

自己検証結果報告書

令和2年8月

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構

加速器研究施設

目次

全体概要	1
Ⅰ. 運営面	4
Ⅱ. 中核拠点性	7
Ⅲ. 国際性	10
Ⅳ. 研究資源	13
Ⅴ. 新分野の創出	19
Ⅵ. 人材育成	22
Ⅶ. 社会との関わり	25
自由記述	28

全体概要

I. 運営面

【概要】

- 加速器・共通基盤研究施設の運営に関する重要事項について審議することを任務とする会議体として、加速器・共通基盤研究施設運営会議（以下「運営会議」という。）が設置されている。加速器研究施設の委員数は、全委員の 27% である。運営会議は、年に 4 回開催されている。また、外部評価委員はほぼ全員が外国人である。
- 加速器のユーザーコミュニティ（素粒子・原子核関係・物質構造科学関係）、加速器関係及び共通基盤関係の委員数は、各分野の規模に比例しており、バランスのとれた人数・構成となっている。
- 加速器研究施設長（以下「施設長」という。）が、コンプライアンス推進責任者として、研究費の運営及び管理について統括する体制をとっている。また、施設長は情報セキュリティー責任者として、加速器研究施設における情報セキュリティー対策の実施に関する業務を統括している。
- 日米科学技術協力事業の課題については、日米の関連研究者から広く募集し、日米科学協力事業研究計画委員会で審査したのち、日米の合同委員会で最終決定される。

II. 中核拠点性

【概要】

- 加速器研究施設の職員数は、日本全国の加速器関係研究者・技術者の約 4 割を占めている。加速器研究施設が運転している加速器は、ビーム強度（パルス当たり）、ルミノシティの世界最高記録、衝突型加速器でのビームサイズ世界最小記録を有しており、中核的研究拠点であると言える。
- 加速器研究施設は、KEK が進めている素粒子・原子核及び物質生命科学分野の研究のみならず、理化学研究所等が建設、開発中の加速器への技術協力を行っており、日本全体の加速器技術の発展に貢献している。また、世界の加速器の開発にも協力を行っている。
- 日本原子力研究開発機構（以下「JAEA」という。）（現量子科学技術研究開発機構（以下「QST」という。））所属の研究者が、cERL において、レーザー逆コンプトン散乱（LCS）によるイメージングの超伝導加速器による初めての実証試験に成功するなど、多数の成果がある。
- 機構が推進している多国籍参画ラボプロジェクトの一つとして、「高ルミノシティーコライダーの開発研究」を行っている。

Ⅲ. 国際性

【概要】

- 機構の主要プロジェクトである SuperKEKB/Belle II、J-PARC 及び放射光源は、国際的な中核的研究拠点として機能しているが、それらの加速器施設は各施設の国内外の利用者に対し、良質のビーム（二次ビームを含む）を長時間かつ安定に供給している。
- B ファクトリ加速器、J-PARC 加速器の外部評価委員は、ほぼ全員が外国人であり、国際的な動向を把握し運営に反映するために必要な体制が整備されている。本報告書の内容に関しても、KEK の国際諮問委員会委員の評価をいただいた。
- 加速器研究施設の教員総数に対する外国人研究者の割合は約 10%である。

Ⅳ. 研究資源

【概要】

- 加速器研究施設は大規模プロジェクトのための加速器として、つくばキャンパスでは電子・陽電子衝突型加速器（SuperKEKB）、電子・陽電子線形加速器（入射器）、低速陽電子加速器、PF リング、PF-AR を、東海キャンパスでは J-PARC 加速器（Linac、RCS、MR）を運転し、素粒子、原子核、物性の各コミュニティのユーザーに対し、良質かつ安定なビームを供給している。
- J-PARC（SX、FX、MLF）、PF/PF-AR とも、80～98 %以上という高い稼働率で、各コミュニティの研究者にビームを供給している。

Ⅴ. 新分野の創出

【概要】

- 加速器応用のための研究開発推進体制を強化するため、2019 年度に加速器研究施設を改組し、応用超伝導加速器センター（CASA）を設置した。今後、医療及び産業（情報通信・インフラ・エネルギー・環境など）の分野で加速器応用の推進を図る。（詳細は VII 章）
- 外部の研究者により、レーザーコンプトン散乱によるイメージング手法開発等の成果が得られている。
- 2017 年に KEK 加速器研究施設は、全国の大学加速器施設とともに、大学加速器連携協議会を設立した。これまで、大学加速器連携協議会総会の開催、大学-KEK Day の開催、加速器科学セミナーの実施、大学加速器施設一覧の編集・発行、加速器プロモーションビデオの制作公開等の活動を行なっている。現在 60 施設が加盟。



大学加速器連携協議会加盟施設

VI. 人材育成

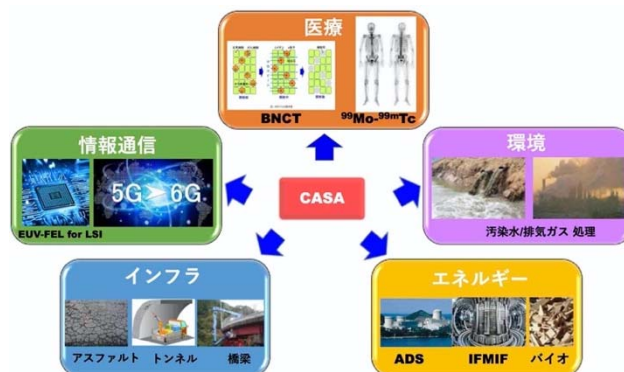
【概要】

- 総合研究大学院大学（以下「総研大」という。）の学位取得者数は増加傾向にあり、卒業生の4分の3がアカデミックポストに就いている。在校生の約3分の2は外国人（主に東南アジア）が占めている。今後も学生獲得のための環境整備に努める。
- 博士研究員の採用を毎年実施していることに加え、3大プロジェクトについては、プロジェクト経費を財源とする特別助教の採用を積極的に進めている。これらの任期付き職員のキャリアパスに関しては、ほぼ全員が任期終了後に KEK を含む国内外の研究機関・大学に雇用されている。
- 女性・外国人研究者の合計は、約15%である。今後もこれらの人材の積極的採用に努める。
- 加速器研究施設では、先端的加速器に関する開発研究を行なっているが、これらの加速器の設計・製作・開発において、中心的役割を担う人材を育成することを目的に、総研大生・特別共同利用研究員及び連携大学院生等に対する教育を行なっている。

VII. 社会との関わり

【概要】

- 空洞製造技術開発施設を設置し電子ビーム溶接機等の装置を整備した。また、超伝導加速器利用促進化推進棟を建設し、超伝導加速空洞の製造技術の向上と産業化に必要な機器を整備した。これらの施設・装置は、全国の企業等に公開されている。
- 加速器応用（医療・情報通信・インフラ・エネルギー・環境等）のための研究開発推進体制を強化するため、2019年度に加速器研究施設を改組し、応用超伝導加速器センター（Center for Applied Superconducting Accelerator、CASA）を設置した。また、加速器技術の事業化を図るため、応用超伝導加速器コンソーシアムを設立した。



応用超伝導加速器センター（CASA）が対象とする加速器の応用分野

I. 運営面

開かれた運営体制の下、各研究分野における国内外の研究者コミュニティの意見を踏まえて運営されていること

【主な観点】

- ◎① 共同利用・共同研究の実施に関する重要事項であって、機関の長が必要と認めるものについて、当該機関の長の諮問に応じる会議体として、①当該機関の職員、②①以外の関連研究者及び①②以外でその他機関の長が必要と認める者の委員で組織する運営委員会等を置き、①の委員の数が全委員の2分の1以下であること
- ◎② 上記の体制が、国内外の研究者コミュニティの意向を把握し、適切に反映できる人数・構成となっていること
- ◎③ 研究活動における不正行為及び研究費の不正使用への対応に関する体制が整備される等、適切なコンプライアンスが確保されるための体制が実施されていること
- ◎④ 共同利用・共同研究の課題等を広く国内外の関連研究者から募集し、関連研究者その他の当該機関の職員以外の者の委員の数が全委員の数の2分の1以上である組織の議を経て採択が行われていること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ◎① 共同利用・共同研究の実施に関する重要事項であって、機関の長が必要と認めるものについて、当該機関の長の諮問に応じる会議体として、①当該機関の職員、②①以外の関連研究者及び①②以外でその他機関の長が必要と認める者の委員で組織する運営委員会等を置き、①の委員の数が全委員の2分の1以下であること

【設定した指標】

加速器研究施設長の諮問に応じる会議体の外部構成員の数・全委員に占める割合、開催実績

施設長及び共通基盤研究施設長の諮問に応じる会議体として、加速器・共通基盤研究施設運営会議が設置されている。

委員総数は26名で、そのうち①加速器研究施設に所属する委員が7名、②それ以外の関連研究者が19名(共通基盤研究施設4名、素粒子・原子核研究施設2名、物質構造科学研究施設2名、機構外11名)であるので、①の委員数は全委員の27%となり、全委員の2分の1以下となっている。運営会議は年に4回開催されている。

【検証する観点】

◎② 上記の体制が、国内外の研究者コミュニティの意向を把握し、適切に反映できる人数・構成となっていること

【設定した指標】

関連する学術コミュニティの要請を実現するために必要な体制の整備状況

上記の全委員 26 名の内訳は、

素粒子・原子核関係	5名(内部2名、外部3名)
物質構造科学関係	5名(内部2名、外部3名)
加速器関係	10名(内部7名、外部3名)
共通基盤関係	6名(内部4名、外部2名)

であり、加速器のユーザーコミュニティ(素粒子・原子核関係、物質構造科学関係)、加速器関係及び共通基盤関係の委員としては、バランスのとれた人数・構成となっている。

なお、加速器関係の内部7名のうち6名は、加速器研究施設職員等による選挙で選出され、残り1名は施設長が指名している。選挙権は加速器研究施設に所属する教員、技術職員、学振特別研究員、博士研究員並びに加速器研究施設教員が主任指導教員となっている特別共同利用研究員、総研大生及び連携大学院生が有する。

また、運営会議の議長は内部委員から、副議長は外部委員から選出されている。

【検証する観点】

◎③ 研究活動における不正行為及び研究費の不正使用への対応に関する体制が整備される等、適切なコンプライアンスが確保されるための体制が実施されていること

【設定した指標】

研究活動における不正行為等への対応等適切なコンプライアンス確保に向けた必要な体制の整備状況

施設長が、コンプライアンス推進責任者として、研究費の運営及び管理について統括する体制をとっている。また、施設長は情報セキュリティ責任者として、加速器研究施設における情報セキュリティ対策の実施に関する業務を統括している。

具体的には、加速器研究施設の全体打合せにおいて、毎年、KEK 財務部職員による、財務制度説明会を開催し、予算執行等に関する規則等の周知を図っている。また、毎年 KEK が行なっている不正防止に係る e-learning の受講を促している。

【検証する観点】

- ◎④ 共同利用・共同研究の課題等を広く国内外の関連研究者から募集し、関連研究者その他の当該機関の職員以外の者の委員の数が全委員の数の2分の1以上である組織の議を経て採択が行われていること

【設定した指標】

共同研究採択委員会の委員の状況

加速器の共同研究に関しては、以下の国際的事業が行なわれている。

- 日米科学技術協力事業（高エネルギー物理学分野における日米の科学技術協力事業）
採択委員会は日本側 8 名、米国側 10 名で、加速器研究施設の委員は 2 名。
- 日仏 TYL（Toshiko Yuasa Laboratory）事業
採択委員会は日本側 7 名、米国側 8 名で、加速器研究施設の委員は 1 名。

Ⅱ. 中核拠点性

各研究分野に関わる大学や研究者コミュニティを先導し、長期的かつ多様な視点から、基盤となる学術研究や最先端の学術研究等を行う中核的な学術研究拠点であること

【主な観点】

- ◎① 当該機関の研究実績、研究水準、研究環境、研究者の在籍状況等に照らし、法令で規定する機関の目的である研究分野において中核的な研究施設であること
- ◎② 対象となる当該研究分野において先導的な学術研究の基盤として、国内外の研究者コミュニティに必要不可欠であり、学術コミュニティ全体への総合的な発展に寄与していること
- ◎③ 当該機関に属さない関連研究者が当該機関を利用して行った共同利用・共同研究等による研究実績やその水準について、研究分野の特性に応じ、当該研究分野において高い成果を挙げていること
- ◎④ 研究者コミュニティの規模や施設の規模等に対応して、共同利用・共同研究に国内外から多数の関連研究者が参加していること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ◎① 当該機関の研究実績、研究水準、研究環境、研究者の在籍状況等に照らし、法令で規定する機関の目的である研究分野において中核的な研究施設であること

【設定した指標】

加速器研究施設が供給しているビームの性能が世界最高レベルであること

加速器研究施設については、法令による規定がないので、ここでは KEK の基本通則にある「加速器の性能向上に関する研究」を「目的」とする。

加速器研究施設の職員数(教員及び技術職員)は約 230 人と、日本全国の加速器関係の人員(研究者及び技術者)の約4割を占めており、人数の上では中核的拠点であると言える。また、加速器研究施設が運転している加速器(IV の「研究資源」を参照)は、ビーム強度(パルス当たり)、ルミノシティの世界最高記録、衝突型加速器でのビームサイズ世界最小記録を有しており、性能的にも中核的研究拠点であると言える。今後、ビーム強度、ルミノシティのさらなる増強とビームサイズの一層の低減が計画されており、加速器研究施設は、加速器研究において世界の中核的研究拠点であり続けることを目指す。

【検証する観点】

◎② 対象となる当該研究分野において先導的な学術研究の基盤として、国内外の研究者コミュニティに必要不可欠であり、学術コミュニティ全体への総合的な発展に寄与していること

【設定した指標】

加速器コミュニティ全体の総合的な発展への寄与の状況

加速器研究施設は、KEKが進めている素粒子・原子核物理学及び物質生命科学分野の研究のみならず、日本全国の国公私立大学の加速器施設や理化学研究所のRIBF増強用加速器、核融合炉材料照射試験用加速器、東北放射光用加速器等各研究機関の加速器に対する技術協力を行ない、日本全体の加速器技術の発展に貢献している。また、北米(FNAL等)・欧州(CERN等)・アジア(IHEP等)の先端的加速器への技術協力、人事交流を積極的に行っている。

今後、加速器のビーム強度増強を目指す際に必須である超伝導加速器技術に関して、日本で唯一の研究機関として、各大学・研究機関が計画・開発中の超伝導加速器を用いたプロジェクトに協力を行なっている。

さらに、加速器を使わない基礎科学分野の一つである重力波望遠鏡に対しても、低温、真空、制御、測定の技術に関して協力を行なっている。

【検証する観点】

◎③ 当該機関に属さない関連研究者が当該機関を利用して行った共同利用・共同研究等による研究実績やその水準について、研究分野の特性に応じ、当該研究分野において高い成果を挙げていること

【設定した指標】

加速器研究施設に所属しない関連研究者の業績

具体的な例としては、以下の業績があげられる。

- ・JAEA(現QST)所属の研究者が、eERLにおいて、レーザー逆コンプトン散乱(LGS)によるイメージングの、超伝導加速器による初めての実証試験に成功した。
- ・東京大学の博士課程学生等が、ATFのBSM(ビームサイズモニター)の高精度化を行なった結果、ほぼ目標のビームサイズを達成し、国際リニアコライダー加速器の最重要課題の一つであるナノビームの生成に目処がついた。
- ・大阪市立大学、大阪大学の研究者と共同で、電子陽電子線形加速器(入射器)の運転において、深層ニューラルネットワークによる加速器運転パラメータの最適化の試験を行い、AIによる運転可能性を実証した。

【検証する観点】

◎④ 研究者コミュニティの規模や施設の規模等に対応して、共同利用・共同研究に国内外から多数の関連研究者が参加していること

【設定した指標】

国内外からの関連研究者の参加状況

機構が推進している、多国籍参画ラボプロジェクト(MNPP)の一つとして、「高ルミノシティーコライダーの開発研究」を行なっている。具体的には、SuperKEKB のルミノシティー向上のため、アメリカ、中国、フランス、イタリアの研究者と連携して、様々な実験的・理論的 R&D が有機的に行なわれており、SuperKEKB のルミノシティー向上に大きく貢献している。MNPP としては、この他にもインド、フランス等の研究者とともに開発を進めている、レーザーコンプトンガンマ線によるイメージングを目指した小型加速器の開発研究が候補となっている。

また、加速器技術の研究開発に関する共同研究に、以下の研究機関の研究者が多数参加している。

国内

- ・国公立大学
- ・日本原子力研究開発機構
- ・量子科学技術研究開発機構(千葉、高崎、六カ所)
- ・理化学研究所(和光、播磨)
- ・高輝度光科学研究センター
- ・産業技術総合研究所(つくば、広島)
- ・物質・材料研究機構
- ・その他

海外

- ・北米: SLAC、FNAL、ANL、J-Lab、BNL、TRIUMF、SNS など
- ・欧州: CERN、LAL、INFN、DESY、RAL など
- ・アジア: IHEP、IMP、NSRRRC、RRCAT など
- ・ロシア: BINP など

Ⅲ. 国際性

国際共同研究を先導するなど、各研究分野における国際的な学術研究拠点としての機能を果たしていること

【主な観点】

- ◎① 国際的な調査・研究活動について、当該研究分野における国際的な中核的研究施設であると認められること
- ◎② 海外の研究機関に在籍する研究者をアドバイザーや外部評価委員、運営委員会等の委員に任命するなど、当該研究分野の国際的な動向を把握し、運営に反映するために必要な体制が整備されていること
- ◎③ 研究者の在籍状況や外国人の共同研究者数・割合等について、当該研究分野において、国際的に中核的な研究施設であると認められること
- ◎④ 国際的な学術研究拠点として多様で優秀な人材を獲得するため、外国人研究者など人材の多様性や流動性の確保のための支援・取組が行われていること
- ◎⑤ 外国人研究者に向けた共同利用・共同研究体制の整備が十分に行われていること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ◎① 国際的な調査・研究活動について、当該研究分野における国際的な中核的研究施設であると認められること

【設定した指標】

加速器の国際的中核拠点であること

機構の主要プロジェクトである、SuperKEKB/Belle II、J-PARC、放射光(PF、PF-AR)は、国際的な中核的研究拠点として機能しているが(素粒子原子核研究所、物質構造科学研究所の自己検証結果報告を参照)、それらの加速器施設(SuperKEKB 加速器、J-PARC 加速器、放射光源加速器)は、各施設の国内外の利用者に対し良質のビーム(二次ビームを含む)を長時間かつ安定に供給している。国際リニアコライダー(以下「ILC」という。)のための試験加速器の研究開発を行うATF(加速器試験施設)には、国内外の30の研究機関から加速器研究者が訪れて、研究開発を行なっている(図1参照)。

ATFに参加している代表的研究機関 - ATF International Collaboration -



図1 ATFに参加している代表的大学・研究機関

また、ILC 計画を推進するための国際組織であるリニアコライダー国際推進委員会 (Linear Collider Board、LCB) の Associate Director (ILC 加速器担当) に、加速器研究施設の教員が就任している。

【検証する観点】

- ◎② 海外の研究機関に在籍する研究者をアドバイザーや外部評価委員、運営委員会等の委員に任命するなど、当該研究分野の国際的な動向を把握し、運営に反映するために必要な体制が整備されていること

【設定した指標】

外部評価委員における、海外の研究機関に在籍する研究者の数、割合

加速器の外部評価に関しては、KEK の規程に基づく評価委員会として B ファクトリー加速器レビュー委員会 (ARC) が、日本原子力研究開発機構との間に結ばれた「『大強度陽子加速器施設の運営に関する基本協力協定』を変更する協定」に基づく委員会として、加速器テクニカルアドバイザー委員会 (ATAC) が設置され (各々年に 1 回開催)、各加速器の性能向上等に関する助言を頂いているが、ARC は 16 名の委員中 15 名が、ATAC は 9 名の委員中 8 名が外国人であり、国際的な動向を把握し、運営に反映するために必要な体制が整備されている。例として、イタリアで考案されたクラブ衝突方式を助言に従い KEKB に導入した結果、ルミノシティが向上したことがあげられる。KEK の規程に基づかない評価委員会とし

て、リニアコライダー加速器の評価委員会も適時開催されているが、委員の過半数は、海外の研究機関に在籍する研究者を委員として任命している。本報告書の内容に関しても、KEKの国際諮問委員会委員の評価をいただいた。

【検証する観点】

- ③ 研究者の在籍状況や外国人の共同研究者数・割合等について、当該研究分野において、国際的に中核的な研究施設であると認められること

【設定した指標】

外国研究者の人数, 割合

加速器研究施設の教員総数に対する外国人研究者の割合は、図2に示すように約9%である。特に外国人を優先して採用しているわけではないが、今後も世界の加速器研究者にとって、魅力ある加速器の研究施設であり続けるよう努めたい。

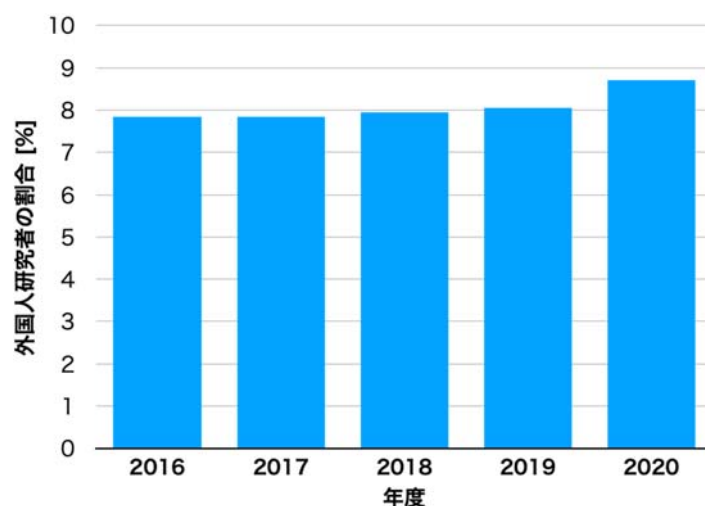


図2 外国人研究者の割合

IV. 研究資源

最先端の大型装置や貴重な学術資料・データ等、個々の大学では整備・運用が困難な卓越した学術研究基盤を保有・拡充し、これらを国内外の研究者コミュニティの視点から、持続的かつ発展的に共同利用・共同研究に供していること

【主な観点】

- ◎① 共同利用及び共同研究のために保有している施設、設備、学術資料、データベース等の研究資源が、仕様、稼働状況、利用状況等に鑑み、当該研究分野における国際的な水準に照らして、卓越したものと認められること
- ◎② 施設、設備、学術資料、データベース等の研究資源を保有し、学術研究基盤として外国人研究者を含め、共同利用・共同研究に活発に利用されていること
- ◎③ 国内外の大学（共同利用・共同研究拠点を含む。）や研究機関等と連携してネットワークを形成し、施設、設備、学術資料、データベース等の研究資源の整備や共同運用に取り組んでいること
- ◎④ 共同利用・共同研究に参加する関連研究者に対する支援業務に従事する専任職員（教員、技術職員、事務職員等）が十分に配置されていること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ◎① 共同利用及び共同研究のために保有している施設、設備、学術資料、データベース等の研究資源が、仕様、稼働状況、利用状況等に鑑み、当該研究分野における国際的な水準に照らして、卓越したものと認められること

【設定した指標】

加速器の運転時間

加速器研究施設は大規模プロジェクトのための加速器として、つくばキャンパスでは、

- ・ 電子・陽電子衝突型加速器 (SuperKEKB)
- ・ 電子・陽電子線形加速器 (入射器)
- ・ 低速陽電子加速器
- ・ PF リング
- ・ PF-AR

東海キャンパスでは、

- ・ J-PARC 加速器 Linac (RCS 用入射器)
- ・ J-PARC 加速器 RCS (物質生命科学研究施設向け)
- ・ J-PARC 加速器 MR (ニュートリノ実験施設、ハドロン実験施設向け)

を運転し、素粒子・原子核、物性(放射光・中性子・中間子・低速陽電子)の各コミュニティのユーザーに対し、良質かつ安定なビーム(つくばキャンパスでは電子・陽電子、東海キャンパスでは陽子)を供給している(図3、4参照)。さらなる運転時間の確保が課題である。

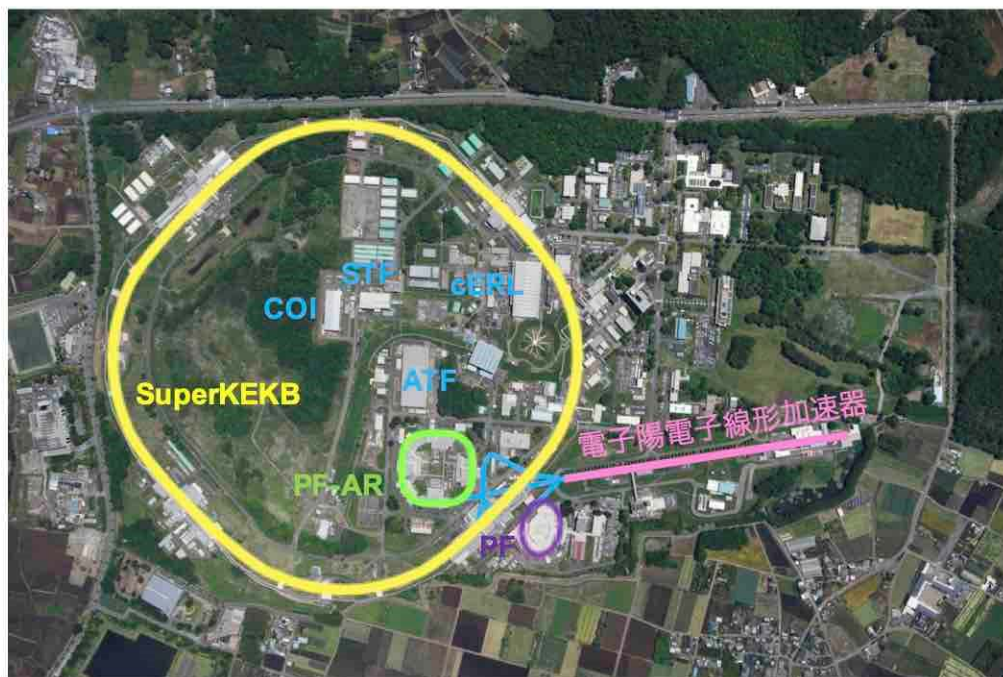


図3 つくばキャンパスの加速器

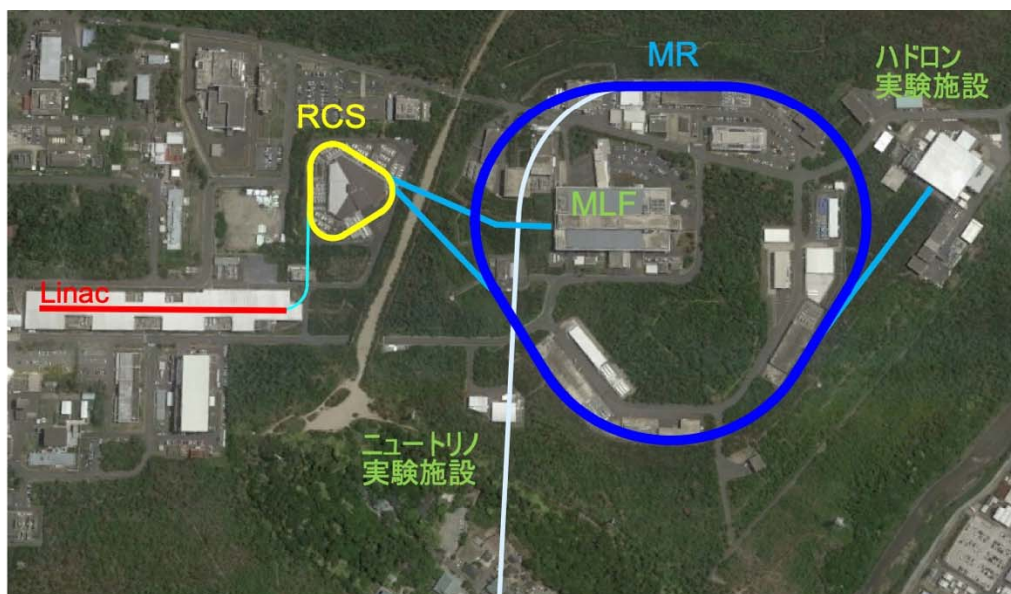


図4 東海キャンパスの加速器

各加速器の運転時間(2015-2019 年度)を、図5～11 に示す。



図5 電子・陽電子衝突型加速器の運転時間

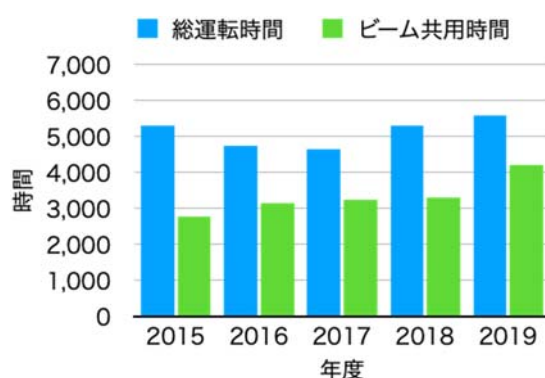


図6 電子・陽電子線形加速器の運転時間



図7 J-PARC 加速器(MLF)の運転時間



図8 J-PARC 加速器(MR)の運転時間

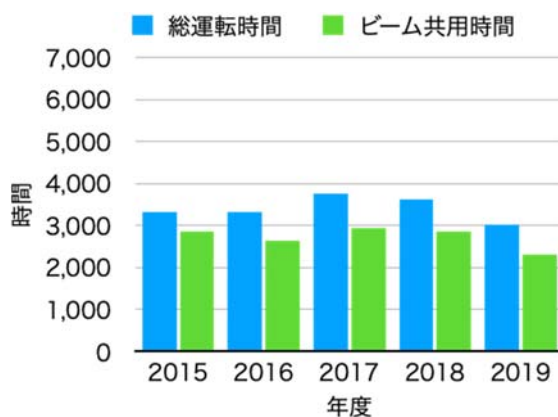


図9 低速陽電子加速器の運転時間

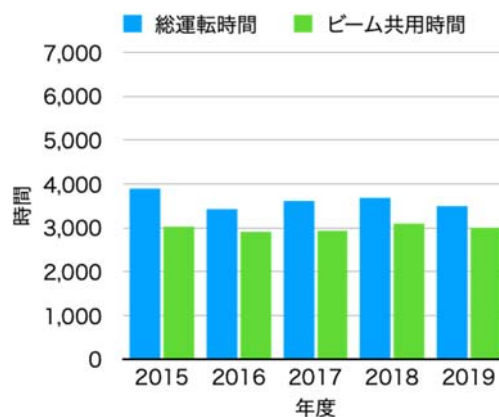


図10 PFリングの運転時間

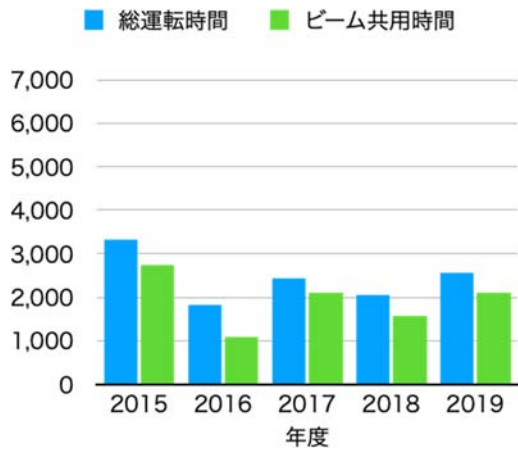


図 11 PF-AR の運転時間

また、将来のための加速器開発として、

- ・ATF(先端加速器試験施設)
- ・STF(超伝導リニアック試験施設)
- ・cERL(コンパクト ERL(エネルギー回収型リニアック))
- ・iBNCT(茨城ホウ素中性子捕捉療法用加速器)
- ・誘導型シンクロトロン
- ・静電型蓄積リング

の運転を行っており、加速器技術に関する様々な R&D を行なっている。

【検証する観点】

- ◎② 施設、設備、学術資料、データベース等の研究資源を保有し、学術研究基盤として外国人研究者を含め、共同利用・共同研究に活発に利用されていること

【設定した指標】

加速器の稼働状況

J-PARC 加速器と PF/PF-AR の稼働率を図 12、13 に示す。

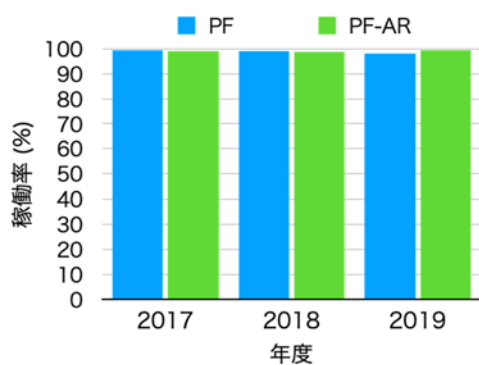


図 12 J-PARC 加速器の稼働率

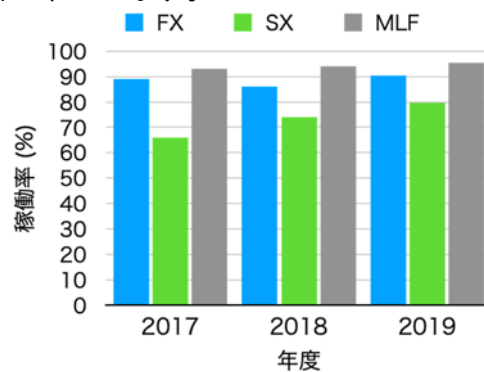


図 13 PF-PF-AR の稼働率

J-PARC(SX、FX、MLF)、PF/PF-ARとも、80～98%以上という高い稼働率で、各コミュニティの研究者にビームを供給している。

【検証する観点】

- ③ 国内外の大学(共同利用・共同研究拠点を含む。)や研究機関等と連携してネットワークを形成し、施設、設備、学術資料、データベース等の研究資源の整備や共同運用に取り組んでいること

【設定した指標】

国内の大学とのネットワークを形成状況。

2017年に、KEK加速器研究施設は全国の大学加速器施設とともに、以下のことを目的として、大学加速器連携協議会(任意団体)を設立した。

1. 大学加速器施設(現在、60施設が加入。図15参照)の情報共有
2. 加速器技術の向上や、加速器科学の新展開に関する検討
3. 大学加速器施設の維持・管理・運用や機能向上に関する相互扶助・協力
4. 加速器関連の人材育成

この協議会の事業の一環としてのモジュールの配布:KEKの回路室が保有していたリユース物品(NIM、CAMAC等二千数百点)を加速器研究施設が譲り受け、大学加速器連携協議会のメンバーに希望を募って譲渡する事業を行なっている。これまで、8大学に約280のモジュールを譲渡した。また、加速器研究施設が保有している機器(サイクロトロン)の内、性能を満たさなくなったため不要となった物を大学加速器施設に譲渡する事業も開始した。(詳細はV章を参照)

【検証する観点】

- ④ 共同利用・共同研究に参加する関連研究者に対する支援業務に従事する専任職員(教員、技術職員、事務職員等)が十分に配置されていること

【設定した指標】

各加速器の加速器研究施設の職員数

加速器研究施設は、担当するプロジェクト毎に「研究系」として編成されており、現在6つの系と1つのセンター(応用超伝導加速器センター、CASA)から構成されている。1、2系がJ-PARC、3、4系がSuperKEKB、5系が電子陽電子入射器、6系がPF/PF-AR、CASAが加速器応用を担当しているが、各系及びセンターの職員数は25～32人であり、適切な人数配分となっている(図14参照)。ただし、総人数は不足しており、定員増は今後の課題である。マ

ンパワー不足を補うための方策の一つとして、加速器の要素技術毎にプロジェクト横断的に研究開発を行なっている。今後さらにこのような効率化を図っていく必要がある。

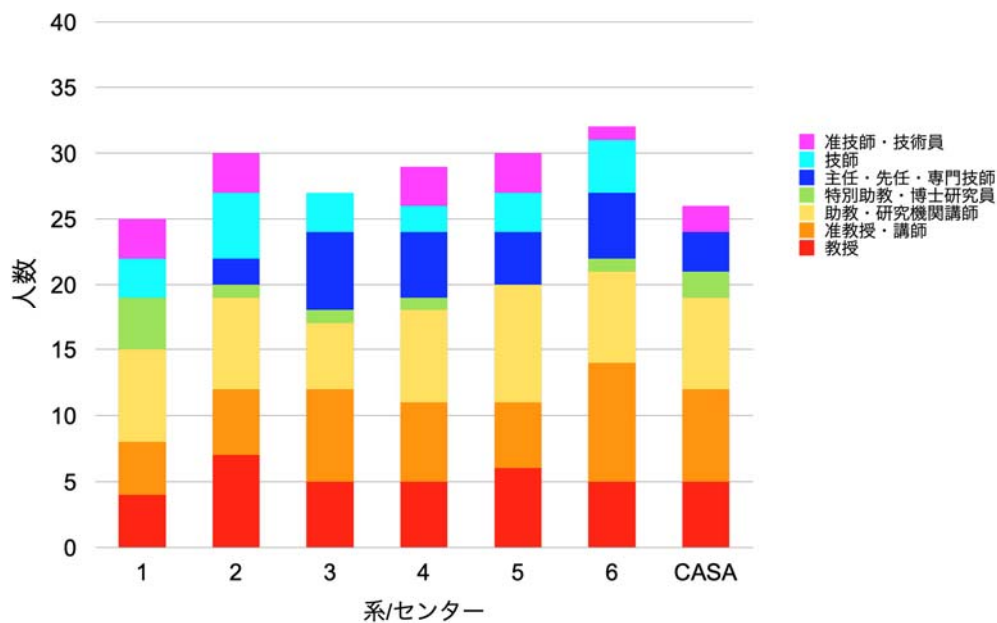


図 14 加速器研究施設の各系・センターの職員数

V. 新分野の創出

社会の変化や学術研究の動向に対応して、新たな学問分野の創出や展開に戦略的に取り組んでいること

【主な観点】

- ◎① 学際的・融合的領域における当該機関の研究実績やその水準について、研究分野の特性に応じ、著しく高い成果を挙げていると認められること
- ◎② 学際的・融合的領域において当該機関に属さない関連研究者が当該機関を利用して行った共同利用・共同研究による研究実績やその水準について、研究分野の特性に応じ、著しく高い成果を挙げていると認められること
- ◎③ 研究の進展に応じた異分野の融合と新分野の創出のため、他の大学（共同利用・共同研究拠点を含む。）や研究機関等との連携について、研究組織の再編等の必要性を含め定期的に検討を行っていること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ◎① 学際的・融合的領域における当該機関の研究実績やその水準について、研究分野の特性に応じ、著しく高い成果を挙げていると認められること

【設定した指標】

産業・医療分野への加速器応用における研究活動の状況

加速器応用(医療・情報通信・インフラ・エネルギー・環境等)のための研究開発推進体制を強化するため、2019年度に加速器研究施設を改組し、応用超伝導加速器センター(Center for Applied Superconducting Accelerator、CASA)を設置した。詳細は、VII.章で述べる。

【検証する観点】

- ◎② 学際的・融合的領域において当該機関に属さない関連研究者が当該機関を利用して行った共同利用・共同研究による研究実績やその水準について、研究分野の特性に応じ、著しく高い成果を挙げていると認められること

【設定した指標】

加速器研究施設に属さない研究者による研究業績

以下の示すような高い成果が得られている。

・レーザーコンプトン散乱によるイメージング

JAEA(現 QST)所属の研究者が、cERLにおいて、レーザー逆コンプトン散乱(LCS)によるイメージングの、超伝導加速器による初めての実証試験に成功した。

・大阪市立大学、大阪大学の研究者と共同で、電子陽電子線形加速器(入射器)の運転において、深層ニューラルネットワークによる加速器運転パラメータの最適化の試験を行い、AIによる運転可能性を実証した。

【検証する観点】

- ◎③ 研究の進展に応じた異分野の融合と新分野の創出のため、他の大学(共同利用・共同研究拠点を含む。)や研究機関等との連携について、研究組織の再編等の必要性を含め定期的に検討を行っていること

【設定した指標】

他大学との連携に関する検討

2017年にKEK加速器研究施設は、全国の大学加速器施設とともに、以下のことを目的として、大学加速器連携協議会(任意団体)を設立した。

1. 大学加速器施設(現在、60施設が加入。図15参照)の情報共有
2. 加速器技術の向上や、加速器科学の新展開に関する検討
3. 大学加速器施設の維持・管理・運用や機能向上に関する相互扶助・協力
4. 加速器関連の人材育成

これまで、以下の活動を行なってきた。

1. 大学加速器連携協議会の開催

大学加速器連携協議会に加盟している全国の大学加速器施設の関係者が参加する総会を年1回開催し、講演、報告、意見交換等を行なっている。

2. 大学-KEK Day の開催

大学及びKEKにおける加速器に関する研究活動を、大学職員・学生・近隣自治体・企業等に広報することを目的とする講演会及び施設見学会を全国の加速器施設で年に1回開催している。

3. 加速器科学セミナーの実施

2018年から、日本大学の大学院生を対象とした、加速器科学セミナーを行なっている。



図 15 全国の大学加速器施設

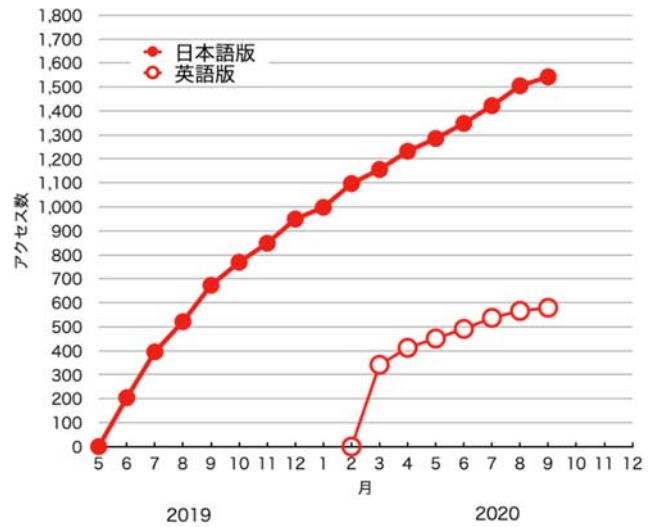


図 16 加速器研究施設プロモーションビデオのアクセス数

4. 大学加速器施設一覧の編集・発行

全国の大学加速器施設の諸元をまとめた冊子を編集・発行し、関係機関等に配布した。

2017年に初版、2020年に第二版を発行した。

5. プロモーションビデオの制作

加速器研究施設が運転している加速器のプロモーションビデオ(日本語版及び英語版)を制作し、大学加速器連携協議会参加メンバー他、関係者に配布した。YouTubeでのアクセス数は、図16に示すように日本語版、英語版合わせて、毎月100件程度に達している。

6. 研究設備等の提供(IV研究資源にも記載)

・モジュールの配布:

KEKの回路室が保有していたリユース物品(NIM、CAMAC等二千数百点)を加速器研究施設が譲り受け、大学加速器連携協議会のメンバーに希望を募って譲渡する事業を行なっている。これまで、8大学に約280のモジュールを譲渡した。

・機器の譲渡:

加速器研究施設が保有している機器(サイラトロン)の内、性能を満たさなくなったため不要となった物を、大学加速器施設に譲渡する事業を開始した。

VI. 人材育成

優れた研究環境を活かした若手研究者の育成やその活躍機会の創出に貢献していること

【主な観点】

- ① 総合研究大学院大学の基盤機関として、大学と協力し、大学共同利用機関の優れた研究環境を活用して主体的に当該分野の後継者の育成等に取り組んでいること
- ② 連携大学院制度等を活用し、国内外の大学院生を受け入れ、共同利用・共同研究に参加させるなど大学院教育に積極的に関与していること
- ③ ポストドクター等の時限付き職員の任期終了後のキャリア支援に取り組むなど、若手研究者の自立支援や登用を進め、研究に取り組みやすい環境を整備していること
- ◎④ 若手研究者（海外研究者を含む。）の採用や育成に積極的に取り組んでいること
- ◎⑤ 女性研究者を含めた人材の多様化に取り組んでいること
- ◎⑥ 先端的・国際的な共同研究等への大学院生の参画を通じた人材育成に取り組んでいること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ① 総合研究大学院大学の基盤機関として、大学と協力し、大学共同利用機関の優れた研究環境を活用して主体的に当該分野の後継者の育成等に取り組んでいること

【設定した指標】

総研大の学位取得者数および卒業生の就職状況

総研大の学位取得者数は、図 17 に示すとおり増加傾向にある（5年間の平均は、3.6 人/年）。また、卒業生（2007 年3月～2019 年9月に修了した 38 名）は、その4分の3がアカデミックポストについている（図 18 参照）。

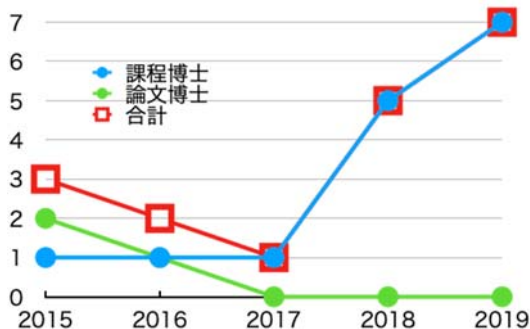


図 17 総研大の学位取得者数

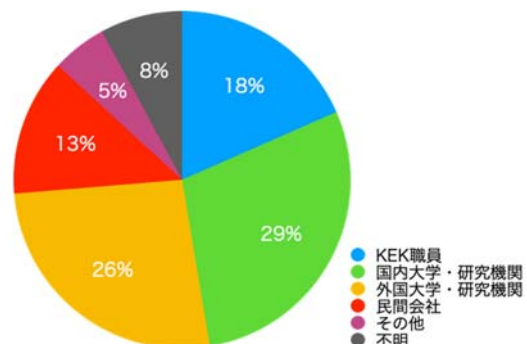


図 18 総研大卒業生の就職先

なお、2020年の在籍者数は14名であり、国費留学生在が5名、私費留学生在が4名、日本人が5名と、外国人（主に東南アジア）が3分の2を占めている。

【検証する観点】

◎④ 若手研究者(海外研究者を含む。)の採用や育成に積極的に取り組んでいること

【設定した指標】

若手研究者採用・育成の取組状況

博士研究員の採用を毎年実施していることに加え、3プロジェクト(J-PARC、SuperKEKB、放射光)については、プロジェクト経費を財源とする特別助教(任期4年)の採用を積極的に進めている。また、リニアコライダーについても、補助金を財源とする任期付き助教の雇用を行なう予定である。図19に示すように、常勤教員当たりの若手教員数(40歳未満)の比率は、現時点では、20%を上回っている。

これらの任期付き職員のキャリアパスに関しては、ほぼ全員が、任期終了後に、KEKを含む国内外の研究機関・大学に雇用されている。

機構の長期海外長期派遣制度に毎年応募し、これまでに多数の若手研究者が派遣されている(平均1.2人/年、表1参照)。

表1 長期海外派遣の実績

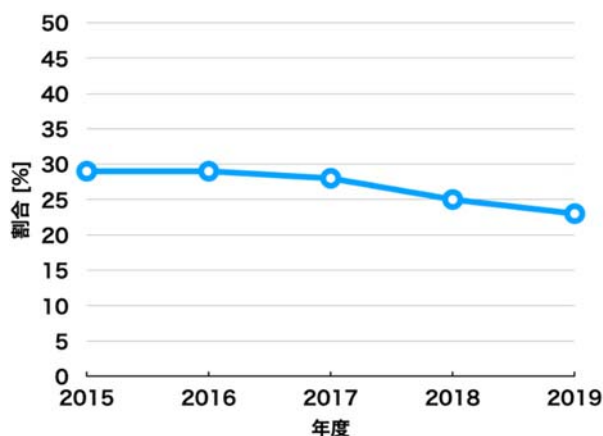


図19 若手教員数の比率

年度	人数	派遣先
2008	3	RAL, CERN, CERN
2009	3	CERN, CERN, CERN
2010	0	
2011	1	Cornel U.
2012	1	ORNL
2013	0	
2014	0	
2015	2	FNAL, TRIUMF
2016	2	DESY, MSU
2017	1	ODU
2018	1	SOLEIL
2019	0	
2020	(2)	CERN, DESY

加速器研究施設の人材育成の大きな特徴は、対象が若手教員だけではなく、技術職員や業務委託従事者も含んでいることである。教員のマンパワー不足解消を理由に始まったことであるが、優秀な技術職員や学位を持った業務委託従事者を教育した結果、教員として採用される例が出てきている。

これからの高エネルギー加速器をにう若手研究者の育成と、一般企業の研究者・技術者の加速器科学への理解を深めることを目的として、第一線で活躍中の各分野の専門家が、その年のテーマ毎に最先端の加速器科学を基礎から講義する「高エネルギー加速器セミナー OHO」を1984から毎年開催している。今年もリモート方式で実施する。

【検証する観点】

◎⑤ 女性研究者を含めた人材の多様化に取り組んでいること

【設定した指標】

女性研究者・外国人職員の割合

加速器研究施設の女性研究者・外国人職員の割合は、図20に示す通りである。女性、外国人ともほぼ横ばい状態にあるが、今後も、女性、外国人研究者の採用を積極的に進めていきたい。

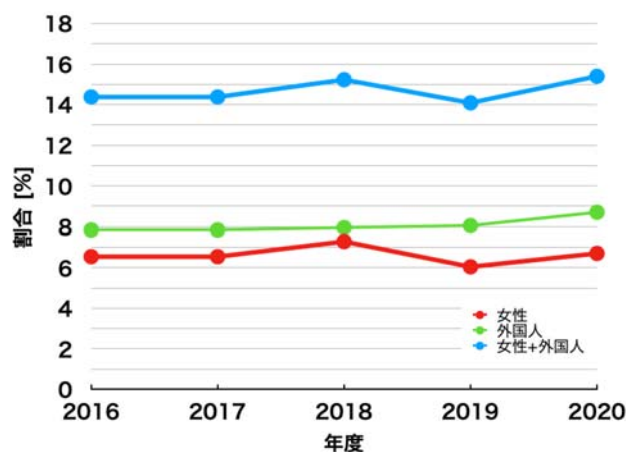


図20 女性研究者・外国人研究者の割合

【検証する観点】

◎⑥ 先端的・国際的な共同研究等への大学院生の参画を通じた人材育成に取り組んでいること

【設定した指標】

先端的な加速器の研究への大学院生の参画の状況

加速器研究施設では、先端的加速器であるJ-PARC、SuperKEKB、PF/PF-AR、ATF、STF、cERL等に関する開発研究を行なっている。これらの加速器の設計・製作・開発において、中心的役割を担う人材を育成することを目的に、総研大生・特別共同利用研究員・連携大学院生等に対する教育を行なっている。

Ⅶ. 社会との関わり

広く成果等を発信して、社会と協働し、社会の多様な課題解決に向けて取り組んでいること

【主な観点】

- ① 産業界等にも開かれた研究機関として、利用可能な研究設備、研究成果、研究環境等の大学共同利用機関が持つ機能を社会へ提供し、また、分かりやすく発信していること
- ② 地域社会や国全体の課題の解決に向けて貢献できる分野や内容について、それらの課題解決に取り組み、情報発信していること
- ◎③ 研究成果を広く社会と共有し、社会との協働・共創を通じて、新たな研究の展開につなげるとともに、社会の諸活動の振興に寄与していること
- ④ 研究成果を公開し、研究者のみならず広く社会における利活用に積極的に取り組むとともに、論文及び論文のエビデンスとしての研究データ等を公開・保存していること

【自己検証結果】

【検証する観点】

- ① 産業界等にも開かれた研究機関として、利用可能な研究設備、研究成果、研究環境等の大学共同利用機関が持つ機能を社会へ提供し、また、分かりやすく発信していること

【設定した指標】

研究設備の社会への提供の状況

2011年に、空洞製造技術開発施設(Cavity Fabrication Facility、CFF)を設置し、超伝導加速空洞の製造に必要となる電子ビーム溶接機・プレス機・縦型旋盤・化学研磨装置等の装置を整備した。これらの装置は、全国の大学・研究機関・企業等に公開されている。

また、2015年には国際科学イノベーションセンターが管理する研究施設として、超伝導加速器利用促進化推進棟(COI棟)を建設し、大型クリーンルーム・縦型電解研磨装置・ヘリウム冷凍機・真空炉など、超伝導加速空洞の製造技術の向上と産業化に必要な機器を整備するとともに(一部未完)、企業向けの居室を用意した。

これらの施設・機器を広く企業等に提供することにより、本施設・機器が、産学連携の拠点として、社会に貢献していくことを目指している。CFF、COI棟については、応用超伝導加速器センターのWebページに公開し、活動内容についての情報を発信している。(COI棟は未了)

【検証する観点】

- ◎③ 研究成果を広く社会と共有し、社会との協働・共創を通じて、新たな研究の展開につなげるとともに、社会の諸活動の振興に寄与していること

【設定した指標】

産学連携の状況

V章で述べたように、加速器応用(医療・情報通信・インフラ・エネルギー・環境等)のための研究開発推進体制を強化するため、2019年度に加速器研究施設を改組し、応用超伝導加速器センター(Center for Applied Superconducting Accelerator、CASA)を設置した。加速器の産業・医療応用に関して、これまでに、以下に示す多くの成果が得られている。

1. ホウ素中性子捕獲療法(BNCT)用加速器システムの開発

陽子線形加速器とベリリウム標的から構成される加速器ベースのBNCTシステムを開発した。必要なビーム強度、安定度は達成されており、今後治験が行なわれる予定である。ビームエネルギーが低いことによる低放射化という長所を持つ一方、単純かつ安価な高周波源・加速空洞の構成による高周波制御の困難さがあったが、新たな技術開発(特許取得済み)により克服された。さらなる効率化を図るため、超伝導空洞を用いたBNCT加速器の設計も進めている。

2. 医療用RI ^{99}Mo 製造の原理実証試験

現在100%海外の原子炉による生産に依存している ^{99}Mo の国産化、脱原子炉化のために、大量生産可能な超伝導加速器による ^{99}Mo 製造の実証試験に国内で初めて成功した(2019.10.8プレスリリース)。また、 ^{99}Mo からの $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の高純度取り出し試験にも成功した。今後、外部資金等による事業展開を目指す。

3. ロジックLSI製造のための極端紫外(EUV)光源発生用加速器の開発

5G、Beyond 5G社会で必須となる高精細ロジックLSI製造のためのEUV光源発生用自由電子レーザー(FEL)加速器の開発研究を行ない、赤外線領域の波長での原理実証試験に成功した。

4. アスファルト長寿命化の試験

国土強靱化の観点から重要な課題の一つである、道路のアスファルトの長寿命化のための加速器開発を行なっている。

5. バイオ燃料製造のための試験

大強度電子線照射による木材(木粉)の分解試験を行なっている。

今後、加速器による汚水、排ガスの清浄化の原理実証試験等にも応用範囲を広げ、QOLの高い持続可能社会構築へ向けて、加速器の社会実装を図る。図21にCASAで進めている応用分野を示す。いずれも大強度の超伝導加速器を必要とする点が共通しており、ILCなどの基礎科学用加速器で使われる超伝導加速器技術との相乗効果も期待できる。超伝導空

洞製造技術については、①で述べた CFF、COI を活用して、企業と共同して性能向上、コストダウンを進めている。

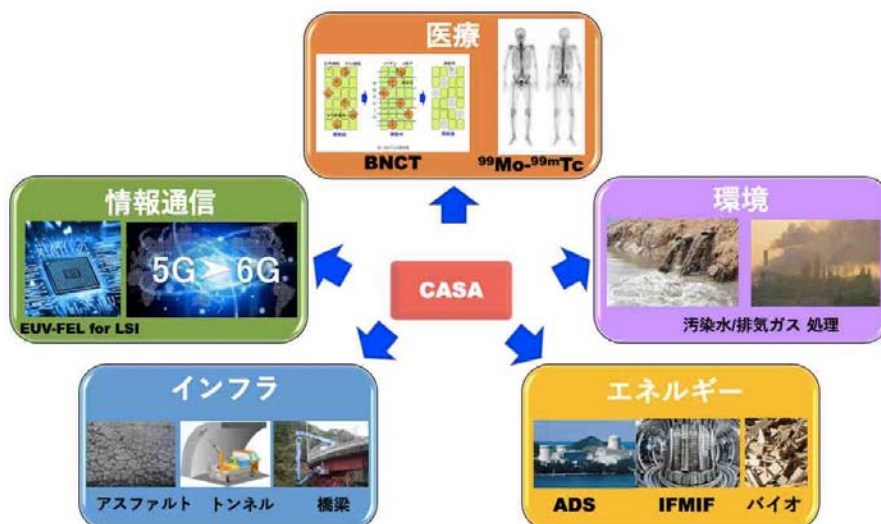


図 21 CASA が対象とする加速器の応用分野

この他にも、空洞・高周波源・電磁石電源・真空システム・ビーム診断システム・制御システム等加速器要素技術の幅広い分野において、企業との共同研究により、各機器の性能向上・コストダウンが進められている。(例：J-PARC MR の主電磁石電源)。また、茨城県の加速器関連中小企業から構成される茨城県研究開発型企業交流会 (IRDA) の参画企業との連携 (主に精密加工・計測・材料開発等の分野) を図っている。

応用超伝導加速器コンソーシアム

2019 年、全国の大学加速器施設、国内外の研究機関、企業等と連携し、加速器の応用に関するニーズ・シーズの調査・分析、研究開発戦略の策定・展開、研究成果等の情報発信を図るため、応用超伝導加速器コンソーシアム (任意団体) を設立した (図 22 参照)。会員向けセミナーを定期的で開催するとともに、関連情報の発信を随時行なっている。



図 22 応用超伝導加速器コンソーシアムの構成

自由記述

今回の検証を行なうにあたっては、KEKの国際諮問委員会（KEK Science Advisory Committee）の委員の内、加速器分野担当の委員2名に概要を送り、内容について意見を伺った。

以下にそのコメントの抜粋を示す。

委員 A

II. Centrality

The accelerator operated by the ACCL has a world record of beam intensity (per bunch[FZ1]) and luminosity[FZ2]

[FZ1]Which accelerator holds the world record bunch intensity? SuperKEKB or J-PARC? For SuperKEKB, I think the bunch intensity is much lower than the bunch intensity at LEP for example. LEP2 had up to $4.2E11$ electrons or positrons per bunch. But perhaps bunch current is high.

[FZ2]The world record low β_{y^} (0.8 mm) for a collider could also be mentioned - this is lower than at the SLC and quite some achievement.*

III. Internationality

Almost all of the external review committee members of B Factory Accelerator and J-PARC Accelerator are foreigners, and a system necessary for grasping international trends and reflecting them in accelerator operation at KEK has been well established.

[FZ3]A recent example is the successful implementation, scheme at SuperKEKB, of the crab-waist collision, which was originally developed Italy.

委員 B

Thank you very much for sending me the report of ACCL. I read through the report and found the progress encouraging. In general the report looks very good to me.