを利用した「光ビームプラットフォーム」の活動を推進している。平成28年度から2期目の活動を開始して、ラウンドロビンを通じた各施設の装置の評価、標準化、人材育成に注力している。[D.1]
- アジア・オセアニア中性子散乱協会(AONSA)の事務局を担当して、会費の徴収と支出管理、毎年 of AONSA Young Research Fellowship や4年に一度のAONSA Prize 関係の庶務などを行っている。ホームページの管理を行うなど、アジア・オセアニア地区の中性子科学コミュニティの発展に幅広く貢献している。[D.1]
- 日本学術会議第24期の学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン2020）に対して、日本放射光学会を提案母体とし、物構研が積極的に関与して「放射光学術基盤ネットワーク」の提案を取りまとめた。この提案は、国内の学術研究機関を基盤とする3つの放射光施設（大学共同利用機関に設置された物構研放射光実験施設(PF)及び分子科学研究所・極端紫外光研究施設(UVSOR)と、大学に設置された共同利用・共同研究拠点の広島大学・放射光科学研究センター(HiSOR))が役割分担しながらネットワーク化するものである。日本は第4世代リング型光源で国際的に大きく遅れをとったが、これからの10年で遅れを挽回し、学術3施設が次々世代光源に向けた連携研究を進めることの緊急性は極めて高いことから、今後10年に向けて、人材育成、基盤強化、開発研究などへの予算、人員などのリソースの配分を提案した。この提案は、日本学術会議のヒアリングを経て、マスタープラン2020に採択された。[D.1]

<選択記載項目E 学術コミュニティへの貢献>

【基本的な記載事項】

- ・科学研究費補助金の獲得状況（別添資料 8902-i4-22）（再掲）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 科研費については、別添資料 8902-i4-22 に示す研究所の内部職員が獲得している科研費の課題だけでなく、共同利用ユーザーが獲得している科研費課題についても特筆すべき点がある。放射光実験施設・低速陽電子実験施設において平成30年度～令和元年度に有効な共同利用課題を持つ課題責任者416名について、獲得している有効科研費課題数は357件（うち、代表者215件、分担者142件）であり、総配分額は84.6億円（全期間の直接経費）となっている。また、同条件でMLFのミュオン施設において有効な共同利用課題を持つ課題責任者及び職員73名について、獲得している科研費課題数は34件（うち、代表者28件、分担者6件）であり、総配分額は37.5億円（全期間の直接経費）となっている。MLFの中性子施設においては、課題責任者10名（中性子については一般課題を除く）について、獲得している科研費課題数は39件（うち、代表者17件、分担者22件）であり、総配分額は10.7億円となっている。このように大学等の研究者が科学研究費の研究を遂行する上で物構研の量子ビーム施設は大きく貢献している。[E.0]
- 昭和59年から開催してきた「PFシンポジウム」と平成22年から開催してきたMLFシンポジウムを平成25年度に統合し、さらに平成27年度からは対象を広げ「量子ビームサイエンスフェスタ」と称して、物構研が中心になって関連機関と共催しながら、材料科学、物質科学、生命科学などの広い分野において、放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子の量子ビームを利用している学术界、産業界の研究者約600名が一同に会して、その研究成果や装置開発などについて幅広く情報交換しつつ交流できる場を運営している。[E.1]
- 平成12年に物構研中性子施設がホストで開催した「日韓中性子散乱研究交流会」が端緒になって始まった「Korea-Japan Meeting on Neutron Science」は、その後1年、2年おきに開催し、物構研は幹事機関の一つとして参画している。また、隔年を原則として開催している「日台X線・中性子散乱研究会」に積極的に参加して、主にソフトマター分野における日台の研究者の交流拡大に物構研として貢献している。物構研放射光実験施設は、3年に一度の「放射光装置国際会議」を世界主要放射光施設のひとつとして共催している。[E.1]

<選択記載項目Z その他>

【基本的な記載事項】

- ・共同利用・共同研究件数と本務教員数（別添資料 8902-iZ-29）
- ・共同利用・共同研究による論文数（査読付）と本務教員数（別添資料 8902-iZ-30）

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究活動の状況

- ・ 共同利用・共同研究者数と本務教員数（別添資料 8902-iZ-31）
- ・ 共同利用・共同研究者の主な所属機関一覧（別添資料 8902-iZ-32）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

○ 大学共同利用機関が事業として実施する共同利用・共同研究の実績

① 共同利用・共同研究事業の高い活性度

本務教員あたりの共同利用・共同研究件数は平成 28 年度以降の 4 年間で 15.93、18.73、18.54、19.20 件、共同利用・共同研究による原著論文数は 12.62、12.60、12.48、13.12 件と、大学共同利用機関として大学等で行われている学術研究を高い水準で支えている（別添資料 8902-iZ-29、8902-iZ-30 参照）。

② 共同利用・共同研究事業を通じた研究者間連携構築

本務教員あたりの共同利用・共同研究者数は平成 28 年度以降の 4 年間で 54、57、62、60 人と年間 50 人を越えており、非常に高い水準で多くの研究者との連携が物構研の各量子ビーム施設の本務教員を通じて醸成されている（別添資料 8902-iZ-31 参照）。

③ 共同利用・共同研究事業の幅広い認知

物構研が実施している共同利用・共同研究者の所属機関は 122 大学、16 国立研究機関、65 海外機関であり、広く認知されるとともに、共同利用・共同研究によって多くの国内外の研究者の学術研究に貢献している（別添資料 8902-iZ-32 参照）。

○ 当該機関の特色ある共同利用・共同研究活動

放射光実験施設では、大学等の研究者が科学研究費(新学術領域研究等)やその他の外部資金によって製作した持ち込みの装置が約 20 台、各ビームラインに設置され、広く他の利用者に開放されるなど、研究者間の連携が進んでいる。中性子施設では物構研の 8 本のビームラインの内、7 本が大学との連携で建設したものであり、完成後は広く共同利用・共同研究に展開している。ミュオン施設の 3 本のビームラインの内、1 本は大学と物構研の研究者が連携して獲得した新学術領域研究等の複数の科学研究費で建設しているものである。このように、量子ビーム施設の利用だけで成果を挙げるのではなく、大学との連携によって施設を作り上げていることが、物構研の共同利用・共同研究の特徴となっている。

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究活動の状況

る。

量子科学技術研究開発機構（量研機構）と東北地区の官民地域パートナー連合が中心となって東北大学キャンパス内に設置が進められている次世代放射光施設において、加速器及びビームラインの設計が令和元年度より開始されているが、マンパワーの不足が問題となっている。物構研は大学共同利用機関として放射光施設の建設、運営、利用において、長年にわたる経験と実績を有していることから、量研機構、パートナー代表機関と令和元年9月に連携協力協定をそれぞれ締結し、物構研スタッフと共同研究者がビームライン仕様策定や利用計画策定に主体的に関わることになった。また、パートナー側に属している東北大学の多元科学研究所教授1名が物構研との間でクロスアポイントメントを締結し、物構研での利用実験を行うとともに、連携大学院制度によって院生を受け入れることで、次世代放射光施設にむけた高度利用と人材育成を目指した教育研究活動を行うことなども、物構研の共同利用・共同研究の特徴となっている。

分析項目Ⅱ 研究成果の状況

＜必須記載項目1 研究業績＞

【基本的な記載事項】

- ・ 研究業績説明書

(当該学部・研究科等の目的に沿った研究業績の選定の判断基準)

加速器は、物質科学及び生命科学研究に広く利用されている。本研究所では、大型加速器から得られる、放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子の複合的な量子ビームをプローブとする物質科学及び生命科学の実験研究を中心的ミッションとしている。こうしたミッションを念頭に、大型量子ビーム施設の能力を最大限活かした装置を利用した研究成果を中心に選定した。特に、大学共同利用機関の役割として、これらの特徴ある装置群を国内外の学界を中心に広く解放した共同利用を長期にわたって推進している。このような特性を持つ研究所が創出している研究業績を正しく評価するには、研究所内の研究者による研究や共同研究のみならず、国内外の優れた研究者・研究グループによる、特定の研究分野に能力を発揮できる装置を活用した成果を含めることが欠かせないため、その観点から共著ではない注目研究も積極的に抽出した。

- ・ リチウムイオン電池などの蓄電池の開発研究 (別添資料 8902-ii1-33)
- ・ 軟 X 線コヒーレント回折法の開発と磁気渦 (磁気スキルミオン) を形成する新たな磁性材料への応用 (別添資料 8902-ii1-34)
- ・ 貴金属を使わずアンモニア合成触媒となる新物質 LaCoSi の発見
(別添資料 8902-ii1-35)
- ・ 新しい二次元物質であるホウ素の単分子膜「ボロフェン」において、質量がゼロになる粒子を初めて発見 (別添資料 8902-ii1-36)
- ・ 世界初の負ミュオン由来の半導体ソフトウェアに関する産学連携研究を推進 (別添資料 8902-ii1-37)
- ・ 超伝導を示す炭素原子層物質グラフェンとカルシウムの 2 次元化合物の原子配列を初めて決定 (別添資料 8902-ii1-38)

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- マルチプローブ研究の推進

放射光、中性子、ミュオン、低速陽電子の 4 つの量子ビームを併用したマルチ

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究成果の状況

プローブ研究がひとつの研究機関で進めることのできる例は国際的に見ても他になく、平成 28 年からは共同利用の申請枠としてマルチプローブ研究課題を設定し、構造物性研究センターを中心に力を入れてきた。令和 2 年からは新たに量子ビーム連携研究センターを組織化し、更なる拡大を図ることになった。

マルチプローブ成果のひとつの典型的な例として、リチウムイオン電池などの蓄電池の開発研究がある。蓄電池は充電・放電過程での各元素・イオンの挙動・伝導度を原子レベルで理解することが高性能電池や全固体電池の開発を進める上で必須である。中性子は軽元素でも重元素と同程度の散乱能を示すため、蓄電池材料の元素分布状態の変化を追跡できるオペランド観測ビームラインが整備されている。ミュオンでは深さ方向をナノメートル精度で元素分析（リチウムのような軽元素にも高い選択性がある）できる手法を確立している。放射光では蓄電池材料を構成する特定元素の電子状態、例えば電極材料の酸化還元状態が観測できるその場観測 X 線分光ビームラインが整備されている。このような物構研の強みであるマルチプローブ研究は、研究業績説明書（業績番号 1～4）に取り上げたもの以外に、以下のような成果が特筆すべきものとなっている。

- ・固体電池として有望な固体フッ化物シャトル電池で使用するフッ化物イオン導電性固体電解質のイオン伝導メカニズムを原子レベルで解明：K. Mori, et al., “Experimental Visualization of Interstitialcy Diffusion Pathways in Fast-Fluoride-Ion-Conducting Solid Electrolyte $\text{Ba}_{0.6}\text{La}_{0.4}\text{F}_{2.4}$ ”, *ACS Appl. Energy Mater.* **3**, 2873–2880 (2020).

- ・世界最高分解能（0.035%）を誇る超高分解能粉末中性子回折装置と放射光 X 線回折装置を併用し、層状ペロブスカイトのひとつ Dion-Jacobson 相としては初めてとなる酸素イオン伝導体の発見と発現機構を解明：W. Zhang, et al., “Oxide-ion conduction in the Dion-Jacobson phase $\text{CsBi}_2\text{Ti}_2\text{NbO}_{10-\delta}$ ”, *Nature Communications* **11**, 1224 (2020)（別添資料 8902-iii1-33 参照）

○ X 線結晶構造解析手法の新展開：Native SAD 法

生体高分子の正確な構造決定は X 線結晶構造解析でなされるが、位相問題がさげられない。通常はタンパク質に重原子を導入した誘導体を使う重元素置換法によって位相決定しているが、もともとタンパク質に含まれている硫黄を用いて位相決定する方法（Native SAD 法）が優れている。ただし、硫黄を使うには通常使われる X 線より低エネルギーの X 線が必要で（軟 X 線なので、ビームライン全体が真空あるいはヘリウム雰囲気にする必要もある）、X 線中心の放射光施設では得ることが難しく、重元素置換誘導体の合成が不可欠になっていた。物構研放射光実験施設は低エネルギーの X 線にも適しているため、ビームライン操作や測定・解析の最適化・全自動化を図り、国際共同研究も行うことで国際的な Native SAD

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究成果の状況

法の拠点形成に成功した。研究業績説明書（業績番号 5）に示したように、Native SAD 法を使った成果は構造に基づいた合理的化合物設計を目指す創薬分野においてますます重要性が増しており、製薬企業との共同研究も進んでいる。

（別添資料 8902-ii1-34 参照）

○ 放射光による新物質相研究の推進

グラファイトから単原子層を剥離したグラフェンにおいて「ディラック粒子」が発見され、平成 22 年のノーベル物理学賞を受賞したことをきっかけに、新奇な電子状態を持つ新物質相の探索研究が精力的に行われるようになった。物質の電子的な挙動を決める低エネルギーの電子の運動エネルギーだけでなく運動の方向（運動量）も含めて直接観測することが不可欠となり、真空紫外光を用いた角度分解光電子分光装置が重要な貢献を果たす。さらに磁氣的性質も含めて決定するためには円偏光が、物質を構成する元素ごとの役割を明らかにするためには軟 X 線領域の光が、それぞれ必須となる。物構研放射光実験施設で整備している角度分解光電子分光装置ではこれらの全てを一元的に実現しており、他の放射光施設の同種の装置を越えたものになっている。このような特徴ある装置を使った研究では、研究業績説明書（業績番号 10）に取り上げたもの以外に、以下のような成果が特筆すべきものとなっている。

・放射光を用いた光電子分光実験により、これまで見つかったトポロジカル絶縁体とは異なり、結晶自身の持つミラー（鏡映）対称性で特徴づけられる新しいタイプのトポロジカル絶縁体を発見：D. Takane, et al., “Observation of Dirac-like energy band and ring-torus Fermi surface associated with the nodal line in topological insulator CaAgAs”, *npj Quantum Materials* **3**, 1 (2018).

・グラフェンと同じ蜂の巣格子を持つ 2 ホウ化アルミニウム (AlB₂) という物質が、線ノード型のディラック粒子という新しいタイプの電子状態をもつ物質であることを、放射光を用いた角度分解光電子分光実験により発見：D. Takane, et al., “Observation of a Dirac nodal line in AlB₂” *Phys. Rev. B* **98**, 041105(R) (2018).

（別添資料 8902-ii1-35 参照）

○ 負ミュオン利用研究の新展開

ミュオン施設では、J-PARC 以前から使用されてきた超伝導ソレノイドを更新し、J-PARC 用の新型に設計したものを導入することにより、国際的にみても従来の 100 倍以上の低エネルギー負ミュオンビームを使った研究が平成 28 年より本格的に始まった。研究業績説明書には数の制限で取り上げることができなかったが、負ミュオン研究の国際拠点として、以下のような成果が特筆すべきものとなって

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 研究成果の状況

いる。

・半導体デバイスの微細化・低消費電力化が進むにつれ、放射線耐性は低下しており、従来懸念されてきた宇宙線中性子ばかりでなく、宇宙線負ミュオン（正ミュオンより影響が大きい）によるソフトウェア発生が指摘されており、「富岳」スパコン開発でも問題になっているため、世界初の負ミュオン由来の半導体ソフトウェアに関する産学連携研究を推進：S. Manabe, et al., “Negative and Positive Muon-Induced Single Event Upsets in 65-nm UTBB SOI SRAMs”, *IEEE Transaction on Nuclear Science* **65**, 1742-1749 (2018). (別添資料 8902-ii1-36 参照)

・世界初となる文理融合研究を進めている。特に、負ミュオン照射による歴史上上の希少資料（文化財等）の深さ方向の非破壊元素分析（特性X線分析）への応用が拡大している。山梨県で発見された戦国時代の蛭藻金の製造方法を大学共同利用機関・大学・博物館の連携によって明らかにした例などがある。

(別添資料 8902-ii1-37 参照)

○ 固体表面構造決定法の新展開：低速陽電子回折

陽電子は電子の反粒子であり、令和元年度より独立した施設となった低速陽電子実験施設では、世界最強のエネルギー可変単色陽電子ビームを作り、世界的にユニークな固体表面構造研究、特に表面第一層原子配列だけを反映（陽電子は表面第一層より深くには侵入できないため）した構造研究を展開している。手法としては、従来、広く使われている電子を使った表面回折法である RHEED 法と LEED 法の陽電子版（全反射高速陽電子回折 TRHEPD、低速陽電子回折 LEPD）であるため、表面構造研究者への利用拡大が進んでおり、研究業績説明書には数の制限で取り上げることができなかつたが、以下のような成果が特筆すべきものとなっている。

・光触媒としてよく知られているルチル型酸化チタンにおいて、30年にわたり原子配置が未解明であった(110)-(1×2)超周期構造表面構造を決定：I. Mochizuki, et al. “Structure determination of the rutile-TiO₂(110)-(1×2) surface using total-reflection high-energy positron diffraction (TRHEPD)”, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **18**, 7085-7092 (2016).

・単原子層状物質グラフェンのゲルマニウム版であるゲルマネンの原子配置を世界で初めて決定：Y. Fukaya, et al., “Asymmetric structure of germanene on an Al(111) surface studied by total-reflection high-energy positron diffraction” *2D Materials*, **3**, 035019 (2016).

・超伝導を示す炭素原子層物質グラフェンとカルシウムの2次元化合物の原子配列を初めて決定：Y. Endo, et al., “Structure of superconducting Ca-intercalated bilayer Graphene/SiC studied using total-reflection high-energy positron diffraction”, *Carbon*

157, 857-862 (2020).

(別添資料 8902-ii1-38 参照)

【参考】データ分析集 指標一覧

区分	指標 番号	データ・指標	指標の計算式
5. 競争的外部 資金データ	25	本務教員あたりの科研費申請件数 (新規)	申請件数(新規)／本務教員数
	26	本務教員あたりの科研費採択内定件数	内定件数(新規)／本務教員数 内定件数(新規・継続)／本務教員数
	27	科研費採択内定率(新規)	内定件数(新規)／申請件数(新規)
	28	本務教員あたりの科研費内定金額	内定金額／本務教員数 内定金額(間接経費含む)／本務教員数
	29	本務教員あたりの競争的資金採択件数	競争的資金採択件数／本務教員数
	30	本務教員あたりの競争的資金受入金額	競争的資金受入金額／本務教員数
6. その他外部 資金・特許 データ	31	本務教員あたりの共同研究受入件数	共同研究受入件数／本務教員数
	32	本務教員あたりの共同研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入件数(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	33	本務教員あたりの共同研究受入金額	共同研究受入金額／本務教員数
	34	本務教員あたりの共同研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	35	本務教員あたりの受託研究受入件数	受託研究受入件数／本務教員数
	36	本務教員あたりの受託研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入件数(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	37	本務教員あたりの受託研究受入金額	受託研究受入金額／本務教員数
	38	本務教員あたりの受託研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	39	本務教員あたりの寄附金受入件数	寄附金受入件数／本務教員数
	40	本務教員あたりの寄附金受入金額	寄附金受入金額／本務教員数
	41	本務教員あたりの特許出願数	特許出願数／本務教員数
	42	本務教員あたりの特許取得数	特許取得数／本務教員数
	43	本務教員あたりのライセンス契約数	ライセンス契約数／本務教員数
	44	本務教員あたりのライセンス収入額	ライセンス収入額／本務教員数
45	本務教員あたりの外部研究資金の金額	(科研費の内定金額(間接経費含む) + 共同研 究受入金額 + 受託研究受入金額 + 寄附金受入 金額)の合計／本務教員数	
46	本務教員あたりの民間研究資金の金額	(共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ) + 受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ) + 寄附金受入金額)の合計／本務教員数	

3. 加速器研究施設

(1) 加速器研究施設の研究的と特徴	.....	3-2
(2) 「研究の水準」の分析	.....	3-3
分析項目Ⅰ 研究活動の状況	.....	3-3
分析項目Ⅱ 研究成果の状況	.....	3-12
【参考】データ分析集 指標一覧	.....	3-14

(1) 加速器研究施設の研究目的と特徴

1. 加速器研究施設は、高エネルギー加速器研究機構（KEK）が共同利用に供する全ての先端加速器施設的设计・開発・建設・運転・維持・性能向上の任を負うとともに、我が国の加速器科学を先導する拠点として、また世界に開かれた国際的研究機関として、将来の加速器施設の建設に資することを目的とする多様な開発研究を主導する。そのために、2. 項に掲げる加速器施設において以下のことを実施する：
 - ・各種粒子ビームの共同利用及び、共同研究のための、加速器施設の安定的・継続的な運転。
 - ・これらの加速器における加速器物理学及び、加速器工学に関する理論的、実験的双方の研究、性能改善、並びに多岐な基盤技術の総合的開発。
 - ・将来の研究プロジェクトに対応する技術開発と人材育成。
2. 主に共同利用に供する加速器
 - ・電子（7 GeV）・陽電子（4 GeV）線形加速器（LINAC）
 - ・放射光用電子加速器における PF リング（PF2.5 GeV）及びアドバンストリング（PF-AR6.5 GeV）
 - ・電子陽電子衝突型加速器（KEKB を高度化した SuperKEKB）
 - ・大強度陽子加速器施設（J-PARC）
 - ・低速陽電子実験用加速器主に将来加速器の基盤技術の総合的開発を目的として建設・運転する加速器
 - ・先端加速器試験施設（ATF）
 - ・超伝導リニアック試験施設（STF）
 - ・コンパクト ERL（cERL）この他、加速器の先駆的技術開発設備として、静電貯蔵リング、誘導加速、固定磁場 強集束型加速器（FFAG）等の実験的研究を進めている。また、医療、工業等、加速器に対する社会的な要請に応えるため、加速器の小型化や高効率化などの技術に関する様々な研究、技術開発の推進を図っている。
3. 共同利用推進と研究開発実施の双方に適した体制を整備・運営する。柔軟かつ適切な人員配置と推進体制の整備など効率的な組織運営を行い、各加速器施設に配属された人員間の有機的な連携協力と知見共有のもとに1. 項と2. 項の諸活動を実施する。また、高い技術力と経験を持つ人材（退職者、企業の技術者など）を活用するための措置を講ずるとともに、次世代の研究者・技術者の育成を図る。
4. 我が国最大の加速器専門家集団として、国内の大学、研究機関、民間企業における加速器関連分野の研究者との共同研究を促進し、必要な研究体制の整備に努める。また、国外の研究機関との共同研究を積極的に主導し、加速器の開発研究に必要な基盤整備の充実を図り、加速器科学の世界的拠点としての役割を果たす。更に、国際会議、国際研究集会等を開催し、関連研究分野の国際的な学術関連団体・組織・機関への活動に積極的に貢献する。
5. 次世代研究者を養成するため、総合研究大学院大学と連携し、大学共同利用機関法人の研究施設としての特長を活かした加速器科学専攻の大学院教育を行う。また、特別共同利用研究員等の制度に基づき、要請に応じて諸大学の教育に協力する。セミナー、スクールなどの主催・共催を通じて、加速器物理学、加速器工学及び加速器技術の普及と企業等の加速器関連技術者の育成に努める。

(2) 「研究の水準」の分析

分析項目 I 研究活動の状況

<必須記載項目 1 研究の実施体制及び支援・推進体制>

【基本的な記載事項】

- ・ 教員・研究員等の人数が確認できる資料（別添資料 8903-i1-1）
- ・ 本務教員の年齢構成が確認できる資料（別添資料 8903-i1-2）
- ・ 加速器の運転時間（別添資料 8903-i1-3）
- ・ SuperKEKB における加速器開発体制に関する参考資料 日本加速器学会誌 Vol.15 No. 4 2018 (213)（別添資料 0101-i1-4）
- ・ 応用超伝導加速器コンソーシアムに関する参考資料（別添資料 0101-i1-5）
- ・ 指標番号 11（データ分析集）

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- 加速器研究施設においてはこれまで 7 つの研究系で構成されていた研究組織を令和元年度より 6 つの研究系と「応用超伝導加速器センター」に改組、この新センターを核として加速器の産業・医療応用の調査研究や要素技術等の開発研究および人材育成を集中的に推進する体制とし、大学、国内外研究機関及び企業から構成される「応用超伝導加速器コンソーシアム」を構築した。加速器技術の研究開発に限らず、大強度超伝導加速器応用のニーズの調査・分析と企業への技術指導・支援や事業化への橋渡しなど、イノベーションへの貢献や社会的意義などを念頭に活動を開始している。[1.1]
- 共同利用のための現有加速器の運転に関しては、J-PARC において概ね毎年 1,500～4,000 時間、放射光施設において概ね毎年 1,500～3,000 時間のビーム共用運転を実施した。また、SuperKEKB では平成 27 年度より調整運転を開始、平成 30 年度よりビーム共用運転を開始した。放射光施設と SuperKEKB の両方にビームを提供する電子・陽電子線形加速器は、毎年 2,500 時間以上の安定運転を実施している。低速陽電子加速器も、毎年概ね 2,500 時間以上のビーム共用運転時間を記録している。[1.0]
- 将来加速器の基盤技術の総合的開発を目的とする加速器のうち、先端加速器試験施設（ATF）では、加速器研究施設職員を中心としつつ当初より国内外の大学・研究機関からの多数の研究者を含む国際コラボレーションによる運転開発を実施しており、第 3 期中期目標・中期計画期間もこれを強力に継続している。超伝導リニアック試験施設（STF）においてはその建設期に欧州・北米・中国の研

高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 研究活動の状況

究機関からの研究者による寄与を受けたが、超伝導空洞開発に重要となる高品質ニオブ材の研究で米国研究機関との緊密な協力関係を続けている。[1.0]

- 本研究施設の組織は、概ね担当する現有加速器の種別毎に「研究系」として編成しているが、将来加速器に関する研究・開発の多くは、これらの研究系を横断して構成するチームが担っている。この二重構造の研究開発体制は、本研究施設の創設当初から緊密な連携のもとに運営されており、これらに従事する研究職員と技術職員の情報交換は非常に活発に行われてきた。また、KEKBのような開発・運転難度の高い加速器施設では、本研究施設外からの共同利用研究者の一部がリエゾンとして加速器制御室に常駐し、毎朝（週末を含む）のKEKBコミッションンググループ会議（KCG 会議）をはじめとする情報交換の場を通して加速器担当者と素粒子原子核研究所職員をはじめとする実験グループ窓口担当者等との間の密接な連携・連絡のもとで加速器の運転開発と実験遂行に取り組んできた。こうした濃密な進捗情報共有に見られるエンドユーザーと本施設の研究者が一体となった取組の伝統は、第3期中期目標・中期計画期間におけるATF、STF、コンパクトERL加速器やSuperKEKBにも引き継がれ、より強化されている。[1.0、1.1]
- 加速器の産業・医療応用をさらに展開するために、その調査研究や要素技術等の開発研究および人材育成を集中的に推進する体制として、これまで7つの研究系で構成されていた研究組織を令和元年度より6つの研究系と「応用超伝導加速器センター」に改組し、このセンターを中核として大学、国内外研究機関及び企業から構成される「応用超伝導加速器コンソーシアム」を構築した。加速器技術の研究開発に限らず、大強度超伝導加速器応用のニーズの調査・分析と企業への技術指導・支援や事業化への橋渡しなど、イノベーションへの貢献や社会的意義などを念頭に活動を開始している。[1.0、1.1]

<必須記載項目2 研究活動に関する施策／研究活動の質の向上>

【基本的な記載事項】

(研究活動を検証する組織、検証の方法が確認できる資料)

- ・ 研究推進会議規程（別添資料 8903-i2-6）
- ・ 国際諮問委員会設置要項（別添資料 8903-i2-7）
- ・ 加速器・共通基盤研究施設運営会議規程（別添資料 8903-i2-8）
- ・ 研究プロジェクト評価実施規程（別添資料 0101-i2-9）
- ・ Bファクトリー加速器レビュー委員会設置要項（別添資料 0101-i2-10）
- ・ Bファクトリー加速器レビュー委員会における席上説明資料及び委員会報告

高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 研究活動の状況

(別添資料 8903-i2-11) (委員長含め、16名の委員は全員が外国研究所の専門家)

- ・ J-PARC 加速器技術諮問委員会による報告 (別添資料 8903-i2-12) (委員長含め、9名中8名の委員が外国研究所の専門家)
- ・ 金属磁性体を利用する先端加速器技術が KEK と欧州 CERN で導入されることに関する資料 (別添資料 8903-i2-13)
- ・ ホウ素中性子捕捉療法(BNCT) のための加速器装置に関する紹介記事 (別添資料 8903-i2-14)
- ・ 核医学用検査薬 ^{99m}Tc (モリブデン同位元素)の生成に関するプレスリリース資料 (別添資料 8903-i2-15)
- ・ 加速器科学の教育に関する資料 (別添資料 8903-i2-16)

(構成員への法令遵守や研究者倫理等に関する施策の状況が確認できる資料)

- ・ 利益相反行為防止規程 (別添資料 8903-i2-17)
- ・ 役職員倫理規程 (別添資料 8903-i2-18)
- ・ 安全衛生管理規程 (別添資料 8903-i2-19)
- ・ 研究費の取扱いに関する規程 (別添資料 8903-i2-20)
- ・ 公正な研究活動の推進に関する規程 (別添資料 8903-i2-21)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 機構による加速器施設の運転は機構の研究推進会議が取りまとめる研究推進のロードマップに沿って実施されているが、各加速器の運転状況・研究開発に関しては、前述の機構内の人員交流等による情報共有に加えて、世界の専門家を委員に招いた国際レビューをそれぞれ概ね年一回以上開催して詳細な技術報告を行い、短期中期の活動指針について専門的アドバイスを受けるとともに、それらの内容を機構内に開示のうえ幅広く共有し、その後の運転・開発の方針立案と実施に活用している。[2.1]
- 一般に、加速器施設においては新規の技術アイデアの萌芽的研究と実際の設備建設は必ずしも同一の研究所内で完結せず、他研究所で考案されたアイデアを別研究施設の加速器で実施する例が屡々見える。第2期～第3期中期目標期間に実現した SuperKEKB におけるナノビーム方式 (欧州で考案)、ATF における極小エミッタンスビームの収束 (米国で考案) は海外アイデアを世界で初めて日本の研究機関が実装・実現した例であり、J-PARC で開発された金属磁性体を用いた加速空洞の CERN LHC 加速器の高度化に適用されたのは逆の例である。地域・国境を越えた

高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 研究活動の状況

こうした研究所間の情報交換、相互協力は、世界の加速器科学発展の原動力である。[2.0、 2.1]

- 本研究施設が運用する加速器施設の多くは従来素粒子・原子核・物質・生命科学の基礎研究を指向する実験的研究に活用されているが、第3期中期目標期間においてはこれらに加えて次世代がん治療のための BNCT（ホウ素中性子捕捉療法 - 筑波大、JAEA、茨城県、関連企業との連携・協力による）のための陽子加速器の建設・運転や核医学用検査薬の材料となる ^{99}Mo （モリブデン同位元素）生成への取組にも着手した。[2.1、 2.3]
- 若手人材の育成に関しては、共同利用を通じた大学による大学院生教育への寄与、中高生・学部生・大学院生に対するインターンシップ等の各種教育プログラムの提供、総合研究大学院大学の構成機関としての大学院教育への直接の取組を積極的に続けている。毎夏に約一週間開催する高エネルギー加速器セミナーOH0（大穂）は、大学院学レベルの加速器科学の系統的な講義をまとめて実施する国内では他に類を見ない教育的取組であり、その講義資料は無料公開されている。[2.2]
- 研究活動上の安全管理、セキュリティ管理や法令遵守状況の継続的改善については、機構が組織又は提供する講習会の場や e-Learning ツールを活用するとともに、加速器研究施設が独自に実施する防火防災訓練等を通じ、本施設に特有の研究現場条件に適合する対応意識の醸成に努めている。[2.0]

<必須記載項目3 論文・著書・特許・学会発表など>

【基本的な記載事項】

- ・ 研究活動状況に関する資料（大学共同利用機関）（別添資料 8903-i3-22）
- ・ 特許出願・取得・保有件数（別添資料 8903-i3-23）
- ・ 指標番号 41～42（データ分析集）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 加速器分野の研究成果は「分析項目 II 研究成果の状況」に触れるように査読論文誌への発表に加え内外の研究会議・ワークショップでも多く発表されるが、従来から本研究施設の多くの成果は関連分野の研究者からの注目を集めることから主要国際会議の冒頭基調講演を依頼されるものも多く、この状況は第3期中期目標・中期計画期間も継続している。

<必須記載項目 4 研究資金>

【基本的な記載事項】

- ・共同研究の実施状況（別添資料 8903-i3-24）
- ・受託研究の実施状況（別添資料 8903-i3-25）
- ・寄附金受入状況（別添資料 8903-i3-26）
- ・科学研究費補助金の獲得状況（別添資料 8903-i3-27）
- ・指標番号 25～40、43～46（データ分析集）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 加速器研究施設における研究の大部分は、現有の大型加速器の運転・高度化と将来加速器に関する研究・開発の複合的な文脈で実施され、それらは伝統的に運営費交付金と関係補助金でおおよそまかなわれている。科学研究費補助金は、概ね特定の技術課題にたいする研究予算の補完や、大型加速器に関わらない萌芽的研究の実施のために充てられており、この枠組みは第3期中期目標・中期計画期間も継続している。加速器研究施設における科学研究費補助金の獲得額が伸び悩む背景には、大学共同利用機関の使命として現在機構が最優先課題として実施している SuperKEKB や J-PARC の高度化事業への、研究・技術職員の集中による過渡的なものと推察される。
- 加速器研究施設における受託研究数は横ばい状態にあるが、共同研究数は漸増を続け、この10年で約2倍となった。
- 加速器研究施設の特質として、その主要業務は前述のように運営費交付金と関係補助金で賄われ、必要となる研究・開発の大部分もこれらの交付金・補助金で実施されることから、寄附金受入額は多くない。加速器研究施設における寄附金募集は、研究・建設資金の有意な補充というよりは幅広い意味での本機構の一般向けアウトリーチ活動の一つとして位置づけ継続すべきもの、と捉えている。

<選択記載項目 A 地域連携による研究活動>

【基本的な記載事項】

- ・つくばイノベーションアリーナ（TIA）及び、つくばパワーエレクトロニクス・コンステレーションに関する資料（別添資料 8903-iA-28）
- ・つくば国際戦略総合特区に関する資料（別添資料 8903-iA-29）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 公的機関と産業界とのオープンイノベーション拠点であるつくばイノベーションアリーナ(TIA)の中核機関である KEK は、TIA を通じて各種共同研究を行っている。特に加速器研究施設は、TIA 中核機関の一つである産総研が主体のパワーエレクトロニクスの共同研究体「つくばパワーエレクトロニクス・コンステレーション」と連携し、加速器用電源の共同開発を進めている。
- 筑波大学、茨城県及びつくば市と連携して線形加速器を活用したホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) の研究を推進し、これまでに癌治療に有効となる中性子の発生に成功し、引き続き早期の非臨床及び臨床試験を現在計画中である。このプロジェクトはつくば国際戦略総合特区) の一つに位置づけられ、その文脈のもとでの民間企業との連携も実施している。

<選択記載項目B 国際的な連携による研究活動>

【基本的な記載事項】

- ・ 海外研究所諮問委員会、国際会議プログラム委員会等への貢献状況 (別添資料 8903-iB-30)
- ・ 国際会議の開催状況 (別添資料 8903-iB-31)
- ・ Linear Collider Collaboration (LCC) に関する諸資料：
LCC について (別添資料 8903-iB-32)
LCC 組織 (別添資料 8903-iB-33)
International Linear Collider (ILC) 加速器組織 (別添資料 8903-iB-34)
- ・ 多国籍参画ラボ推進事業に関する資料 (別添資料 8903-iB-35)
- ・ 大規模高速制御システム構築のための EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) に関する資料 (別添資料 8903-iB-36)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 海外研究所諮問委員会、国際会議プログラム委員会等への貢献状況は一貫して非常に活発なレベルを維持している。 [B.0]
- 将来の電子・陽電子リニアコライダーの実現を目指す国際協力 Linear Collider Collaboration において、KEK は超伝導高周波加速器及びナノビーム技術などの開発事業の中核機関の一つとして国際研究協力を主導している。 [B.2]

高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 研究活動の状況

- SuperKEKB 加速器のPhase-2ビーム立上げにはフランス、スイス、中国からの研究者も参加したが、これは、平成28年8月に新たに発足した国際共同研究の枠組である多国籍参画ラボ事業の第1号プロジェクトである「R&D for High Luminosity Colliders (高ルミノシティコライダーの開発研究)」による取組として実施されたものである。[B.1]
- 大規模高速制御システム構築のための EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) は、世界の大型加速器や SuperKEKB や J-PARC でも使用される Open Source Software ツールである。EPICS 国際 collaboration が3大陸巡回で年2回開催する総会には、機構職員は研究発表を行うとともにその運営にも参加し、また、国内外の EPICS ユーザーに対し普及・教育を提供する中核センターとしてトレーニングセミナーを随時開催するほか、KAGRA など EPICS に導入初期段階にある他研究機関に対する技術支援も行っている。[B.2]

<選択記載項目 C 研究成果の発信／研究資料等の共同利用>

【基本的な記載事項】

- ・ 研究者等を対象としたシンポジウム等の開催状況 (別添資料 8903-iC-37)
- ・ 海外での国際会議・ワークショップ等への参加状況 (別添資料 8903-iC-38)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 研究者等を対象としたシンポジウム等の開催状況及び、海外での国際会議・ワークショップ等への参加状況は、一貫して非常に活発なレベルを維持している。[C.0、C.1]

<選択記載項目 D 学術・研究のネットワークの形成・推進>

【基本的な記載事項】

共同利用研究者と機構の連携関係に関する資料

- ・ 高エネルギー物理学研究者会議 (別添資料 8903-iD-39)
- ・ 日本の原子核物理学研究核物理懇談会ホームページ (別添資料 8903-iD-40)
- ・ PF ユーザーアソシエーション (別添資料 8903-iD-41)
- ・ J-PARC 利用者協議会 (別添資料 8903-iD-42)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 機構においてはその設立初期から共同利用実験を実施する機構外研究者等で主

高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 研究活動の状況

に組織する高エネルギー物理学研究者会議、原子核談話会、PF ユーザーアソシエーション、J-PARC 利用者協議会等との定期的な情報共有や意見交換を頻繁かつ積極的に行ってきた。この伝統は第3期中期目標・中期計画期間も強気に継続している。[D.1]

<選択記載項目E 学術コミュニティへの貢献>

【基本的な記載事項】

- ・ 加速器科学総合支援事業における大学等連携支援事業の実施状況
(別添資料 8903-iE-43)
- ・ 高エネルギー加速器セミナーOH0 (別添資料 8903-iE-44)
- ・ The Joint Accelerator Conferences Website (JACoW) (別添資料 8903-iE-45)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- <必須記載項目2 研究活動に関する施策/研究活動の質の向上>の項でも触れたように、機構は高エネルギー加速器の若手研究者の育成と一般企業の研究者の理解を深めることを目的する集中講義である「高エネルギー加速器セミナーOH0」を昭和59年から毎年夏に開催してきたが、第3期中期目標期間中もこれを継続するとともに過去の講義ノートを一般向けにウェブサイト上でweb公開し、幅広い学生・研究者への当該分野の教育資料の提供に努めている。[E.1] (別添資料 8903-iE-44)
- 加速器分野で定期的に行われる国際学術会議の報文(Proceedings)を長期に亘って参照可能とするため平成22年に設立されたThe Joint Accelerator Conferences Website (JACoW - <http://jacow.org/>)において、本機構はその設立メンバーであり、第3期中期目標期間も、国際会議プロシーディングス編集への参加、会議運営への技術支援、プロシーディングス用のサーバ管理、会議情報データベースのアジア地域サーバの管理等の中核的な貢献を続けている。[E.0、E.1] (別添資料 8903-iE-45)
- 加速器科学総合支援事業における大学等連携支援事業(大学に設置された加速器施設の開発・運転を支援するもの)の実施状況は縮小傾向にある。これらについては令和3年度からの見直しを図ることとし、現在加速器科学イノベーション推進室が主宰するワークグループで新たな支援事業のありかたを検討中である。[E.1]

<選択記載項目Z その他>

【基本的な記載事項】

高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 研究活動の状況

(特になし)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 大学共同利用機関が事業として実施する共同利用・共同研究の実績
 - 共同利用・共同研究事業の幅広い認知として、高エネルギー物理学研究者会議、PF ユーザアソシエーションのような共同利用研究者が組織する団体と機構研究所・施設の間に定例の情報共有・意見交換を実施し現有大型加速器と将来加速器の両方の方面での意思疎通と合意形成を図る構造が確立していること。
- 当該機関の特色ある共同利用・共同研究活動
 - SuperKEKB のような共同利用のための現有大型加速器の運転開発において、加速器研究施設の職員と素粒子原子核研究所の職員及び内外大学・研究機関からの外来研究者の間に緊密な情報共有（毎日の朝ミーティング等）と開発協力の関係が確立していること。
 - ATF のような将来加速器のための R&D 加速器施設の運転開発においても、上記と類似の国内的・国際的強力関係が確立していること。
 - 現有加速器・R&D 加速器の双方で海外研究機関からのトップレベル研究者を委員として含む国際レビュー委員会・諮問委員会が設置され、加速器の運転の進捗と近未来開発に関するアドバイスを受ける構造が確立していること。
 - さらに、共同利用のための現有大型加速器の運転開発と将来加速器のための R&D 加速器施設の運転開発において、これらに従事する機構職員に相当数の重複を確保し、それによって加速器の研究と技術開発でバランスある人材育成が図られていること。

分析項目Ⅱ 研究成果の状況

<必須記載項目1 研究業績>

【基本的な記載事項】

- ・ 研究業績説明書

(当該学部・研究科等の目的に沿った研究業績の選定の判断基準)

本研究施設の任務は、本機構の研究活動の根幹インフラである高エネルギー加速器の安定運転によって共同利用実験を可能とするとともに、加速器全般の尖端的研究開発を行うことにある。本機構の素粒子原子核・物質生命科学の研究は、いずれもその規模や質において関係学界で世界的な注目を受け、関連分野の学問・技術先端の指標水準を更新してきたが、これは、本研究施設における加速器要素技術の基盤研究とビーム性能の向上で有機的に連携・展開する尖端開発で支えられている。そのため、本研究施設の研究力の評価には基礎・応用研究への貢献と、加速器自体の性能改善に関わる研究の二つの視点で臨むと同時に、加速器関連の学会・国際会議及び本研究施設内での相互評価も勘案する必要がある。これらの事情から、成果の選定にあたっては、他の学問分野では必ずしも重視されない会議での発表やワークショップ等での報告にも一定の比重をおいている。

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- J-PARC 加速器では、原子核等の実験に向け主リングから陽子ビームを取り出す際、実験者が求める高いS/N比を実現する手法を確立、素粒子実験に向けては高品位のニュートリノビームを生成することでユーザー利用先の一つであるT2K実験グループによる「ニュートリノでのCPが保存する可能性を95%で棄却する」という成果に寄与した。[業績説明書のSS項より] なお、この実験に寄与したJ-PARC 加速器の運転開発に関して、2名の職員が令和2年度の文科大臣表彰研究支援賞を受賞している。



科学技術分野の文科科学大臣表彰「研究支援賞」を受賞した柳岡栄一技師、新垣良次専門技師、大島洋克技師（左から）

© KEK

高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 研究成果の状況

- SuperKEKB 加速器は平成 30 年 4 月に電子と陽電子の初衝突に成功し、計画通りに本格運転を開始した。これにより、素粒子原子核研究所における共同利用実験を実施する Belle II 実験グループは、国内外 900 名を超える参加者を擁する国際連携事業に規模を拡大した。[業績説明書の SS 項より]
- 国際リニアコライダーなど将来の先端加速器で必要される超高精度のビーム生成と制御開発を行う ATF 加速器では、ビーム収束光学や超低エミッタンスビームの生成に関わる詳細な研究を行うとともに世界最小 41nm の極小ビームサイズを達成し、将来の衝突型加速器に共通するビーム制御技術のマイルストーンとして高い評価を受けた。[業績説明書の SS 項より]
- 加速器研究施設の電子・陽電子線形加速器では、発生するビームのエネルギーを高速に切替えることが可能なマイクロ波及び電磁石の制御系を開発し、これを延長 600m に及び施設において R&D レベルではなく定常運転レベルで安定的に運転することで SuperKEKB 加速器の運転開発と PF、PF-AR 放射光施設への同時並行的なビーム提供を可能とした。これにより実現した PF-AR トップアップ運転では放射光の強度と光学系の安定性が高まり、多くの放射光ユーザーからも高い評価を受けた。[業績説明書の SS 項より]

高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設

【参考】データ分析集 指標一覧

区分	指標 番号	データ・指標	指標の計算式
5. 競争的外部 資金データ	25	本務教員あたりの科研費申請件数 (新規)	申請件数(新規)／本務教員数
	26	本務教員あたりの科研費採択内定件数	内定件数(新規)／本務教員数 内定件数(新規・継続)／本務教員数
	27	科研費採択内定率(新規)	内定件数(新規)／申請件数(新規)
	28	本務教員あたりの科研費内定金額	内定金額／本務教員数 内定金額(間接経費含む)／本務教員数
	29	本務教員あたりの競争的資金採択件数	競争的資金採択件数／本務教員数
	30	本務教員あたりの競争的資金受入金額	競争的資金受入金額／本務教員数
6. その他外部 資金・特許 データ	31	本務教員あたりの共同研究受入件数	共同研究受入件数／本務教員数
	32	本務教員あたりの共同研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入件数(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	33	本務教員あたりの共同研究受入金額	共同研究受入金額／本務教員数
	34	本務教員あたりの共同研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	35	本務教員あたりの受託研究受入件数	受託研究受入件数／本務教員数
	36	本務教員あたりの受託研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入件数(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	37	本務教員あたりの受託研究受入金額	受託研究受入金額／本務教員数
	38	本務教員あたりの受託研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	39	本務教員あたりの寄附金受入件数	寄附金受入件数／本務教員数
	40	本務教員あたりの寄附金受入金額	寄附金受入金額／本務教員数
	41	本務教員あたりの特許出願数	特許出願数／本務教員数
	42	本務教員あたりの特許取得数	特許取得数／本務教員数
	43	本務教員あたりのライセンス契約数	ライセンス契約数／本務教員数
	44	本務教員あたりのライセンス収入額	ライセンス収入額／本務教員数
45	本務教員あたりの外部研究資金の金額	(科研費の内定金額(間接経費含む)＋共同研 究受入金額＋受託研究受入金額＋寄附金受入 金額)の合計／本務教員数	
46	本務教員あたりの民間研究資金の金額	(共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ) ＋受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ) ＋寄附金受入金額)の合計／本務教員数	

4. 共通基盤研究施設

(1) 共通基盤研究施設の研究目的と特徴	4-2
(2) 「研究の水準」の分析	4-3
分析項目Ⅰ 研究活動の状況	4-3
分析項目Ⅱ 研究成果の状況	4-14
【参考】データ分析集 指標一覧	4-16

(1) 共通基盤研究施設の研究目的と特徴

- 共通基盤研究施設は、高エネルギー加速器研究機構（KEK）における加速器科学研究の基盤を支え、共同利用研究の推進に不可欠な KEK 全体に共通する技術支援を行うとともに関連する開発研究を行う。これを組織的に実施するため、放射線科学、計算科学、超伝導低温工学及び機械工学の 4 センターを設けている。広範に展開する共同利用研究や新規研究プロジェクトから要求される高度な技術支援は、多彩な内容を含み、研究開発を必要とする新しい課題も少なくない。これに対応すべく、関連する分野の基盤的研究を主体的に推進し、先端基盤科学研究の拠点として、積極的に人材育成、国際協力を進め、その役割を果たすことを目指している。次世代研究者の育成では、総合研究大学院大学と連携し、大学共同利用機関としての特長を活かした加速器科学専攻の大学院教育を行う。また、特別共同利用研究員等の制度に基づき、要請に応じて諸大学の教育に協力する。セミナー、スクールなどの主催・共催を通じて、加速器科学における共通基盤技術の普及と企業等の技術者の育成に努める。

1. 放射線科学センター

KEK における放射線安全、化学安全の責任を担い、その達成のために必要な研究支援と開発研究を行う。研究支援の実務を行うため放射線及び環境安全の二つの管理室を設置し、KEK 全体に及ぶ一元的な安全管理体制をとる。国内外における加速器放射線防護研究の中核的機関として開発研究を実施推進し、その裾野は広く医学治療、宇宙科学分野まで及ぶ。

2. 計算科学センター

KEK における共同利用・共同研究の実施のために必要な、セキュアネットワーク基盤、情報環境基盤及び計算機システムを整備運用し、国内外の共同利用・共同研究に必要な情報基盤に関する研究支援を行う。また、スーパーコンピュータを用いた共同利用「大型シミュレーション研究」を実施してきた。同時に、広域分散システム、データ収集、計算機シミュレーション、計算アルゴリズム等の基礎的あるいは応用的技術開発を推進している。

3. 超伝導低温工学センター

高エネルギー加速器科学、物理実験の基盤技術となる超伝導・低温技術について、KEK の推進する研究計画に貢献するとともに、その分野の国際的中核として諸外国の研究機関と連携しながら開発研究等もおこなう。また研究支援として KEK 内実験への液体ヘリウム供給を行っている。超伝導・低温技術を基盤に素粒子物理学、加速器科学、宇宙科学、物質生命科学から、産業分野にまで応用できる技術開発を特徴とする。

4. 機械工学センター

KEK が推進する計画や実験装置開発に対して、図面に基づく部品の製造、実験装置の設計・製作、三次元形状測定、材料試験等の技術支援（製造支援）に加えて、KEK の大型プロジェクトに本センター職員が直接参加し機械工学の視点から長期の技術支援（エンジニアリング支援）を行う。また、基盤技術となる加工、設計、計測、メカトロニクス、材料等の機械工学分野における研究開発を行っている。

(2) 「研究の水準」の分析

分析項目Ⅰ 研究活動の状況

<必須記載項目1 研究の実施体制及び支援・推進体制>

【基本的な記載事項】

- ・ 教員・研究員等の人数が確認できる資料（別添資料 8904-i1-1）
- ・ 本務教員の年齢構成が確認できる資料（別添資料 8904-i1-2）
- ・ Geant4 講習会参加者（別添資料 8904-i1-3）
- ・ 放射線業務従事者の登録数の推移（別添資料 8904-i1-4）
- ・ 高エネルギー加速器研究機構における放射線発生装置の設置数
（別添資料 8904-i1-5）
- ・ 放射線作業計画書、密封線源取扱、核燃料物質取扱、搬出サーベイの年間取扱数
（別添資料 8904-i1-6）
- ・ 放射線モニターの設置数、及びサーベイメータの保有数（別添資料 8904-i1-7）
- ・ 放射線変更承認申請の件数、並びに放射線安全審議会等の開催数
（別添資料 8904-i1-8）
- ・ 放射線科学センターによる機構内放射線安全教育の受講数
（別添資料 8904-i1-9）
- ・ 実験系廃液処理量の推移（別添資料 8904-i1-10）
- ・ 化学分析の依頼件数（別添資料 8904-i1-11）
- ・ LAN 接続端末、VPN 登録数（別添資料 8904-i1-12）
- ・ 情報システム利用ユーザー数（別添資料 8904-i1-13）
- ・ 利用者相談件数（J-PARC 分を除く）（別添資料 8904-i1-14）
- ・ TV 会議利用数推移（別添資料 8904-i1-15）
- ・ 中央計算機システム（別添資料 8904-i1-16）
- ・ スーパーコンピュータシステム（別添資料 8904-i1-17）
- ・ スーパーコンピュータシステム共同利用者数（別添資料 8904-i1-18）
- ・ スーパーコンピュータシステム共同利用・共同研究の採択・実施状況（別添資料
8904-i1-19）
- ・ 不正アクセス通報発生件数（別添資料 8904-i1-20）
- ・ 機構ファイアウォール予防的ブロック件数（別添資料 8904-i1-21）
- ・ 液体ヘリウムの液化、供給、回収の状況（別添資料 8904-i1-22）
- ・ 超伝導低温工学に関する技術支援の件数の推移（別添資料 8904-i1-23）
- ・ KAGRA 建設に対する貢献（別添資料 8904-i1-24）
- ・ 製造支援の受付件数（別添資料 8904-i1-25）

高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 研究活動の状況

- ・ エンジニアリング支援の受付件数（別添資料 8904-i1-26）
- ・ 開発した試料交換システムの利用の推移（別添資料 8904-i1-27）
- ・ 工作機械、測定器のセンター外利用者数（別添資料 8904-i1-28）
- ・ 指標番号 11（データ分析集）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 共通基盤研究施設の放射線科学センター、計算科学センター、超伝導低温工学センター、及び機械工学センターの4つのセンターは、放射線及び化学安全、計算科学技術、低温・超伝導、精密加工・計測等に関する高度な技術支援を行うとともに、これらの基盤技術に関連して、KEK 特有の大型加速器を用いた多様な研究計画の円滑な遂行に貢献するべく、開発研究を行っている。また、LHC や KAGRA など KEK が関与する外部大型プロジェクトに対して技術開発支援、建設支援を通して貢献し、一方で、放射線シミュレーションコード（EGS、PHITS、Geant4）の開発改良・普及など、広い分野、企業・大学等も含めた社会的に必要とされる技術開発にも取り組むとともに、公開講習会を開催するなど普及に努めている（別添資料 8904-i1-3）。特に放射線シミュレーションコードは、概要等に関する関係論文が極めて高い頻度で引用（PHITS で被引用数上位 0.01%、Geant4 においては同 0.06%に含まれる。）されていることから、その利用が広範に亘ると認められる。 [1.1]
- 放射線・化学安全関係では、それぞれ放射線管理室、環境安全管理室を設置し、KEK 内外の安全確保に関して万全の体制を取っている。放射線管理の対象は、年間 5,000 人を超える放射線業務従事者（別添資料 8904-i1-4）と 60 台を超える放射線発生装置（別添資料 8904-i1-5）、密封同位元素及び核燃料物質（別添資料 8904-i1-6）などである。令和元年度を例にとると、従事者数はつくば並びに東海キャンパスでそれぞれ 4,418 人及び 3,342 人で、原子力施設を除くと我が国では最大規模の数である。放射線（能）の管理のため、200 を超える放射線モニターから成る連続放射線集中監視システムを設計開発し、放射線発生装置及び密封同位元素による空間放射線量並びに排気・排水中の放射能濃度を常時監視している。放射線モニターは、つくばキャンパスで 212 系統、東海キャンパスで 82 系統あり、このうちつくばで 78 系統、東海で 22 系統のモニターは、規定値を上回る放射線量を検知すると、自動的に加速器の運転を停止する信号を発する。これらを含む放射線測定器に対し年 1 回以上点検校正を行い、性能維持を図っている（別添資料 8904-i1-7）。放射線発生装置の変更申請は年間 10 件程度（別添資料 8904-i1-8）であり、放射線安全教育実施人数は 700 名程度である（別添資料 8904-i1-9）。共同利用の国際化に対応して英語による教育の実施、並びに教材の英語化を進め、法改正に対

高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 研究活動の状況

応して、放射線業務従事者の教育内容を見直すことにより効率化を行い、教育時間を短縮した。実験廃液については、無機廃液 1,500L、有機廃液 10,000L/年、写真廃液 100L/年、洗浄廃液 250L/年を処理している（別添資料 8904-i1-10）。特に、無機廃液については、下水基準よりも遙かに厳格な環境基準に準じた管理が百トンを超える廃液に対して実施されている。さらに、化学分析業務として、年間 30 件程度の加速器冷却水などの水質、固形不純物などの成分・定量分析依頼を KEK 内で処理し迅速性を高め、加速器の安定した運転に寄与している（別添資料 8904-i1-11）。[1.1]

- 計算科学関係では、対外ネットワークとして国立情報学研究所の提供する国際ネットワークサービス及び SINET を基本とし、各国のネットワーク担当者と協力し国際協力実験 Belle II に本質的に重要な国際データ解析網の技術支援を行っている。KEK 内においては、機構 LAN 及び対外接続基盤を提供し、情報環境の基盤となる電子メール、Web サーバ、TV 会議等の情報サービスを、KEK 内及び可能な限り共同利用研究者に対しても行っている（別添資料 8904-i1-12, 8904-i1-13, 8904-i1-14, 別添資料 8904-i1-15）。中央計算機システム並びに国内有数の大容量データストレージシステムを運用し、KEK の各実験遂行に貢献している（別添資料 8904-i1-16）。J-PARC においては、東海キャンパス内のネットワーク JLAN を運用管理し、つくばキャンパス並びにその他外部との接続を維持している。（別添資料 8904-i1-12） また、これまで大型数値シミュレーションによる加速器科学研究の実施を目的にスパコン共同利用「大型シミュレーション研究」を実施してきたが（平成 29 年 9 月終了）、令和元年からは KEK 内の素粒子・原子核・宇宙物理学の理論研究のためより小規模ながら費用対効果の高いシステムを導入、「素粒子・原子核シミュレーションプログラム」として素粒子原子核研究所と協力して運用を開始した（別添資料 8904-i1-17, 8904-i1-18, 8904-i1-19）。さらには、KEK の情報セキュリティ高度化のため、その技術的側面を担当する CSIRT (Computer Security Incident Response Team) 活動を担っている（別添資料 8904-i1-20, 8904-i1-21）。また J-PARC においては、KEK 及び JAEA との関係から J-PARC 独自の情報セキュリティ施策を策定し実施し（別添資料 8904-i1-20）、情報セキュリティ教育も J-PARC の状況に即し独自に実施している。[1.1]
- 超伝導低温工学分野では、年間を通じた冷却用液体ヘリウムの供給を基盤業務とし、液体ヘリウムを利用する機構における各種開発研究を支援している（別添資料 8904-i1-22）。貴重な資源であるヘリウムは原則として循環・回収・利用するシステムを構築し年間 150kl の液体ヘリウムをほぼ 90%以上の回収率で連続供給している。また、機構内のみならず外国も含む機構外の様々なプロジェクトに対して、以下に示すような技術支援や開発協力を行った。J-PARC において、ニュ

高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 研究活動の状況

ートリノビームラインを始めとする大型超伝導極低温設備の開発・建設・運転運用の支援を行い、J-PARC での共同利用に貢献している（8904-i1-23）。本件に尽力した技術職員が文部大臣表彰技術支援賞を受賞した。現在も J-PARC におけるミュオン物理のための超伝導磁石システムなどの研究開発や建設支援を推進している。KEK は、CERN-KEK の研究協力協定のもと長年 Large Hadron Collider (LHC) の建設に貢献してきた。現在 LHC はダークマターの発見などを目指して高輝度化アップグレードを目指しており、そのために必須となる大口径超伝導二極磁石をインカインドで貢献することが決まっており、その開発及び製作を主導している。また大型低温重力波望遠鏡 (KAGRA) 計画における極低温システムの開発および建設も KEK・東京大学・天文台の協定のもと行った（別添資料 8904-i1-24）。将来加速器計画のための研究開発としては、高磁場高臨界電流密度 Nb₃Sn 超伝導線材、高温超伝導を用いた高耐放射線超伝導磁石技術、MgB₂ 超伝導線材を用いた高効率超伝導磁石技術の開発などを行なっている。また社会貢献として、これまでに積み上げた超伝導磁石技術を応用し粒子線癌治療装置用の超伝導磁石に関する研究開発に貢献した。[1. 1]

- 機械工学分野では、KEK が推進する計画や実験装置開発に対して、製造及びエンジニアリング支援を行った。特に製造支援においては、3D-CAD を用いた装置設計、大型 3D プリンタ、レーザー加工機により迅速な対応が可能となった。超伝導電磁石の巻き線用のスペーサーのように複雑な 3 次元形状の部品の試作においては、従来は設計の後、加工用のプログラミング、材料調達、部品加工が必要であったが、3D プリンタでは設計が終わった時点ですぐにプリントを開始でき、設計・試作・確認・再設計のサイクルを迅速に回すことが可能になった。また、3D プリンタやレーザー加工機を用いることで、機械加工では製作不可能な形状の部品の製作も行った。部品製作や 3 次元測定器等測定、組立、熱処理、材料試験などの技術支援も行っている（別添資料 8904-i1-25）。また、各プロジェクトにおいて、機械設計、製造、試作、実験等に従事するエンジニア支援も順調に行われた（別添資料 8904-i1-26）。この支援では、25%のコスト低減を目標にした液圧成形による超伝導加速空洞製造技術の開発のほか、タンパク質結晶構造解析用試料準備協働ロボットの開発、DXAFS ビームライン用試料交換システムの開発、J-PARC にて計画されるミュオン粒子の異常磁気能率 (g-2) と電気双極子能率 (EDM) の精密測定実験用陽電子飛跡検出器の製作方法の検討及び検出器アライメントモニターの研究開発などの共同利用の高度化・効率化に寄与する取組も行われている。例として、エンジニア支援により開発した物質構造科学研究所・放射光ビームラインにおける試料交換システムの利用状況を示す（別添資料 8904-i1-27）。利用数並びに利用件数の増加に著しい貢献が認められる。一方、機械設備の一部を開

高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 研究活動の状況

放すると共に初心者向けに機械技術講習会を毎年実施し、利便性の向上やその安全な利用に努めている（別添資料 8904-i1-28）。[1.1]

<必須記載項目 2 研究活動に関する施策／研究活動の質の向上>

【基本的な記載事項】

（構成員への法令遵守や研究者倫理等に関する施策の状況が確認できる資料）

- ・利益相反行為防止規程（別添資料 8904-i2-29）
- ・役職員倫理規程（別添資料 8904-i2-30）
- ・安全衛生管理規程（別添資料 8904-i2-31）
- ・研究費の取扱いに関する規程（別添資料 8904-i2-32）
- ・公正な研究活動の推進に関する規程（別添資料 8904-i2-33）

（研究活動を検証する組織、検証の方法が確認できる資料）

- ・研究推進会議規程（別添資料 8904-i2-34）
- ・国際諮問委員会設置要項（別添資料 8904-i2-35）
- ・加速器・共通基盤研究施設運営会議規程（別添資料 8904-i2-36）
- ・研究プロジェクト評価実施規程（別添資料 8904-i2-37）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 放射線シミュレーションコードである Geant4 の医療応用に関して、兵庫県立粒子医療センター、ひょうご粒子線メディカルサポート、住友重機械工業と治療現場に於ける具体的な課題に対して共同研究を推進している。[2.3]
- 宇宙線量計測システムの確立を目指して、KEK で開発されたリアルタイム LET 測定型線量計の宇宙線量計としての動作実証試験を JAXA との共同研究で国際宇宙ステーション（ISS）で実施し、月や火星への有人探査等の将来計画における線量計開発の先駆けとなった。[2.3]
- 放射線障害予防規程の改定を令和元年度に実施した。また、放射性同位元素規制法の要求に対応した放射線業務従事者教育を実施している。[2.0]
- 敷地内にある旧 12GeVPS 加速器施設の廃止撤去措置を検討するため、遮蔽体やマグネットなどの加速器構造体の放射化状況の調査研究を実施している。加速器廃止手法開発の先駆けとなるもので、次の安全研究へと繋がった。[2.0]
- 我が国の放射線利用、規制関連行政への貢献として、環境省の放射線安全規制研究推進事業に係る受託研究「加速器施設の廃止措置に係る測定、評価手法の確立」を平成 29 年度から令和元年度の期間に亘り実施している。また、平成 30 年度英知

高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 研究活動の状況

を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業（課題解決型廃炉研究プログラム）に係る受託研究として、「先端計測技術の融合で実現する高耐放射線燃料デブリセンサーの研究開発」を実施している。[2.0]

- KEK CSIRT(KEK Computer Security Incident Response Team)活動を主導するとともに、セキュリティ機器の運用（同 2-2-9）、情報収集活動を通じて危険なサイト情報を収集し積極的・予防的にファイアウォールのブロックを行うなどソフト面からの対応を含めて技術的に KEK の情報セキュリティの高度化に努めた。従来兼任であった統括情報セキュリティ責任者に専任教員を任じるとともに、セキュリティを専門に担当する技術職員ポストを増設して、体制を強化した。[2.2]
- 国内研究機関、民間企業、及び米国の病院などと共同で粒子線がん治療装置用の超伝導磁石に関する研究開発を行った。また、MgB₂ や高温超伝導線材を用いた超伝導送電技術の開発を民間企業と共同で行った。[2.3]
- KEK 職員、学生がボール盤、旋盤、フライス盤等各種工作機械を使用する際に、機械の使用法、加工法に関する講習会を毎年実施し、KEK の共同研究を実施するために必要な作業上の安全について教育を実施し作業の安全性向上に努めるとともに、技能の向上と視野の拡大を通じて、若手研究者の人材育成を図った。[2.2]

<必須記載項目3 論文・著書・特許・学会発表など>

【基本的な記載事項】

- ・ 研究活動状況に関する資料（大学共同利用機関）（別添資料 8904-i3-38）
- ・ 会議・研究会での発表数（別添資料 8904-i3-39）
- ・ 特許等の出願、取得、保有の状況（別添資料 8904-i3-40）
- ・ 研究会及びセミナー等の開催状況（別添資料 8904-i3-41）
- ・ 指標番号 41～42（データ分析集）

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 年数回の招待講演を含む、年間約 100 回の国内会議発表、70 回程度の国際会議発表を行っており、研究成果を切れ目なく発信している（別添資料 8904-i3-39）。
- 重力望遠鏡 KAGRA の建設において感度向上の鍵となる低温鏡システムの開発に大きな貢献をし、関連した複数の論文が被引用回数上位 5 %以内に入っている。また Nature (D.Castelvecchi, doi: 10.1038/d41586-018-07867-z) や新聞各社の記事で紹介されている。

高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 研究活動の状況

- 放射線防護、加速器遮蔽計算、高エネルギー実験検出器設計、データ解析に必須の PHITS、EGS、Geant4 の放射線シミュレーションコードの開発及び高度化に従事し、これらの成功に大きな貢献をした。特に、PHITS や Geant4 についての関連論文が引用回数上位 0.1%に入っている。これらのコードの普及や発展のため、それに関するワークショップや講習会を定期的を開催するとともに、高エネルギー物理学実験における分散計算機環境に関する国際会議の開催を行った（別添資料 8904-i3-41）。
- タンパク質結晶構造解析ビームラインにおける試料交換ロボットユーザー向けに、企業と共同で試料準備システムを開発し、製薬業界での活用を見込むとして、新聞記事で紹介された。

<必須記載項目 4 研究資金>

【基本的な記載事項】

- ・ 研究費の受入状況（別添資料 8904-i4-42）
- ・ 外部資金受け入れ状況（別添資料 8904-i4-43）
- ・ 世界省エネスパコンランキング Green500（別添資料 8904-i4-44）
- ・ 指標番号 25～40、43～46（データ分析集）

【第 3 期中期目標期間に係る特記事項】

- 加速器廃止や廃炉事業への知見を得、我が国の放射線関連行政へ貢献するため、環境省放射線安全規制研究推進事業に係る受託研究「加速器施設の廃止措置に係る測定、評価手法の確立」、並びに平成 30 年度英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業（課題解決型廃炉研究プログラム）に係る受託研究「先端計測技術の融合で実現する高耐放射線燃料デブリセンサーの研究開発」を実施している。前者は、期間平成 29、平成 30 及び令和元年度であり、各年度の受託額はそれぞれ、28,695,781 円、30,134,587 円、29,200,997 円である。また、後者の当該年度の受託額は 43,933,234 円である。
- 国内メーカーから新機軸の液浸メニーコアコンピューターの提供を受け性能向上のための共同開発を行い（システム名：睡蓮 2）、この計算機システム上で素粒子理論計算の効率的計算方法の研究を行った。睡蓮 2 は平成 29 年 11 月の世界省エネスパコンランキング Green500 において 第 2 位を受賞した。
(別添資料 8904-i4-44<https://www.top500.org/green500/lists/2017/11/>)。

<選択記載項目 A 地域連携による研究活動>

【基本的な記載事項】

(特になし)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 福島原発事故関連で、廃炉、除染、復興に向けた放射線関連技術支援、測定協力等を行っている。支援は、環境省、関連自治体、東京電力など多岐に渡る。事故関連の放射線・放射能測定に関する研究会を主催し、関連研究の主要な情報交換の場となっている。また、つくば放射線安全交流会、つくば市放射線懇話会など地域連携団体に役員・委員として参画しその運営に貢献している。[A.1]
- TIAのASCOT(Applied Superconductivity Constellation of Tsukuba)に参加し先進超伝導技術の研究活動を推進した。[A.1]
- 茨城県内の企業と連携し、ものづくり・商業・サービス新展開支援補助金を獲得、タンパク質結晶構造解析ビームラインにおける試料交換ロボットユーザー向けの試料準備システムを開発し、共同で特許出願を行った。さらに(社)茨城研究開発型企業交流協会(IRDA)の社員企業と協力して、いばらき産業大県創造基金を獲得し、類似システムの開発を行った。[A.1]

<選択記載項目B 国際的な連携による研究活動>

【基本的な記載事項】

- ・ International Review on D1 and D2 Superconducting Magnets for HL-LHC
(別添資料8904-iB-45)
- ・ 機構外研究機関(国内)・国際研究機関への貢献状況(別添資料8904-iB-46)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 国際会議のレビュー委員や学会の役員などとして多数参加し、国内外の研究者ネットワークの維持発展に努めている(別添資料8904-iB-46)。[B.2]
- Geant4の国際共同開発を実施、また素粒子原子核研究所と協力し、Belle II国際共同利用実験のデータ解析遂行にあたり、国際的分散計算機解析網を各国と協力して構築した。中国、台湾、日本の3極の高エネルギー加速器研究施設の情報システム部門が連携して情報セキュリティの連絡網を整備している。[B.2]
- LHCアップグレード用ビーム分離用磁石は、これまで共通基盤研究施設超伝導低温工学センターにおいて開発したLHC衝突点磁石やJ-PARCニュートリノビームライン用大口径超伝導加速器磁石の技術を応用して開発され、それが評価されて平成

高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 研究活動の状況

30年7月にHL-LHC用としてその設計製作が正式に欧州合同原子核研究機構(CERN)との間で合意された。[B.1]

- 多国籍参画ラボ事業、日米科学技術協力事業、CERNとの共同研究を通して次世代加速器用の高磁場・高耐放射線超伝導磁石の開発を推進している。[B.1]
- 欧州ドイツ電子シンクロトロン研究所(DESY)、CERNや米国フェルミ国立加速器研究所(FNAL)と連携して、超伝導加速空洞の製造手法についての開発研究を行っている。これに基づき、令和元年度に改組により新設された加速器研究施設・応用超伝導加速器センター(CASA)と共同運用を行う空洞製造施設(CFF)において、ニオブインゴットをスライスした円盤(ラージグレインニオブ材料)を用いた空洞製造や電子ビーム溶接技術、表面処理技術の開発など、製造工程の高度化に関する研究を実施した。これらの研究は、空洞の量産化、コストダウン等の技術を確立、空洞の性能向上に大きく寄与している。[B.1]

<選択記載項目C 研究成果の発信／研究資料等の共同利用>

【基本的な記載事項】

- ・ 広域分散型データグリッドJLDG(Japan Lattice Data Grid)
(別添資料 8904-iC-47)
- ・ 格子QCD理論計算解析コードbridge++ (別添資料 8904-iC-48)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 加速器放射化に関する受託研究の成果を300ページ以上の報告書に取りまとめ、国内外に向けて公開し、関連情報の流通に尽力している。[C.1]
- 素粒子理論の分野である格子QCD計算及び関連分野の広域分散型データグリッドJLDG(Japan Lattice Data Grid (別添資料 8904-iC-47)の環境整備に参加し、「大型シミュレーションプログラム研究」の結果を共有するとともに、格子QCD理論計算解析コードのbridge++ (別添資料 8904-iC-48)によるコードセット開発、公開を進めた。[C.1]
- 医療応用、宇宙開発など広範な分野で応用が広がる、PHITS、EGS、Geant4の開発元として、研究会、講習会を開催するなどしてコードの普及に当たっている。特にPHITSコードは、国内にとどまらずアジア諸国で利用が広がっており、コードの概要に関する論文が関連分野も被引用数上位0.01%に含まれるほど引用されている。Geant4も関連論文に於いて被引用数上位0.1%以内に入った。[C.1]

<選択記載項目D 学術・研究のネットワークの形成・推進>

【基本的な記載事項】

(特になし)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 国際会議のレビュー委員や学会の役員などの数は下表に示すように、3年間で国内105件、海外・国際研究機関8件であり、国内外の研究者ネットワークに数多く参加し、その維持発展に努めている。[D.1]
- 国内の共同利用機関におけるセキュリティワークショップの組織化を主導し、大学共同利用機関法人間の情報セキュリティ部署の研究者・技術者と連携する場を創出した。毎年研究会を持ち回りで開催し23年目となる。国内の高エネルギー物理実験、素粒子理論を研究する各大学を結び高速のデータ共有を可能とするネットワークHEPnet-Jを構築し運営保守を行っている。従前は民間ネットワークを利用してきたが、最近ではSINETの中にVPNを構築し、情報セキュリティに配慮しながら各大学のファイヤーウォール(FW)を経由しない直接接続を実現し当該領域の学術環境向上に貢献した。[D.1]

<選択記載項目E 学術コミュニティへの貢献>

【基本的な記載事項】

(特になし)

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 国内外の学会での発表(別添資料8904-i3-39)、レビュー委員会・学会役員(別添資料8904-iB-46)を務めるなどにより学術コミュニティへの貢献を行うとともに、研究会、セミナーなどを主催(別添資料8904-i3-41)し学術コミュニティへの貢献をした。[E.1]
- 放射線関係では、大学等放射線施設協議会、日本原子力学会放射線工学部会、つくば放射線安全交流会などに役員や委員を派遣し放射線関係の研究者、並びに組織団体のネットワーク形成に寄与している。また、J-PARCでは、ハドロン実験施設における事案を教訓に、毎年「加速器施設安全施設シンポジウム」を開催し、国内大型加速器施設の安全に関するネットワークを形成した。[E.1]
- 機械工学をキーワードとして、大学・企業の最新の研究成果を発表するメカ・ワークショップを毎年開催している。令和元年で20回目である。毎回、約10件

高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 研究活動の状況

の口頭発表と約 20 件のポスター発表、施設見学を行っており、参加者は約 100 名である。[E. 1]

- 国内の高エネルギー物理実験、素粒子理論を研究する各大学を結び高速のデータ共有を可能とするネットワーク HEPnet-J を構築し運営保守を行っている。従前は民間ネットワークを利用してきたが、最近は SINET の中に VPN を構築し、情報セキュリティに配慮しながら各大学の FW を経由しない直接接続や、素粒子理論研究において非常に計算時間がかかるデータの共有や、解析手法の共有により当該領域の学術環境向上に貢献した。[E. 1]

分析項目Ⅱ 研究成果の状況

<必須記載項目1 研究業績>

【基本的な記載事項】

- ・ 研究業績説明書

(当該学部・研究科等の目的に沿った研究業績の選定の判断基準)

KEKの研究形態の中心は、大型の加速器を用いた実験研究である。その加速器や実験装置は大規模、複雑、多様なことにより、様々な周辺技術を必要とする。その主なものとして「放射線自身の研究とその防護」、「高速大型計算機を用いたデータ処理、ネットワーク技術」、「超伝導低温技術」、「精密機械工学技術」があげられる。これらの多くは、KEKの動向に密着した技術開発が必要であり、かつ採算にとられない基礎技術の研究も必要とされる。したがって、評価及び成果物の選定にあたっては、KEK全体の研究にどれだけ寄与、貢献できているかが主な判断基準の中心になる。

【第3期中期目標期間に係る特記事項】

- 加速器は運転を行うと放射線(能)を発生し、その管理は加速器の安全な使用のみならず加速器を用いた共同利用実験の実施、周辺環境の保全に不可欠である。また、計算資源を維持し情報インフラを円滑に管理運用する事は、KEKにとって重大事項である。この観点から、共通基盤研究施設はスーパーKEKB、放射光施設並びにJ-PARCのKEKプロジェクトに放射線安全や計算機・ネットワーク提供という技術支援で貢献し、その成功に寄与してきた(別添資料8904-i1-4~14,16)。HL-LHC電磁石の設計開発やJ-PARCニュートリノビームライン電磁石の運転等の貢献も同様である(別添資料8904-i1-22, 8904-i1-23)。なお、後者における大型極低温システムの開発運用への貢献が認められ職員1名が令和2年度の文科大臣表彰研究支援賞を受賞している。
- KAGRA計画への建設協力は令和元年度を持って完了し、令和2年から実際の測定運用開始へと繋がった。またKEKの将来計画に対しても、ILCにおける超伝導加速空洞の製造手法の基礎研究や安全評価・説明など、多く寄与している。
- 放射線遮へい計算や同シミュレータとして世界的に広く使用されるPHITS、GEANT4、EGS5は共通基盤研究施設が中核になって開発してきたものであり、最近では医学治療分野や生物、宇宙利用分野などへの応用が図られている。令和元年には3コード合同のシンポジウムが初めて共通基盤研究施設の主催で開催され、一層の普及拡大が期待される。特にPHITSやGeant4の概要に関する関連論文は引用件数で上位0.1%以

高エネルギー加速器研究機構 共通基盤研究施設 研究成果の状況

内に入る引用があった。また、政府からの受託により進める「加速器施設の廃止措置に係る測定、評価手法の確立」に関する研究は、元来 KEK で運用した旧 12GeV 陽子加速器施設の放射化の状況並びに廃止に関連して始められた研究で有り、国内の加速器施設の放射化の状況を調査し、詳細な報告書を公表している。今後 KEK のみならず、我が国の加速器施設において、測定・評価法の指針、加速器遮へい設計等のデータとして重用されることが考えられる。

【参考】データ分析集 指標一覧

区分	指標番号	データ・指標	指標の計算式
5. 競争的外部 資金データ	25	本務教員あたりの科研費申請件数 (新規)	申請件数(新規)／本務教員数
	26	本務教員あたりの科研費採択内定件数	内定件数(新規)／本務教員数 内定件数(新規・継続)／本務教員数
	27	科研費採択内定率(新規)	内定件数(新規)／申請件数(新規)
	28	本務教員あたりの科研費内定金額	内定金額／本務教員数 内定金額(間接経費含む)／本務教員数
	29	本務教員あたりの競争的資金採択件数	競争的資金採択件数／本務教員数
	30	本務教員あたりの競争的資金受入金額	競争的資金受入金額／本務教員数
6. その他外部 資金・特許 データ	31	本務教員あたりの共同研究受入件数	共同研究受入件数／本務教員数
	32	本務教員あたりの共同研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入件数(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	33	本務教員あたりの共同研究受入金額	共同研究受入金額／本務教員数
	34	本務教員あたりの共同研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	35	本務教員あたりの受託研究受入件数	受託研究受入件数／本務教員数
	36	本務教員あたりの受託研究受入件数 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入件数(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	37	本務教員あたりの受託研究受入金額	受託研究受入金額／本務教員数
	38	本務教員あたりの受託研究受入金額 (国内・外国企業からのみ)	受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ)／ 本務教員数
	39	本務教員あたりの寄附金受入件数	寄附金受入件数／本務教員数
	40	本務教員あたりの寄附金受入金額	寄附金受入金額／本務教員数
	41	本務教員あたりの特許出願数	特許出願数／本務教員数
	42	本務教員あたりの特許取得数	特許取得数／本務教員数
	43	本務教員あたりのライセンス契約数	ライセンス契約数／本務教員数
	44	本務教員あたりのライセンス収入額	ライセンス収入額／本務教員数
	45	本務教員あたりの外部研究資金の金額	(科研費の内定金額(間接経費含む)＋共同研 究受入金額＋受託研究受入金額＋寄附金受入 金額)の合計／本務教員数
	46	本務教員あたりの民間研究資金の金額	(共同研究受入金額(国内・外国企業からのみ) ＋受託研究受入金額(国内・外国企業からのみ) ＋寄附金受入金額)の合計／本務教員数