

# 学部・研究科等の現況調査表

## 研 究

平成20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

I	素粒子原子核研究所の研究目的と特徴	1 - 2
II	分析項目ごとの水準の判断	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 - 5
III	質の向上度の判断	1 - 8

## I 素粒子原子核研究所の研究目的と特徴

- 1 物質の最も根源的な物理法則を研究するのが素粒子物理学や原子核物理学であり、素粒子原子核研究所は、主に機構内の加速器研究施設を用いてその研究を行うことが中心的な目的である。
- 2 上記の実験的研究の基盤技術となる測定器の開発、データ収集・解析手段の開発、低温技術の開発などが上記の実験活動を支える研究として重要な位置を占める。
- 3 当然ながら、素粒子物理学及び原子核物理学の理論的研究も実験的研究と不可分であり平行して遂行する。
- 4 上記研究の遂行においては、国内外の研究者に研究施設を提供し、所員と協力体制のもとで研究活動を展開する形態をとっている。特に近年では、本研究所とそれを包括する本機構は、ヨーロッパのセルン研究所、アメリカのフェルミ国立加速器研究所と並び、この分野の世界的研究拠点となりつつある。
- 5 諸外国にも同分野の研究所の共同利用実験に参加することも研究形体の一つである。

### [想定する関係者とその期待]

想定される関係者は、国内外の素粒子物理学や原子核物理学分野の研究者及び当該分野の理論的研究をする研究者であり、先端的研究の展開をもたらす研究機会の提供が期待されている。

## 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)

研究活動は (1) 本研究所が実施する共同利用実験による研究 (2) 外国の研究所などの他の共同利用機関の実験への参加 (3) 測定器開発 (4) 理論的研究、(5) その他の萌芽的研究、の五つの研究形態がある。(1) から (4) の主な項目について実施状況を示す。

また、論文の出版、国際会議等への参加、特許の出願・取得・保有、受託研究・民間との共同研究などが活発に行われ (別添資料 1-1~1-5)、外部資金として、多額の寄付金や科学研究費補助金も受け入れている。(別添資料 1-6、1-7 参照)

## (1) 本研究所が実施する共同利用実験

## ・ B ファクトリー実験

B ファクトリー実験は大型測定器「Belle」を用いた大規模な素粒子物理学の実験である。

Belle 測定器は、本機構の加速器研究施設が設計・建設し、1999 年から本格運転を行っている「KEKB」と呼ばれる衝突型加速器のビーム衝突点に設置されている。本研究所の職員 20 名以上を含む 14 カ国 56 の研究機関の研究者が構成する「ベルグループ」は実験開始以来測定器の性能を維持・向上させ、これまでに約 7 億個の B 中間子の崩壊現象を記録した。

## ・ 陽子加速器実験

陽子加速器実験は、本機構の 12 GeV 陽子加速器によって加速された陽子を標的に当て生成されるさまざまな二次粒子を用いて多彩な素粒子実験を行うものである。大学などがチームを作り実験計画書を作成し、本研究所内外の委員からなる委員会で承認を受けた上で実験を行う。一つの実験プログラムは 1 年から数年にかけてデータ収集を継続する。また、この加速器で作られたニュートリノ・ビームを約 250 キロはなれた岐阜県神岡のスーパーカミオカンデ (東大宇宙線研究所) に向かって入射し、世界で初めて加速器による人工ニュートリノを使ってニュートリノの質量が 0 でないことを確認する実験が行われた。

## (2) 外国の研究所などの他の共同利用機関の実験への参加

## ・ ATLAS 実験と ZEUS 実験

ヨーロッパの国々が共同で運営するセルンでは史上最高のエネルギーの陽子・陽子衝突型加速 LHC が 2008 年に運転を開始する。この加速器に設置される測定器 ATLAS を共同製作するグループは世界中の研究者からなるが、本研究所からは約 20 名が参加している。他方、ドイツの研究所 DESY の電子・陽子衝突型加速器 HERA に設置された測定器 ZEUS に本研究所から数名が参加している。

## ・ ILC 計画への準備

素粒子物理学の実験規模は極めて大規模化してきているが、最も高いエネルギーの加速器を用いた実験のために世界の研究者が協力して次世代の加速器 (国際リニアコライダー: ILC) を建設しようという計画がある、本研究所の職員や加速器研究施設 (下記の記述参照) がその建設に向けて研究を重ねている。

・その他、他の施設等との共同実験に MEG 実験、Polar-BESS 実験があるが、後に「成果」のところでその説明を行う。

## (3) 測定器開発

素粒子や原子核の実験研究に用いる測定器は近年ますます高度な技術を要するようになってきた。メーカー製品等既存のものではこの高度化を推進することは難しく、本中期目標期間中に本研究所内に「測定器開発室」を設置し本格的な取り組みに着手した。

(4) 素粒子物理学の理論的な研究では、超対称性などのいわゆる素粒子物理学の標準理論を越えた理論的研究を展開した。また、コンピュータを駆使した数値解析法を用い、実験データの物理的理解の容易化を行った。

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

(観点に係る状況)

・ Bファクトリー実験

「Belle グループ」は研究所の職員を含む国内外の研究者約 400 名が共同研究をする研究集団である。このうち約半数が外国人である。(別添資料 2-1 参照) また、研究者の概ね 40 人ほどが機構内に常駐し、年 6 回のグループ会議にはさらに 40 名ほどが来訪する。本研究所の職員はこの一員として研究を行い同時に実験装置の運転・維持に責任を持つ。

(別添資料 2-2 参照)

・ 陽子加速器実験

陽子加速器の実験では、研究テーマに応じて必要とするビーム粒子(パイ中間子、K 中間子、反陽子、ニュートリノなど)を研究所が建設した 18 本のビームラインを通して共同利用実験に提供する。測定器は各グループが制作するが、実験に必要な特殊技術は本研究所が提供し必要に応じて運転などを行う。(別添資料 2-1, 2-2 参照)

## (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)

- Belle 実験は順調に実験が推移し、ライバルでありこの学問分野での著名な研究所である SLAC (アメリカ)の同種の研究を凌駕する実験体制を保持している。
- 陽子加速器は本中期目標期間において、その役目を果たし共同利用実験を停止したが、その直前にニュートリノの質量に関する実験を行い、いち早く世界の注目を集める結果を出す体制を整えた。
- 国際リニアコライダーでは、日本が主導する GLD 測定器グループの中で、大学との連携の下に、米国、欧州のグループと対等に競っている。
- プロジェクトの垣根を越えた測定器開発体制を整え、先進的測定技術の開発を推進している。

<b>資料 1 「素粒子原子核研究所外部評価委員会報告書」からの抜粋</b>
--

素粒子原子核研究所は大学共同利用機関として我が国の素粒子原子核研究の中核となって研究を推進している。KEK の施設を利用した共同研究が活発に行われ、数多くの優れた研究業績をあげている。ピアレビューによる課題採択、外部評価も適切に行われており、共同利用の内容・水準は「非常に優れている」と判断される。



## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

## (1) 観点ごとの分析

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

(観点に係る状況)

## 共同利用実験

## Bファクトリー実験

これまでに収集した約7億のB中間子発生事象の解析により本中期目標期間に150編近い論文を発表した。これらはB中間子などの重い粒子の崩壊に関わるもので、素粒子の「標準模型」の検証、「標準模型」を超えた新しい物理、未発見の新しい共鳴状態の発見、に分類される。これらのうち代表的なものを列挙する：

- $D^0$  反  $D^0$  中間子の混合現象の発見 (1001)：
- 10GeVのエネルギースケールにおける「量子もつれ」現象の確認 (1002)。
- $B \rightarrow \tau \nu$  崩壊の測定から荷電ヒッグス粒子の質量の新たな制限の設定 (1003)。
- $b \rightarrow d \gamma$  の測定による小林・益川行列要素  $V_{td}$  の新たな測定 (1004)。
- 中性および荷電B中間子での直接的CP対称性の破れの発見 (1005)。

## ニュートリノ振動実験

K2K実験では、ニュートリノの質量が0の時の期待値158.1に対し、ミューオン・ニュートリノ事象112個を観測し、ミューオン・ニュートリノが飛行中に他の種類のニュートリノへ変化していることを確率99.9985%で示した。(1011)

## K中間子の稀崩壊実験・ハドロン実験等

- $K_{\mu 3}$  崩壊のTの破れにおいて従来の上限值を凌駕する結果を報告した(1019)。
- K中間子の崩壊現象  $KL \rightarrow \pi 0 \nu \bar{\nu}$  の崩壊分岐比に新しい上限値を与えた。(1018)
- $5 \Lambda$  He-核基底状態崩壊の非メソン分岐比を測定し、二重荷電交換反応で中性子過剰の  $10 \Lambda$  Li-核を生成した。
- $4\text{He}$  K中間子原子の  $3d-2p$  X線測定し、核内ベクトルボソンの質量変化の可能性を示唆する結果を得た。(1013)
- ハイペロン・核子反応で初めて生成ハイペロンの偏極測定に成功した。また、 $\Theta^+$ 生成断面積に上限値を与えた。

## 短寿命核実験

- 超新星爆発時の種核元素生成に重要な  ${}^8\text{Li}(\alpha, n)$  反応の断面積の高精度直接測定に成功し、元素合成シミュレーションの定量化に貢献した。(1036)
- 短寿命核プローブによる物質中での拡散定数の直接測定法を開発し、リチウム電池電極材料開発に有用な超イオン伝導体の拡散現象を初めて観測した。(1038)
- 中性子ハロー核としての  ${}^{11}\text{Li}$  の仮想光子による分光実験から、 ${}^{11}\text{Li}$  内2中性子の空間的局在現象を初めて見いだした。(1037)

## 外国の研究所等他の共同利用機関の実験への参加

## ATLAS実験

- 神戸大と共同で端部ミューオントリガー用ワイヤーチェンバー(TGC)1100台を製作してCERNに送り、その読出回路の量産・検査を行いセクターへ組込んだ。(1028)

- シリコン飛跡検出器(SCT) 980 台のモジュール製造し、CERN でアトラスに組込んだ。
- 超伝導ソレノイド電磁石を設計・製作し、2006 年に最終位置での運転に成功した。
- ミューオン飛跡検出用ドリフトチェンバー用の高精度時間差測定チップを開発し 40 万チャンネル分の製造をした。
- 測定器シミュレーション用の Geant4 を開発し世界標準のソフトに育てた (1031)。

#### ZEUS 実験

- 偏極陽電子ビームを用いて弱い相互作用が左巻きの粒子間でのみ起こることを検証した。(1024)
- 電子と陽子の断面積を測定し陽子の構造関数を求め、強い相互作用の結合定数を精度よく決定した。さらに陽子内のクォークやグルーオンの運動量(x)分布を数%の精度で求め、小 x 領域でグルーオンが急激に増加することを見出した。(1025)

#### MEG 実験

MEG 実験はミューオンが電子とガンマ線に崩壊する現象の観測を、スイスの PSI 研究所で計画をしている。実験準備段階での成果の主なもの次は次のようである。

- 薄肉不均一磁場ソレノイド磁石の製造と設置および大型(900ℓ)液体キセノン・カロリメータの開発成功。

#### BESS 実験

宇宙線内の反陽子を探るために超伝導スペクトロメータ搭載の気球出打ち上げ、反陽子をこれまでにない統計量で測定した。観測された反陽子は 2 次起源生成モデルと矛盾のないことを確認した。(1023, 1039)

#### ILC 計画

- PFA 手法により従来より 2 倍以上の精度でジェットエネルギーが測定可能であること等、GLD 測定器は ILC で要請されている精密実験に必要な基本性能を満たしていること、およびそれが既存技術の発展と延長上で実現可能であることを示した。
- TPC の基礎研究を行い、KEK PS のビームテストなどによりマイクロピクセルガス増幅器の位置分解能モデルを確立した。
- バーテックス検出素子としてファインピクセル CCD を考案し磁場中の基本特性を得た。

### 測定器開発

測定器・オンライン・エレクトロニクス・低温での成果

- SOI 技術を応用し、ピクセル型センサーを試作してその実用性を示した (1021)。
- ネットワーク技術を展開した新しいデータ収集システムを開発した。(1035)
- アナログデジタル集積回路の開発、その実装技術開発、ネットワークハードウェア (SiTCP) を開発した。(1045)
- ロボットミドルウェアテクノロジーを用いたデータ収集システム・ソフトウェアを産総研との共同研究で開発した。
- 液体キセノン検出器用管冷凍機システムの開発を民間企業と共同で行い、その成果は海外の暗黒物質探索実験に応用されている。(1022)
- 薄肉超伝導ソレノイドを開発し南極周回気球実験用実験に使用した。

### 理論的研究

数値解析

LHC や ILC などの実験を想定し、さまざまな計算パッケージの開発研究をした。特に

実験でバックグラウンド計算の精密化のため、QCD-NLO 計算を自動化し、4点関数までのファインマン・1ループ積分ライブラリを開発した。(1032)

### 素粒子・原子核理論

#### 超対称性、量子重力など理論の研究

ニュートリノ物理、フレーバー物理からエネルギーフロンティア実験の現象論的研究や大統一理論まで広いテーマで研究を行った。また、Bファクトリー実験における $\tau$ 粒子崩壊のレプトンフレーバーの破れの探索の物理的意義や、将来韓国と神岡に次世代ニュートリノ検出器を置いた場合のニュートリノ振動実験の検討を行った。(1040, 1042)

超弦理論の行列模型において、重力の微視的理解を目指す研究を推進し、超弦理論や非可換時空における非摂動ダイナミクスの研究を行った。特に非可換幾何上のゲージ理論が示す並進対称性の自発的破れを明らかにした。

ブラックホールの量子的な性質と因果的な性質をともし取り入れるために、ホライズン近くでの量子アノマリーを考察することで、ブラックホールから発生するホーキング輻射に対する新しい導出法を提案した。(1027)

#### 強い相互作用による物質の存在様式の研究

電子・陽電子消滅反応におけるハドロン生成の実験データを解析し、グルーオンや軽いクォークの破碎関数の不定性が小さい $Q^2$ 領域において大きいことを示した。高エネルギーハドロン散乱における多重グルーオン放出の発展方程式と反応拡散系の物理との等価性に基づいて、揺らぎの効果を定量的に説明する研究を推進した。格子QCDのシミュレーションによって、アイソスピン2の $\pi$ - $\pi$ 散乱の散乱長を計算した。カイラルSU(3)理論に基づいたポテンシャルを用いたK原子核の研究を進めた。(1044)

#### 数値的手法による素粒子・原子核の研究

国内外の大学と共同研究チームを結成し、本機構の新スーパーコンピュータシステムを用いて、厳密なカイラル対称性をもつ動的格子QCDのシミュレーションにより、質量がゼロに近いクォークを含むQCDのディラック固有値スペクトルを計算し理論的予想と比較した。(1015)

## (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)

素粒子の基本法則の解明につながる研究が多角的に推進され、次のような特筆すべき成果がもたらされた。

- B中間子の様々な崩壊モードの検出によるクォーク混合パラメータの精密測定、B中間子の直接的CP非保存の発見、D中間子の混合や新しいハドロン束縛状態の発見等、フレーバー物理の研究で世界をリードした。
- 加速器を用いた実験によりニュートリノ振動の確証を得た。  
Belle 実験と K2K 実験は質の高い論文を多数発表し、極めて高い生産性を誇っている。また、ATLAS、ZEUS、MEG、BESS、ILC 等の国際共同研究における重要な貢献、測定器技術の開発、多彩な理論研究の展開等、期待を上回る成果を挙げた。

### Ⅲ 質の向上度の判断

①事例1 「Bファクトリー」(分析項目II)

(質の向上があったと判断する取組)

KEKB、Belle 測定器の性能向上と、積分ルミノシティの増加に伴い、次々と新しい現象を捉えることに成功した。

②事例2 「J-PARC 施設の建設」(分析項目I)

(質の向上があったと判断する取組)

J-PARC センターの設立、本機構全体で施設完成を目指す体制の強化等により、予定通りの実験開始に向け着々と準備が進められており、実験課題審査体制も整備された。

③事例3 「測定器開発」(分析項目II)

(質の向上があったと判断する取組)

測定器開発室の発足、オンライン・エレクトロニクスグループの再編等、研究系の枠を超えた体制を強化することにより、先進的測定器技術の開発が促進された。

資料2 「素粒子原子核研究所外部評価委員会報告書」からの抜粋

素粒子原子核研究所における研究の水準は極めて高いと評価できる。中でも Belle 実験と K2K 実験は質の高い論文を多数出しており、極めて高い生産性を誇る研究である。

2004 年度から現在までに出版された論文 658 編の中から約 7% に当たる 48 編を「研究所を代表する優れた研究業績」として選び、学術的意義が SS (卓越した水準) または S (優秀な水準) としているが、この自己評価は概ね妥当である。ただし控えめな自己評価であり、S の中に SS と判断できるものもある。

(中略)

物理の成果はもちろんであるが、測定器が長期間安定して稼働していることも研究所の重要な業績である。

(中略)

また、素粒子原子核分野においては Nature 等の一般に知名度の高い論文誌ではなく、Physical Review Letters が高く評価されていることも指摘しておく必要がある。

上記により、研究の水準及び成果は「非常に優れている」と判断される。

## 2. 物質構造科学研究所

I	物質構造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 - 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 - 5
III	質の向上度の判断	・ ・ ・ ・ ・ 2 - 8

## I 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、機構内に設置された加速器から得られる放射光・中性子・ミュオン・陽電子をプローブとし、生命体を含む物質の構造を原子・電子スケールにおいて明らかにし、構造と機能の関係を解明する実験的・理論的研究を行うことを目的としている。
- 2 上記研究の推進のために、加速器を始めとした大規模な施設・装置等の設計・建設・装置維持・性能向上などを全国共同利用機関として遂行することにより、関連分野の研究の進展を図ることも具体的な目的のひとつである。
- 3 更に、加速器を含め放射光・中性子・ミュオン・陽電子の発生・利用に関する技術的開発を行うことも目的としている。
- 4 上記研究は物質構造と機能の解明という純学術的な視点とともに社会的に応用可能な研究技術開発に貢献することも目的の一翼である。
- 5 本研究所の特筆すべき特徴は、複数の加速器利用ビームを持ち、物質を多面的に研究する機会を提供できること、先端的分野に大規模に共同利用研究の機会を提供していることがあげられる。

### [想定する関係者とその期待]

想定される関係者は、当研究所のような先端的な加速器施設を持たない国内外の当該分野の研究者であり、先端的研究の展開をもたらす研究機会の提供が期待されている。実績で年間 3500 人以上の共同利用者がいる。また、社会的応用に近い研究分野においては、この成果を基に実用的な応用を遂行する研究者なども関係者と目される。

## 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)

本研究所は、物質構造を探るプローブに対応して、放射光科学研究施設（教員数 57）、中性子科学研究施設（教員数 9）、ミュオン科学研究施設（教員数 7）の 3 つの組織から成っている。研究形態は、研究分野が広範であることを反映して、様々な形態をとっている。研究成果の発表状況を別添資料 1-1、1-2 に示す。また、本研究所の共同利用に供される装置を使った研究については、外部の共同利用研究者と同じ水準で事前評価を受けている（別添資料 1-3、1-4）。また、共同利用研究の支援、実験設備の維持・強化、新規プロジェクトの立案・実行などを効率的に行うために各研究施設の対象とする研究領域に応じた独自の施設運営を図っている。

本中期目標期間において、放射光科学研究施設では蓄積リングの高度化が、また中性子・ミュオン科学研究施設では J-PARC の建設が進んでいるが、これらは長期にわたる当該部門の開発研究の成果であり、ビーム運動学・ビーム安定化の研究・ビーム診断技術・分光素子・検出器などの技術開発が進んでいる。

外部資金の受け入れは積極的に行っており、年間ほぼ 30 件（約 1 億円）の共同研究を民間企業と行っており、また、年間 20 件程度（5 億円）の受託研究を、生命科学分野を中心に行っている（別添資料 1-5）。一方、科学研究費補助金は年間 24-30 件の採択状況であり金額は 2.2 億円程度であったが、平成 19 年度は 3 億円程度に増大した（別添資料 1-6）。

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

(観点に係る状況)

放射光科学研究施設には、2.5 GeV の PF リングと、6.5 GeV の PF-AR リングがあり、PF リングにおいては、直線部増強のための作業が行われた 2005 年を除くと、利用研究に供された運転時間は毎年約 4200 時間である。PF-AR リングにおいては約 4000 時間の利用研究のための運転時間を確保している（別添資料 2-1-1~2-1-2）。なお PF リングの直線部改造時には、PF-AR リングを約 400 時間多く運転を行った。この二つのリングからの放射光ビームを利用出来る実験ステーション数は約 60 であり、それらの全てが共同利用に供されている。実施課題は共同利用課題審査委員会によって審査・採択されており、有効課題の総数は定常的に約 700 課題を上回っており（別添資料 2-2）、利用実験者数は 3000 人前後の高水準を推移している（別添資料 2-3-1）。課題は一般的な G 型、初心者向けの P 型、重点課題となる S 型、緊急に実施すべき U 型に分類されている（別添資料 2-4-1）。放射光科学研究施設で実施されている研究分野は多岐にわたっているため、審査委員会の下に 5 つの分科会を設け、各課題に対して 3 人の専門家（計約 150 人以上）の意見をもとに審査している（別添資料 2-5-1）。

中性子科学研究施設およびミュオン科学研究施設では、12 GeV 陽子加速器の共同利用運転の終了に伴い、つくばキャンパスにおける共同利用実験は 2005 年度までに終了した。中性子科学研究施設では 2004 年度および 2005 年度には年間約 2500 時間を越えるマシンタイムを共同利用実験に供給してきた（表 2-1-3）。高度な研究推進と広範な利用研究推進を両立するために施設職員及び外部大学研究者が実験装置毎に B1 と称するグループを形成し、共同で分光器の開発・維持(50%)と共同利用実験課題(B2 課題)の支援(50%)も行ってきた。この方式に則って 2004 年度については年間 163 件の共同利用実験課題を実施したが、

2005年度は上記の運転終了に伴って、B1課題のみを32課題実施した(別添資料2-2)。2004年度の利用者は354人、2005年度は135人であった(別添資料2-3-2)。年2回、共同利用実験課題募集を行い、実験課題採択委員会において審査を実施した(表2-4-2、表2-5-2)。

ミュオン科学研究施設では年間約40件の共同利用実験課題を実施している(表2-2)。年2回、共同利用実験課題募集を行い、実験課題採択委員会において応募課題の審査を実施している(別添資料2-4-3、2-5-3)。2004年度-2005年度はつくばキャンパスのミュオン科学研究施設内にある計4つのビームポートを運用し、年間約2700時間のマシンタイムを共同利用実験に供給(別添資料2-1-3)するとともに、毎年100人前後の利用者に対し実験支援業務を行った(別添資料2-3-3)。

中性子科学研究施設およびミュオン科学研究施設では、上記の陽子加速器の停止からJ-PARCでの新しい実験施設の完成までの2006年度からは海外中性子・ミュオン施設を利用した実験を共同利用実験と見なして支援する事業を開始し、旅費・滞在費の支援、海外中性子・ミュオン施設での実験課題審査に関わる便宜供与を行った。

以上の体制の下、放射光・中性子・ミュオン・陽電子ビームを用いて共同利用実験を実施し、年間合計約700報を超える論文が発表されている(別添資料2-6、2-8)

各施設では全国組織である日本放射光学会、日本中性子科学会、日本中間子科学会を通してユーザーコミュニティとの連携を図っている。放射光科学研究施設ではこれに加えてPF懇談会を組織しユーザーの声を反映した施設運営・設備の整備などを行っている。ミュオン科学研究施設では、2006年の日本中間子科学会設立までは中間子科学連絡会を組織していた。

放射光科学研究施設では毎年PFシンポジウムを開催して、ユーザーとの交流・意見交換を行うと共に、PF研究会をユーザーの提案を基に随時開いている。また中性子科学研究施設及びミュオン施設では年2回の共同利用実験成果報告会を開催している。

ユーザーが来所して実験を行う際には、旅費を支給すると共に、機構では共同利用者のための宿泊設備を低料金で提供している。実験に際し、必要な消耗品類へ課金は行わず、また担当者は実験支援などを行って研究推進の効率化を図っている。

## (2) 分析項目の水準及びその判断理由

(水準)

期待される水準を大きく上回る

(判断理由)

物質構造科学研究所はその施設・実験装置の共同利用を、旅費のサポートを含め円滑に実施した結果、毎年3500人を越える共同利用実験者と900件前後の共同利用研究課題に提供し、共同利用実験の推進に当たっていることは高く評価できる。学術的にインパクトの高い研究成果が数多く生み出されており、また産業応用などの観点からの萌芽的な研究も展開されている。また2004年度以来の東海キャンパスにおけるJ-PARC建設や2005年度の放射光蓄積リングの高度化などに対する職員のエフォート率は8~9割に上っている。この間職員の研究活動水準が維持されるとともに、共同利用研究者の研究活動維持の努力をしてきた経緯は、期待される水準を大きく上回ると言える。さらに、国際外部評価を積極的に受けるなどよりよい共同研究所に発展するために努力している点も評価できる。



## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

## (1) 観点ごとの分析

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

(観点に係る状況)

本研究所では加速器本体を含めたビームの発生・利用に関する開発的研究の成果があがっている。PF蓄積リングの高度化改造を6ヶ月で完了し、挿入光源を設置可能とする直線部の数を増やし(1024)、構造生物学、構造物性研究用の短周期アンジュレータビームラインを建設した。また蓄積リングにおけるビーム診断技術(1022)やビームダイナミクス研究(1023)、新しい入射スキームの提案(1020)などの開発研究に成果を上げている。J-PARC中性子実験のために開発した超小型のヘリウム3偏極装置は、広帯域の偏極子として重要なデバイスである。またミュオンでは大立体角輸送チャンネルの開発に成功している(1021)。

生命科学関連では構造生物学研究センターの活動を中心にしてタンパク質構造解析において優れた成果を生み出している。遺伝暗号を介さないでアミノ酸をタンパク質に結合させる酵素の機能解析(1012)、インスリン受容体のV字構造の解析(1016)、ヒストンシヤペロンのヒストン分割機構の解明(1013)、SUMOによるタンパク質の機能の調節機構の解析(1014)、キネシンの構造解析によるエネルギー変換機構の研究(1011)、ユビキチンタンパク質の新しい結合様式の発見(1017)、細胞内輸送にかかわるエフェクター分子の構造解析(1018)などが進展している。極めて効率的な結晶化法の開発(1015)など基礎的な開発が行われた。一方中性子小角散乱により水溶液中での蛋白分子の会合状態を解析し、凝集機構の研究を開拓した(1019)。

物質科学関連では、物質の機能と構造の解明に量子ビームが有効であることを示した。放射光によるフラーレン中の水素の構造を明らかにした(1004)。X線領域における電気磁気効果の実証(1003)などの基礎研究も進んでいる。放射光時分割測定の実験は、新しい研究の方向を示すものである(1002)。軟X線領域においては、光電離過程の物理(1028)などの基礎研究が進み、一方で表面磁性評価手法の開発も進んでいる(1025)。さらに、シリコン窒化膜のバンドギャップ(1034)や、マンガン酸化物のフェルミ面(1024)、絶縁体界面の電子状態の解明(1026)は、高密度デバイスの開発や材料の開発に寄与するところも大きい。

一方キラル有機磁性体(1007)や、パイロクロア格子超伝導体(1005)が $\mu$ SRを用いて研究されている。GaNのミュオンによる研究は新しい導電性の機構を明らかにしている(1001)。

ナノサイエンス分野では書き換え型光ディスクの相変化の放射光による解明は大きな反響を呼び(1024)またカーボンナノチューブ(1006)やカプセル状有機金属化合物(1009)の構造に関する研究も進んでいる。また高選択性レニウム化合物触媒の開発とそのXAFS解析(1031)や、排ガス触媒の機構の解明は社会的な関心を集めた(1030)。環境化学に関連したAs高集積植物の解析が進んだ(1029)。高分子化学では球晶におけるラメラのねじれ構造の解析(1033)が注目される。また位相コントラスト法の医学応用への展開が見られている(1035)。

中性子による物質構造解析では、非弾性散乱による高分子薄膜のガラス転移機構や、高分解能粉末中性子回折による六方晶マンガン酸化物の磁気相転移に伴う結晶構造変化の研究が行われた(1008)。大型機器用リチウムイオン電池の正極物質の中性子構造解析により新たな電極材料開発の可能性が示唆された(1010)。

資料1 放射光研究施設国際外部評価（2005年度）報告書より

まとめ

1. 直線部増強により、PF は多くの分野で中規模第三世代光源と競争力を持った。
2. 可能な限り資源を PF と ERL 計画に集中し、X 線域の高水準のアクティビティを維持・発展させるとともに VUV/XUV 域のアクティビティの増強を図るべき。
3. ビームライン数と比して研究者数が少なすぎる。世界水準の研究者を付けることが無理なら、注意深く選択した 5~10 の重点分野の 30~40 のビームラインに整理すべき。
4. 構造生物をはじめ、VUV~X 線の領域で世界的に見て高水準の研究成果を生んでいる。
5. 外部資金なしで直線部増強の効果を生かす挿入光源ビームラインを建設することは予算的に困難であり、東京大学のアウトステーション計画は妥当であり、時宜を得たものである
6. ERL 計画は蓄積リング、XFEL と補完的役割を果たし、放射光ユーザーに先端的な実験を行う機会を提供出来る。実証機を VUV 光源として活用し、原子力機構や加速器施設との協力が行われていることは戦略的に意味がある。
7. ユーザーコミュニティと協力し、光科学が KEK キャンパスでの主たる研究活動の一つと位置付けられるよう努力すべきである。

資料2 中性子科学研究施設評価委員会（2008年1月）報告書骨子より

「まとめ」概要

- ・ KENS は大学共同料を通して、日本全国の中性子科学拠点と成っており、全国の大学研究者と強い連携を確立し高度な研究成果を遂行している
  - ・ KENS 実験装置群の利用や日英中性子散乱事業を通して英国 ISIS 施設を利用することによって、超伝導体、高分子、燃料電池材料、アルツハイマー等の疾病タンパク質形状、ファラクトン励起等の研究において、斬新で世界をリードする研究成果を数多く得ていることを高く評価する。
- また、
- ・ 建設中の J-PARC における世界最高性能を持つ中性子実験装置群の建設、これに関わる革新的デバイス開発において目を見張る成果をあげていることを高く評価する。

資料3 ミュオン科学研究施設評価委員会（2008年1月）報告書より

結論

本委員会は、高エネ機構ミュオン科学研究施設グループが非常に優れており、研究においてすばらしいリーダーシップを発揮するとともに、高い技術的能力をも兼ね備えていると認めるものである。ミューズ施設の建設にかかる多大な労力にもかかわらず、このグループは理研 RAL、ポールシェラー研究所、トライアムフ研究所の施設を利用した研究支援を怠りなく遂行しており、また厳しい競争の中で自らビームタイムを獲得している。

（以下省略）

\* ミューズ：J-PARC に建設中のミュオン科学実験施設

## (2) 分析項目の水準および判断理由

(水準)

期待される水準を大きく上回る

(判断理由)

放射光科学研究施設においては建設後 25 年を経過した施設・実験設備の更新・改良を積み重ね、現在でも第一線級の性能をもつ実験施設としている。このことにより、年間 600 報以上の共同利用研究の成果を生んでいるが、それらの基礎・基盤開発につながる開発研究の成果は 2005 年度の国際評価委員会及び 2006 年度および 2007 年度の国際諮問委員会で評価されている。また中性子科学研究施設・ミュオン科学研究施設では年間 100 報を超える論文が発表されている。更に J-PARC 関連の基幹技術の開発研究は 2008 年度以降の質の高い研究に結実すると考えられるが、現段階でも既に意義深い貢献をしている。

これまでの利用研究では、物質・生命科学などの分野を中心に、多彩な分野から優れた研究結果がでてきている。インパクトファクター 5 以上の雑誌に掲載された論文は 2004 年度以来 200 報を越え総数の約 1 割に相当している。

### Ⅲ. 質の向上度の判断

事例1 (分析項目 I および II) 「放射光における PF および PF-AR リングにおける高度化改造」

取組: PF蓄積リングの高度化改造により従来、PF及びPF-ARでカバーできなかった波長領域を短周期アンジュレータでカバーすることが出来るようになり多くのユーザーがその恩恵を受けている。一方PF-ARは放射光専用光源として多くの成果が出るようになった。ビーム運動学の基礎的な研究も積極的に行われているだけでなく、光源性能の向上が図られている。

事例2 (分析項目 I) 「J-PARCにむけた中性子散乱装置高度化に関する開発研究」

取組: J-PARC 中性子科学研究施設で要求される様々な開発研究を実施した。特に汎用性の高い中性子スピン偏極子及び解析子として、小型の偏極ヘリウム3が実現したことは極めて重要である。開発した信号処理回路技術は企業にライセンス契約することによって、社会への還元をも同時に達成した。曲面スーパーミラーの開発により集光型中性子小角散乱を実現した。また中性子屈折光学として磁気屈折光学素子及び物質界面屈折光学素子の試作に成功した。これらは J-PARC 中性子施設における中性子の高効率利用を開拓するものである。

事例3 (分析項目 I) 「ミュオン発生装置の高度化に関する様々な開発研究」

取組: J-PARC ミュオン科学研究施設のため、高放射線環境下で高い信頼性を持つビームライン電磁石の設計・製作、遠隔操作による脱着が可能な真空フランジ(特許出願中)の開発を行った。これらは J-PARC ミュオン施設を実現する上で不可欠なものである。

事例4 (分析項目 I および II) 「構造生物学研究センターを中心とした放射光構造生物学の進展」

取組: 放射光科学研究施設スタッフを中心に形成されている構造生物学センターでは、新規タンパク質構造解析ビームラインシステム、タンパク質精製・結晶化システムの構築などを通し、ユーザーに高度な解析システムを提供し続けると共に、施設内に強力な研究グループを形成している。構造生物学センターおよび当該グループの共同利用研究支援によるその成果は報文約 300 報、および学会賞の受賞等の表彰 7 件などに現れている。

事例5 (分析項目 II) 「3つの量子プローブを用いた機能性物質の探索」

取組: 放射光、中性子、ミュオンの3つの量子プローブを用いて、新超伝導体などの研究を行い、物性発現機構を究明した。これは、3つのプローブを持った本研究所において初めてなし得たことであり特筆に値する。

事例6 (分析項目 I および II) 「PF-ARにおける高速時間分解放射光ビームライン建設と利用研究」

取組: X線動的構造解析法は、基礎科学のみならず材料開発の分野において今後ますます重要となると考えられる。PF-AR放射光のパルス特性を生かした、ピコ秒領域の高速過渡現象を測定するための挿入光源およびビームラインを立案・設計・製作・立ち上げを行い、すでに利用研究の優れた成果を生み出している。

## 3. 加速器研究施設

I	加速器研究施設の研究目的と特徴	・・・	3-2
II	分析項目ごとの水準の判断	・・・	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	・・・	3-4
III	質の向上度の判断	・・・	3-7

## I 加速器研究施設の研究的特徴

- 1 我国における加速器研究の中核的研究施設として、機構の共同利用に供される加速器施設等の設計・建設、運転・維持、性能向上に努め、関連する開発研究を推進するとともに、世界的拠点の一つとしての責任を果たす。これらの目的を達成するために、次項に掲げる加速器について、加速器物理学及び加速器工学に関する理論的、実験的研究及び各種の加速器要素の技術開発を行い、将来の研究プロジェクトに対応するための加速器の開発研究を行う。
- 2 加速器施設
  - 既設の共同利用加速器
    - ・ 陽子シンクロトロン施設 (12-GeV PS)
    - ・ 電子 (8GeV)・陽電子線形加速器 (LINAC)
    - ・ 放射光用 6.5GeV 電子加速器 (PF-AR) [物構研 PF 光源系との共同]
    - ・ 電子 (8GeV)・陽電子 (3.5GeV) 衝突型加速器 (KEKB)
    - ・ 先端加速器試験装置 (ATF)
    - ・ 低速陽電子実験用加速器
  - 建設中の共同利用加速器
    - ・ 大強度陽子加速器施設 (J-PARC)

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、FFAG などがある。また、将来の重要なキーテクノロジーである超伝導高周波技術の開発をさらに推進するための施設 (STF 施設)、次世代放射光源を目指した ERL 施設などの整備を進めている。さらに、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、技術開発の推進も図っている。
- 3 共同利用推進に適した組織体制と研究開発の実施に適した体制の整備に努める。さらに、機構の基盤設備・技術として本機構研究系の枠を越えた柔軟でかつ適切な人員配置や推進体制の整備など、効率的な組織運営を行う。また、経験を積み、高い技術力を持つ人材（退職者、企業の技術者など）の活用を図るための措置を講ずる。
- 4 我国最大の加速器専門家組織として、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。さらに、国外の研究機関との共同研究に積極的に参加し、加速器科学の世界的拠点としての役割を果たすべく、加速器の開発研究に必要な基盤整備の充実を図る。また、国際会議、国際研究会等を開催し、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て加速器科学専攻として、大学共同利用機関としての特長を活かした大学院教育を行う。また特別共同利用研究員等の制度に基づき諸大学の要請に応じ、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。

### [想定する関係者とその期待]

本研究施設は機構の共同利用に供される加速器設備の運用を担当しており、「想定する関係者」は本機構に所属する2つの研究所であるが、これら研究所に関連する研究者コミュニティも間接的な関係者となる。実際、本施設所属の加速器は2つの研究所の研究者及びコミュニティの研究者の研究を推進するための基盤的ツールであり、そこからの加速器の性能向上や将来計画の推進についての期待と要望は大きい。また、本機構のもう一つの研究施設である共通基盤研究施設とは、研究開発だけでなく運営面でも密接な連携を保っており、相互の関係は「関係者」以上のものとなっている。さらに、当該施設は加速器科学の世界的拠点として、欧米やアジアの加速器研究者・技術者も「想定する関係者」であり、加速器関連の研究開発拠点としての役割を果たすことが求められている。特に、国内では、最近、予算措置された「大学等連携支援事業」を通じて、様々な技術指導、支援を行っており、大学等の小規模施設や研究グループから感謝と強い期待が寄せられている。

## 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)

## ○研究の実施状況

加速器研究施設では、教員と技術職員が協力して、大型加速器施設の運転・維持・改良を行うことにより共同利用・共同研究の場を提供するとともに、加速器に関する最先端の開発研究を行っている。

本研究施設の活動状況は、添付資料の、論文の出版状況（別添資料 1-1）、国際会議への参加状況（別添資料 1-2）、国際会議の開催状況（別添資料 1-3）、海外研究機関・国際機関への貢献（別添資料 1-4）、特許の出願・取得・保有状況（別添資料 1-5）、受託研究（別添資料 1-6）、企業等を対象とした共同研究の受け入れ状況（別添資料 1-7）、大学等連携支援事業（別添資料 1-8）、加速器科学技術支援事業（別添資料 1-9）、拠点大学交流事業（別添資料 1-10）が示すように、非常に活発に行われている。また、研究活動の一環として高エネルギー加速器セミナー（別添資料 1-11）、総研大の高エネルギー加速器科学セミナー（別添資料 1-12）、夏期実習（別添資料 1-13）を実施している。

## ○研究資金の獲得状況

外部資金として、多額の科学研究費補助金（別添資料 1-14）、寄付金（別添資料 1-15）を受け入れている。

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

(観点に係る状況)

- ・ 加速器研究施設が運転を行っている種々の加速器の運転時間は、別添資料 2-1 に示す通りであり、素粒子原子核研究所の B ファクトリー実験 (Belle)、長基線ニュートリノ実験 (T2K 実験) や、物質構造科学研究所の放射光実験施設などに安定なビームを供給することにより、共同利用、共同研究の推進に貢献している。加速器の安定度は非常に高く、同資料に見られるように低い故障率を維持している。
- ・ 大学等を対象とした共同開発研究（別添資料 2-2）も活発に行われている。

## (2) 分析項目の水準及びその判断理由

(水準)

期待される水準を大きく上回る

(判断理由)

論文等の発表状況ならびに科学研究費補助金等の研究資金獲得状況とともに非常に活発に行われている。また安定な加速器運転により共同利用・共同研究の場の提供に大きく貢献するとともに、国内企業や国内外研究機関への加速器に関する支援も積極的に実施されている。以上のことから、研究活動の実施状況および共同利用・共同研究の実施状況ともに関連コミュニティの期待に十分応えており、これらの状況を総合的に判断し、上記の水準と判断した。

## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

## (1) 観点ごとの分析

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

(観点に係る状況)

KEKB に関しては、ルミノシティの世界記録を更新し続けてきたが(1002)、世界初のクラブ交差成功によりさらなるルミノシティ向上の可能性を示した(1003)。また、超伝導空洞による世界最高のビーム蓄積電流を達成した(1004)。加速器理論においては、ビーム・ビーム効果の研究(1001)や、新しいビーム光学系の診断、補正法の開発(1005)により世界最高ルミノシティの達成に貢献した。ビーム診断技術に関しては、電子雲不安定によるサイドバンドの世界初の観測成功(1006)、ビームによるビーム位置モニター較正法の開発(1021)、ダイナミックビーム・ビーム効果の測定(1022)に成果があった。さらに、大電流用真空ダクトの開発(1007)、ビームダクト内の TiN コーティングによる二次電子放出係数の低減(1023)、二次電子放出係数の測定(1024)等が行われた。

資料1 Bファクトリー加速器レビュー委員会(平成19年11月29日～12月5日)【結果概要】

KEKB が世界最高ルミノシティを維持するとともに、引き続きすばらしい前進をとげていることについて、委員会から祝福があった。また、Belle 検出器においては、やはり世界記録である積分ルミノシティにおいて  $710 \text{ fb}^{-1}$  を蓄積し、総計 206 の論文を出版あるいは投稿中である旨の報告が行われた。

一方で、クラブ空洞のような新しい構想が、現状の性能記録を大きく超えるためには必須であるとの意見が出され、今回世界で初めて導入されたクラブ空洞・クラブ交差の更なる進展など、KEKB のルミノシティを更に飛躍させるための開発研究を推進することの重要性が述べられた。

今回の評価委員会は加速器制御室で行われ、委員が直接ビーム調整の現場をレビューした。委員会は KEKB の複雑なビーム調整が総合的に行われていることを実感し、また数々の直接的な助言をその場でも行った。

電子・陽電子線形加速器に関しては、連続入射の実現(1008)、ビーム安定化を含めたアップグレード(1025)が達成され、運転効率向上に貢献した。また、要素技術の研究開発として、タングステン単結晶を用いた陽電子生成の実証(1013)、8電極エネルギー幅モニターの開発(1026)、高周波窓表面における放電素過程に関する研究(1027)、カーボンナノチューブ電子銃の開発(1028)などが大学、国内海外研究機関との共同研究により実施された。

資料2 優れた研究業績説明書より (概要)

業績番号 1008 : KEKB 衝突型加速器における、衝突実験時連続ビーム入射の実現

衝突型加速器は蓄積リングであり、実験に使われるエネルギーまでの加速は別の入射用加速器で行われる。これまでは、入射加速器から補充するという方法が使われており、電流の値は時間の関数としてのこぎり型のグラフになる。KEKB では、実験を行っている Belle グループとの密接な協力のもとに高い頻度で入射を行うシステム(top-off)を世界で初めて実現して事実上一定電流での実験ができるようになった。



陽子加速器に関しては、主リングの安定な運転によりニュートリノ実験のためのビームを供給するとともに(1009)、ブースターの長期間に渡る安定な運転により中性子・中間子の研究にビームを供給し(1020)、共同利用実験に貢献した。また、誘導加速シンクロトロンの実証に世界で始めて成功した(1010, 1011)。静電型イオン加速器を用いた実験では、電子-生体分子イオン間の衝突に関して新たな現象を発見した(1012)。なお、陽子加速器は平成17年度末に共同利用運転を終了した。

資料3 優れた研究業績説明書より (概要)

業績番号 1011: 誘導加速シンクロトロン原理による全種イオン円形加速器とその制御技術に関する基本発明

誘導加速シンクロトロン原理を適用し、荷電粒子の閉じこめと加速を2種類のパルス電圧で独立に行い、陽子からクラスターイオンを含む全てのイオン種を一台で繰り返し加速する円形加速器(全種イオン加速器)とそれを制御するための技術に関する基本発明である。取り得る可能な電価状態にある任意のイオンを、大型で高価な入射器を用いることなく、高圧イオン源から直接入射し、一台の円形加速器で加速することを特徴とする。

業績番号 1012: Regular threshold-energy increase with charge for neutral-particle emission in collisions of electrons with oligonucleotide anions

静電型イオン貯蔵リングと合流型電子ビームを用いて各種生体分子イオンと電子の衝突を研究した。たとえば、ペプチド正イオンと電子の衝突では、分子結合が特定のエネルギーで共鳴的に切断される現象を発見した。また、DNA負イオンと電子の衝突では、中性粒子放出反応のしきい値がイオンの価数に比例して増加する現象を発見した。これは、分子の中の電子の集団運動に起因すると推定される。

リニアコライダーに関しては、加速器試験施設(ATF)を用いた先端的研究が、国際研究機関・大学等との共同研究として実施され、レーザーワイヤーによる超低エミッタンスビーム測定(1015)、逆コンプトン散乱による偏極陽電子の生成(1016)、空洞型ビーム位置モニターの開発(1017)、One shot ビーム診断装置の開発(1031)、偏極X線ビーム源開発(1032)、高速ビームキッカーの開発(1033)、加速器における高速マイクロ波検出の実証(1034)において、いずれも世界初の成果を得た。また、大強度高周波電子銃の開発(1035)、コヒーレントシンクロトロン放射光計算手法の開発(1036)、ビーム内粒子衝突によるエミッタンス増大を与える公式の導出(1037)などが実施された。さらに、高電界超伝導空洞の開発(1014)、常伝導加速器システム(Xバンド)の開発(1030)、超伝導RF試験装置の開発と運転(1029)が大学等との共同研究により進められている。

資料4 優れた研究業績説明書より (概要)

業績番号 1015: Achievement of Ultralow Emittance Beam in the Accelerator Test Facility Damping Ring

CW Laser Wireによりエミッタンス測定精度を向上し、垂直方向エミッタンスが4pmまで達成できていることを明らかにしたビームプロファイル測定装置の改良報告である。この報告により、光空洞とCW Laserを使ったLaser Wireが超低エミッタンス電子蓄積リング等のエミッタンス測定に非常に有用であることが示された。また、世界最小垂直エミッタンス電子ビーム生成が実現していることを測定により示した。

業績番号 1016: Efficient Propagation of Polarization from Laser Photons to Positrons through Compton Scattering and Electron-Positron Pair Creation  
1.28GeV電子ビームと532nm Laser Pulseの逆コンプトン散乱により偏極ガンマ線

( $2 \times 10^7$  個/衝突) 生成を定常的に行い、対生成で生成された偏極陽電子 ( $2 \times 10^4$  個/衝突) の偏極度を磁化させた鉄標的透過度の非対称性測定から求めた。この実験は、世界で初めて透過法によって偏極陽電子ビームの偏極度(73%)を実験的に得たものである。

J-PARC に関しては、加速器の建設は全体的に順調に進捗しており(1038)、リニアック(1018)、RCS ではビーム加速に成功した。各機器の開発研究においては、リング用セラミックダクトの開発(1019)、ビーム診断システムの開発(1039)、荷電変換膜および交換システムの開発(1040)、リング用 RF システムの開発(1041)が行われた。

資料 5 J-PARC 加速器テクニカルアドバイザー委員会(平成 20 年 2 月 28 日～3 月 1 日)

**【結果概要】**

3GeV シンクロトロンにおけるエネルギー 3GeV の達成をはじめとして、各プロジェクトの進捗状況や今後の課題等について報告された。委員会からはこれまでの成果について高い評価を受けた。また、リニアックの 400MeV へのエネルギー回復計画や MR の性能、RCS 及び MR において長期的な運転に十分なレベルとなる高周波加速システムの確立、並びに最初のビーム運転期において性能を最大化させることについて引き続き注意を払っていくことが必要であるとの進言があった。

## (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)

組織を代表する優れた業績として選定した 41 件(SS:19 件、S:22 件)は、国際的に高い評価を得ている研究であるが、その他にも加速器に関連する各分野で世界をリードする成果を多く出しており、全体的に高い水準の研究成果が得られている。また、機構の基盤的施設である加速器施設の運転・維持・改良により安定なビームをユーザーに供給し、共同利用・共同研究の遂行に大きく貢献した。

よって、本研究施設の研究成果の状況は、関連する研究者コミュニティの期待に十分応えており、この状況を総合的に判断し、上記の水準と判断した。

### Ⅲ 質の向上度の判断

#### ①事例1 「リニアコライダーの開発研究」(分析項目 II)

(質の向上があったと判断する取組)

国内外の加速器関連施設・大学等との共同研究に必要な超低エミッタンス(0.1nmrad から10pmrad以下に向上)で太さが数ミクロンの電子ビームを実験のため定常的に供給している。このビームを利用してナノメータ位置分解能検出器、ナノ秒フィードバック制御装置開発等の先端加速器技術開発を国際協力で順調に進めている。また、超伝導高周波加速空洞開発では、単空洞で51MV/m以上の高電界を実現した。

#### ②事例2 「J-PARCによる陽子ビーム強度の増強」(分析項目 II)

(質の向上があったと判断する取組)

KEK12GeV陽子シンクロトロンブースターはエネルギー0.5GeV、ビーム強度は3kWであったが、J-PARCのRCSは3GeV、1MWを目標としている。現在既にエネルギー3GeVを達成し、ビーム強度も運転開始わずか4ヶ月で4kWに達した。今後、MRもあわせて急速に性能を向上させる計画である。これには新たに開発した荷電変換フォイル、セラミックスダクト、ビーム診断装置、高電界高周波加速装置の成果が大きく効いている。

#### ③事例3 「KEKB 加速器のルミノシティ向上」(分析項目 II)

(質の向上があったと判断する取組)

KEKBを用いた共同利用実験の質の向上には、電子・陽電子の衝突頻度を上げることが必要であり、その指標はルミノシティと呼ばれる量で表わされる。ルミノシティの増強には加速器自体の性能向上と共に、綿密なメンテナンス計画に裏付けられた安定な運転の持続が不可欠である。これらを実践した結果KEKBのルミノシティは1999年の本格運転開始以来着々とその最高記録を更新しており、最高ルミノシティは平成16年度以前に比べてそれ以降に40%改善され、 $1.7 \times 10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ に到達している。この最高値はアメリカの同種加速器PEP-IIをはるかに上回るものであり、且つこれまでの加速器で得られていた値を一桁上げるものであって、加速器の歴史に残る快挙である。また積分値についても平成16年度までの総和が $220 \text{fb}^{-1}$ であるのに対しそれ以降の総和は $540 \text{fb}^{-1}$ に到達しており、平成16年度以降に積分値向上も重要な課題として取り組んだ結果である。KEKB 加速器に設置されたBelle 測定器には極めて高い頻度で素粒子反応が供給されており、国際的な大規模共同利用実験である Belle 実験を支える強力な基盤になっている。

#### ④事例4 「PS シャットダウンまでの運転状況」(分析項目 II)

(質の向上があったと判断する取組)

12GeV-PSによる国内外の大学・研究機関との共同利用実験に必要なビーム強度、ビームスピンを最大の質において維持供給した。その結果、長基線ニュートリノ実験もKL実験も成功裏に終えることができ、かつ双方の実験が平成18年度高エネルギー物理学奨励賞を受賞した。

#### ⑤事例5 「誘導加速実験の成功」(分析項目 II)

(質の向上があったと判断する取組)

主リングの共同利用終了後のブースターのみ運転時に誘導加速連続実験において誘導加速装置のみで6GeVまで加速し、世界で初めて誘導加速シンクロトロン完全実証加速に成功した。その功績により科学技術分野の文部科学大臣表彰を受けた。その後の、誘導加速を応用した全種イオン加速器へブースターを転用するプロジェクトの推進力となった。

#### ⑥事例6 「電子陽電子ライナックの運転性能向上」(分析項目 II)

2004.1 から連続入射運転を開始し、積分ルミノシティの世界記録更新に貢献した。入射器の改善により、安定運転に対し以下のような性能向上を達成した。(1)故障率の低減：1999 年度の KEKB 実験開始時に 540 時間あった入射器コンポーネントの延べ故障時間を年々漸減させ、2004-6 年度には約 7000 時間の年間運転時間に対して 129 時間(運転時間比 1.8%)、86 時間(同 1.2%)、95 時間(同 1.3%)であった。(2)RF トリップ率の低減：同様に、1999 年度の KEKB 実験開始時に約 70,000 回あった RF トリップは、2004-6 各年度とも、約 13,000 回前後に抑制した。(3)ビームの再現性と安定化。1999 年度の KEKB 実験開始時に 74 時間あった入射遅延は、2004-2006 年度に 40、17、22 時間と低減した。

## 4. 共通基盤研究施設

- I 共通基盤研究施設の研究目的と特徴 ・ 4 - 2
- II 分析項目ごとの水準の判断 ・ ・ ・ ・ 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 - 7
- III 質の向上度の判断 ・ ・ ・ ・ ・ 4 - 9

## I 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、本機構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全体に共通する研究支援並びに関連する開発研究を行うことを目的とし、放射線科学、計算科学、超伝導低温工学及び機械工学の4センターから成る。

広範に展開する共同利用研究や新たな研究プロジェクトに対して要求される高度な研究支援は多彩な内容を含み、解決の必要な未知の問題も発生する。これに対応すべく、関連する分野の基盤且つ基礎的研究を主体的に推進し、積極的に人材育成、国際協力を進め、先端基盤科学研究の拠点としての役割を果たすことを目指している。

### 1)放射線科学センター

機構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2管理室を設置し、機構全体に及ぶ一元的な安全管理体制をとる。加速器放射線防護研究の中核的施設として開発研究が行われ、その裾野は広く医学、宇宙利用分野まで及ぶ。

### 2)計算科学センター

共同利用・共同研究の実施のために、セキュアなネットワーク、情報環境基盤および計算機システムを整備運用による支援及び関連する研究活動を行う。

### 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・低温技術に関する開発研究を担い、同分野の国際的中核として諸外国の研究機関と連携し、機構の推進する研究計画に貢献し、研究支援として機構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

機構が推進する研究活動に必要な装置、計測機器及び供試体等に対する高度な加工、製造、計測、制御技術等、機械工学分野での開発支援を行う。同時にこれらに関する基礎開発研究を行ない、未開拓で高度な新規技術の構築のための、粒子加速器装置超精密高速加工技術開発、超精密集光用ミラー加工システムの研究等の基盤研究を推進している。

#### [想定する関係者とその期待]

機構内で研究活動をする全ての研究者と共同利用研究者を含む国内外の加速器に関連する研究者が想定される関係者であり、各センターに関連する研究支援と関連する研究開発を進め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 1 研究活動の実施状況**

(観点に係る状況)

教員は、技術職員と協力して支援業務を担当しながら、開発研究に従事している。支援業務の状況に応じて必ずしも開発研究のための定常的活動が保証されている訳ではないが、別添資料 1-1～1-3 の論文出版数並びに講演発表数等が示すように、着実な活動が行われている。開発研究は高度な研究支援を実現するためにも不可欠であり、分野は加速器関連の理工学研究にとどまらず、放射線関連では、放射線物理、放射化学等の基礎科学から、遮蔽、放射線防護及びその宇宙・医学応用へと広がり、計算科学では、今後大規模加速器実験に不可欠となるデータグリッド技術、素粒子反応のシミュレーションソフトウェア及びその医療への応用、素粒子反応の自動計算、統計的データ解析のためのアルゴリズム、Lattice QCD に関する研究等、幅広い。超伝導技術に関しては、国内外の高エネルギー加速器等に用いられる超伝導磁石及び超伝導材の開発研究が行われ、超流動ヘリウムの熱伝達をはじめとした低温技術に関する研究活動が進む。機械工学では、加工製造、計測、制御技術等に関わる基礎開発研究が中心に置かれ、特に超精密加工、超精密形状測定技術の開発を推進している。

別添資料 1-4～1-6 に示すように、国等の外部委員会への貢献、国内外機関との協力研究も積極的に推進している。特許や外部資金等研究費受入れに関しては別添資料 1-7～1-9 に示す実績がある。

**観点 2 大学共同利用機関、大学の全国共同利用機能を有する附置研究所及び研究施設においては、共同利用・共同研究の実施状況**

(観点に係る状況)

研究支援の具体的な実施状況についてセンター毎に述べる。

**放射線科学センター**

本センターの研究支援には、放射線関連として、放射線施設等の安全設計評価、放射線(能)レベルの測定監視、放射性物質の管理、個人被曝管理と教育、出入管理、使用許可申請等法的手続き業務があり、環境化学関係では、実験系廃棄物管理と処理、排水管理、化学分析依頼、周辺環境監視、作業環境管理等がある。

これらの支援業務は、対象となる施設が大規模で区域が広く、作業者が多いこと、機構の研究計画の進展に伴い放射線施設の新設・変更が頻繁に行われる等、他にはない特徴がある(別添資料2-1-1～2-1-7参照)。先端的大型加速器施設であるため、安全達成には新規の技術開発や知見等の集約が必要となることも多い。現行施設ばかりへの支援業務ばかりでなく、運転を終了した陽子加速器施設の廃止処理、J-PARCにおける放射線安全の構築等に取り組んでいる(資料1参照)。

本センターはこれまでの放射線安全への取組みと実績が評価され、平成17年度原子力・放射線安全功労賞を受賞した。

**資料 1 共通基盤研究施設外部評価委員会報告書（2007年11月）「第1部 各センターの評価 A 放射線科学センター」（7ページ）より抜粋**

・・・施設が大規模で加速器も大型で、電子と陽子またがるため要請される業務は複雑で膨大な作業量を伴っている。機構において、設備が順調かつ健全に稼働し、研究者・作業員の安全が確保されてきたことは、これらセンターの活動なしには考えられない訳であり、目立たないながらその活動は極めて高く評価される。

また、日常的な業務に加えて、新しい施設の建設に不可欠でかつ経済性等のもからむ重要な業務がある。世界初の施設である B ファクトリー、J-PARC 等の建設に際して機構での最新の研究成果が有効に生かされていることは、やはり高く評価される。

**計算科学センター**

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 を基本として、国際的には独自の日露回線を運用、国内では民間の広域ネットワークサービスの利用も加え 26 の研究機関にネットワーク機器を設置し、独自のネットワーク HEPnet-J を構築し運営保守している。機構内では、機構 LAN 及び対外接続基盤を提供している（別添資料 2-2-1～2）。情報環境の基礎となる電子メール、Web サーバ、TV 会議等の情報サービスは、機構内および可能な限り外部機関や共同利用研究者に対してもサービスを行っている（別添資料 2-2-3～5）。計算・ストレージ資源としては共通計算機システム（同 2-2-6）、B ファクトリー計算機及びスーパーコンピュータの両システムを運用している。これらについて、2006 年初頭に機器更新を行った（同 2-2-6～8）。J-PARC 関係では、現在 J-PARC は建設期にあるが既に情報環境が必要な状況で、東海キャンパス内のネットワーク JLAN 及びつくばキャンパスとの接続、対外接続を運用している（資料 2 参照）。

本機構の共同利用の 1 つとして、大型の数値シミュレーションによる広い意味の加速器科学の研究の実施を目的とした「大型シミュレーション研究」を本センターが中心となり実施している。

**資料 2 共通基盤研究施設外部評価委員会報告書（2007年11月）「第1部 各センターの評価 B 計算科学センター」（13ページ）より抜粋**

研究支援活動は、・・・、多岐にわたっており、その中には、不定期あるいは緊急に時間外での対応を求められることも少なくない。一方では、研究支援の長期的に見た高度化は、「それに関する先端的な研究」なくしては図り得ない。それらの両立は、勿論設置目的に謳われていることである。しかし日常業務に追われる限られた数のスタッフの献身的な工夫と努力の上で支えられているのが現状である。

この様な状況の中で、機構内にとどまらない全国的視野での支援活動を行い、共同利用機構内の基盤施設として期待される役割を果たしつつ、一方では特筆すべき研究活動があることは、非常に高く評価されるべきである。

**超伝導低温工学センター**

本センターは、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した開発研究の推進を支援している。貴重な資源の循環利用に基づいた液体ヘリウムの供給実績を別添資料 2-3-1 に示す。法定定期点検と季節休暇以外の期間、連続して供給できる体制を整えている。

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、以下に示すような超伝導・低温技術を基盤とした開発協力を行い、コンサルタント業務にも貢献している（資料 3 参照）。

- ・ CERN-LHC 加速器用超伝導電磁石、ATLAS 実験用超伝導磁石の開発と現地での建設、コミ



ツショニング

- ・ J-PARC ニュートリノビームライン用超伝導電磁石開発、ビームライン建設
- ・ 国際 e+e-衝突型加速器将来計画(ILC)における極低温・超伝導応用
- ・ 気球搭載・超伝導スペクトロメータを用いた宇宙起源反粒子の探索研究
- ・ 重力波検出器への極低温応用および重力波探索プロトタイプ実験への協力

He 液化冷凍機運転技術について機構外機関への技術協力(理化学研究所液化機の安定運転に関する助言、外国機関への助言等)。

**資料 3 共通基盤研究施設外部評価委員会報告書(2007年11月) 「第1部 各センターの評価 C 超伝導低温工学センター」(25 ページ) より抜粋**

研究支援と研究開発という2つの業務は、状況によっては相反する活動となってしまう危険性がある。しかし、超伝導低温工学センターでは、それらを非常にうまく両立させ、少ない人数で遂行し、大きな成果を挙げている。現状の同センターの活動は、液体ヘリウム供給等の支援業務を精力的に続けながら、当初の設置目標から大きな進化・発展を遂げており、研究開発が主たる活動となっている。その活動の範囲は広く、また同センターに対する国際的な期待も非常に大きい。

**機械工学センター**

本センターにおける教職員は、図面が確定している装置製造・部品加工依頼の短期業務、アイデア、計画段階から参加する中期・長期機構プロジェクトにかかる案件及び本センターがこれらの支援業務の中から将来の加速器科学に必要と判断する開発研究の3区分で活動している。これらは、加速器科学に関連することから研究テーマに一定の枠ではあるが、機械工学の立場からみてその研究テーマ内容は基礎、応用面から先進的な成果を得ている。また、研究者のアイデアの図面化、設計計算等の依頼(エンジニアリング)等の支援業務は、機械工学、装置開発、設備建設の面から本センターの重要な業務であり、日々進化するCAD・CAM関連の応用技術研究、また世界共通のCADソフト対応等の研究も開発業務と同時進行で実施して成果を得ている。これらを支える仕組みについてもここ数年関係者の努力により維持できている(資料4参照)。

**資料 4 共通基盤研究施設外部評価委員会報告書(2007年11月) 「第1部 各センターの評価 D 機械工学センター」(32 ページ) より抜粋**

・・・短期プロジェクトは、400～500件/年、中長期プロジェクトは、30件/年実施されており、質・量ともに高く、この支援体制区分は良く機能して適切である。なお、技術職員の作業効率・作業意欲・技術の向上心は極めて高い。・・・

研究支援に関して総括すれば、十分に機能して、機構の発展に貢献しており、期待される水準を大きく上回っている。

**(2)分析項目の水準及びその判断理由**

(水準)

期待される水準を大きく上回る。

(判断理由)

別添資料で示したように、全般にわたり非常に活発な研究活動が行なわれた。また、安定した支援活動により本機構における共同利用・共同研究の推進に大きく貢献した。これらについては、資料5に示すように、2007年に実施した外部評価において高い評価を得ている。以上のことから、研究活動の実施状況並びに共同利用・共同研究の実施状況ともに、国内外の関連コミュニティの期待に十分応えており、上記の水準と判断した。

資料 5 共通基盤研究施設外部評価報告書（2007 年 11 月）

「第 2 部 評価の総括と機構横断的施策への期待」より抜粋

2.1 共通基盤研究施設評価の総括と全体的視点に立つコメント

共通基盤研究施設の各センターに関する評価は第1部にまとめたとおりである。

全体として、評価は高くその要点は次のようにまとめられる。

【支援事業】：限られた人員により、多様で多彩な要請に対し膨大な業務を確実に処理している。

【開発研究】：支援事業の傍ら、国内外に誇れる成果を挙げ、機構の国際的活動の基盤を築いた。

この高い評価は各センターの職員が支える活動に対して与えられたものである。

（中略）

評価作業で明らかになってきた問題をもう少し詳しく論じる。

（1）「研究支援」については、4センターそれぞれ多様な対応に追われ、第三者の想像を超える膨大な作業が求められるが、これを限られた人員で処理している状況が評価委員に理解され、4つのセンターそれぞれの支援作業は高く評価された。絶対的に不足している人員の増強が望まれる。支援に必要な作業の中には、外部委託や外注等の方法で扱えるルーティン作業も少なくない。いずれのセンターもそのような方法を導入して人員要求の増大を抑えているが、近年、例えば随意契約の制限などのような規制の強化に悩まされている。柔軟性のある運営を採れるように事務当局の理解と努力が望まれる。

（中略）

2.2 共通基盤研究施設の今後

創設以来35年をこえる高エネルギー物理学研究所-高エネルギー加速器研究機構の歴史の中で、研究を支えてきた共通基盤研究施設は、国際的に展開する協力研究を支え、また学際性の高い研究を支えて大きく成長した。今回の外部評価委員会は全体として施設の果たした役割と成果を高く評価する。

（後略）

## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

## (1) 観点ごとの分析

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

(観点に係る状況)

放射線関連では、放射線物理・検出器、遮蔽工学、加速器安全研究等の分野で大きな成果があった。特に、電磁カスケードモンテカルロ計算コード EGS の最新版の開発と普及に関わる業績(1012)は、本コードが世界中の研究者に公開され使用されている現状から、極めて高い評価を得た成果と言える(資料 6 参照)。

計算科学分野では、測定器シミュレーション(1002)及び医療分野への応用、自動理論計算 GRACE システム (1003)、格子 QCD(1001)、J-PARC 中性子実験用共通ソフトウェア開発基盤の各テーマにおいて成果をあげた。「大型シミュレーション研究」の共同利用では、素粒子・原子核・物性物理・加速器科学の分野で幾多の世界最高水準の研究成果が得られた(資料 7 参照)。

超伝導・低温応用分野では、超伝導並びに低温に関する応用テーマで国際/国内学会での招待講演、学術団体からの表彰、知的財産権取得の対象となった。CERN-LHC 高エネルギー粒子加速器、ATLAS 素粒子実験、宇宙物理実験(BESS 等)等の国際協力のもと、本機構の超伝導低温工学技術を基盤とした技術貢献に多くの研究成果が生まれた(資料 8 参照)。

機械工学センターにおける年間 400 件を超える装置部品加工、30 件以上の開発プロジェクトに参加しながら、プロジェクトの推進に貢献し成果を挙げている。こうした中から、次世代放射光並びに X 線 FEL に使用される非回転非軸対照形状ミラーの表面形状の超精密測定法の開発に関する世界的な業績が生まれた(資料 9 参照)。

**資料 6 共通基盤研究施設外部評価委員会報告書(2007 年 11 月)「第 1 部 各センターの評価 A 放射線科学センター」より抜粋 (報告書 9 ページ)**

研究は、放射線物理分野と検出器開発、核反応データや遮蔽データの取得、放射化学の分野に亘って積極的に進められており世界的な成果が上げられていると評価できる。センターにおける研究は日常の安全管理業務や許認可申請等の手続き、廃棄物の管理等と平行して厳しい時間制約の中で進められているわけで、そのような条件下でも J-PARC の遮蔽設計や電磁カスケードシミュレーション計算コード EGS の開発・普及活動等に代表される世界的な成果が生み出され、社会的にも大きな貢献をなしていることは、非常に高く評価できる。

**資料 7 共通基盤研究施設外部評価委員会報告書(2007 年 11 月)「第 1 部 各センターの評価 B 計算科学センター」より抜粋 (報告書 13 ページ)**

・・・特筆すべき研究活動があることは、非常に高く評価されるべきである。これらに当たるものとしては例えば、国際標準となっている Geant4 の開発とその医療の分野への発展的応用を図る研究や、計算科学のみならず物理学としての世界的にトップレベルにあり更なる発展を目指している、素粒子反応の計算に関する研究 (GRACE) や、格子 QCD に基づく計算などが挙げられる。

**資料 8 共通基盤研究施設外部評価委員会報告書(2007年11月)「第1部 各センターの評価 C 超伝導低温工学センター」より抜粋(報告書27ページ)**

・・・、これらの研究プロジェクトは、超伝導低温工学センターのこれまでの研究活動が評価されて依頼されたもので、超伝導低温工学センターの研究開発ポテンシャルの高さが国際的に認知されていることを示している。超伝導マグネット技術についての思想・基礎学理を持ち、それを具 体化する設計能力を持ち、さらに製作技術までの一貫した技術を持つ、 という点はまさに無形文化財的域に達している。それを基礎として、汎用なものから最先端のマグネットまであらゆる形態の超伝導マグネット をほぼインハウスの体制にある。

**資料 9 共通基盤研究施設外部評価委員会報告書(2007年11月)「第1部 各センターの評価 C 機械工学センター」より抜粋(報告書ページ)**

機械工学センターの研究開発は、センター独自の研究開発と長期プロジェクトに関連した開発研究がある。現時点では、後者の数が多く高エネルギー物理学や放射光科学への貢献度は高い。・・・(中略)・・・研究開発項目として以下の3件は、卓越した水準と判断できる。

- (1)超伝導磁石開発研究  
 ・・・(中略)
- (2)基準面を用いない超精密形状測定装置の開発研究  
 ・・・(中略)
- (3)超精密加工による加速空洞の高精度加工の開発研究  
 ・・・(後略)

## (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)

本施設の専任教員数は42名であり必ずしも多くはないが、各センターはそれぞれの分野で世界的な規模の成果を上げた。このことは、資料6～9に示した外部評価報告からも明らかで、それぞれの関連分野から高い支持があり、加速器科学の向上に多大な寄与を与え、支援業務の改善に強く寄与し、共同利用・共同研究の遂行や新規プロジェクトの進展に大きく貢献したことが示されている。これらの業績の中から、特に世界的規模で優れた貢献と評価の高い業績が選定された。

本研究施設の研究成果の状況は、関連コミュニティの期待に十分応えており、この状況を総合的に判断し、上記の水準と判断した。

### Ⅲ 質の向上度の判断

#### ①事例：放射線管理業務の高度化・効率化について（分析項目Ⅰ 観点1-2）

放射線管理業務において、業務従事者数の増大や放射線施設の広域化等に対応するため（資料 2-1-1～2-1-7）、放射性物質や測定機器等の登録のデータベース化、業務従事者、発生装置や2次ビームラインの申請設置登録に関わる業務のWEB化を推進している。また、放射線集中監視システムや出入システムを独自開発・運営することで業務の高度化円滑化を図っている。これらは JPARC における安全管理設備設計の基礎になっている。化学安全管理業務も同様に、毒劇物のバーコード管理の導入、薬品等の管理のデータベース化を行い、研究支援の効率化を図り大きな改善をみた。いずれも少ない人員を補い、業務の効率化に必須のことである。

#### ②事例：データグリッド(分析項目Ⅱ)

各地で進められている GRID ソフトウェアを用いて GRID 網を構築・運用し、実用段階での検証・運用技術の獲得を目的として、その運用に不可欠な公的な電子証明書認証局を開局し運用している。この基盤の上に CERN LCG2 及び NAREGI ミドルウェアによる GRID 環境の整備を行い、Belle グループ、ILC グループ、国立天文台間、国内6拠点を結んで加速器科学仮想組織の形成等により、GRID 運用のための研究環境を構築し運用している。GRID 網全体で大量のデータを組織的に管理するためのソフトウェア性能測定と評価を行い、5カ国間で計算資源とファイルの共有を実現し、運用している。これらは2004年から本格的な試験を開始し、実用的な運用が行えるまでの進展が見られた。

#### ③事例：高度放射線医療のためのシミュレーション基盤(分析項目Ⅱ)

Geant4 を粒子線治療に応用するために、必要なソフトウェアの開発及び基礎的実験を実施している。2004年国内5箇所の陽子線治療施設全ての機関に対してシミュレーションに関する要求要件の調査を行い、プロトタイプを作成した。一方基礎となる実験データを得るため、必要となる重粒子ビーム実験を実施し、同時にシミュレーションが良い精度で再現できることが確認できた。高速化のため Geant4 へ MPI 並列化の機能を組み込んだ。また、GRID を利用した広域分散コンピューティング及びファイル共有に関する機能を Geant4 でも活用すべくインターフェースを開発した。以上により、放射線医療のためのシミュレーションの実用化の道が開けた。

#### ④事例：高エネルギー加速器および物理実験における液体ヘリウム液化冷凍機技術の開発研究および支援（分析項目Ⅰ、観点1-2）

- 1) 2007 年度までの 4 年間に、約 30 台の超伝導磁石システムの開発を進め、その全数にわたる低温、励磁試験を通して、技術を向上させ、安定な性能を実現した。多くのデータを蓄積し、質的向上が顕著である。
- 2) 年間を通じた冷却用の液体ヘリウムの供給によって、極低温応用機器の安定運転の確保と、液体ヘリウム利用の開発研究を推進するため、システムの効率化を進めるとともに運転体制を整備して、利用者の便宜を図った。

#### ⑤事例：「Belle シリコンバーテックス検出器（SVD）の開発」（分析項目Ⅰ 観点1-2）

KEKB 実験の検出器の中心に位置し、電子陽電子の衝突直後の粒子の軌跡を直接計測する Belle 検出器（SVD）の SVD2.0 バージョンを開発し、その成果が Belle 実験で得られている。機械的な主仕様での比較をすると、以下 SVD1.0 対 2.0 の数値として、長さ 495mm : 765mm、直径 150mm : 200mm ラダー層数 3:4、同総数 32:54 である。据付け後、3年以上トラブル無く推移している。