

## 【令和元年度実績】

### 1. 電子光物理学における共同利用・共同研究拠点活動の推進

#### No.33 ②-4 国際共同利用・共同研究拠点及び共同利用・共同研究拠点の機能強化計画

1) センター電子加速器群の維持・改良に努め、共同利用の柔軟性をいっそう高めることで平成27年度から年間2,000時間以上、延べユーザー数1,000人以上を達成してきたが、電力料金の負担はますます大きくなっている。平成30年度に本部および理学研究からの経費借入により、電子シンクロトロン加速用高周波電源を最新の消費電力効率が高い半導体増幅器電源に置き換えたため、契約ピーク電力を1230kWから1050kWに下げた。シンクロトロン運転時電力も200kW下げることができるため、年間で約600万円の電気料金削減が期待できる。これは従来の年間加速器運転電気料金の約1割に相当するため、今後7年間返済額の負担もあるが、年間共同利用運転を200時間程度増やすことができる。

2) 異分野の利用者間交流を更に推進するために、年度末に第3回拠点シンポジウム(ELPHシンポジウム)を開催する。利用者の会(UC-ELPH)も同時に行い、昨年度から開始した加速器将来計画を更に深化する。とりわけ超伝導加速器による新しい電子光物理学の開拓を具体的に議論して行く。

3) ユニークな拠点活動を展開している研究所／センターから講演者を迎え、3回目の「挑戦的拠点フォーラム」を開催する。今年度は自然科学分野に加え、文系の研究所／センターからも講演を頂き、真の分野融合を目指す。

#### 実績報告

1) 令和元年度は、公募型の共同利用・共同研究課題採択数は26件-250シフト(内国際共同研究2件-9シフト)であり、採択率は96%であった。センター長裁量枠も含めて38件-138シフトを実施した。平成30年度と比較すると実施課題数が減少している。これは、老朽化に起因する大強度リナックの故障が頻発し、その抜本的な対処を実施したため利用可能時間が減少したことによる。共同利用者の年間延べ人数は1043人に昇った。このうち学生および外国人研究者はそれぞれ32%および2%であった。(\*1シフトは12時間の加速器専有)。学外利用者の半数以上は国立大学に所属しており、KEK等の大学共同利用機関からの利用者も多い。加速器共同利用に住み分けが進んでいると考えられ、物理本実験に至る検出器開発等の前駆的な研究活動にセンターは大きく貢献していると言える。

2) および3) 毎年開催の拠点シンポジウムではユニークな研究活動を展開している大学／研究所等から講演者を迎えている。令和元年度は、文系研究センターである東北大学東北アジア研究センターの佐野勝宏教授によるネアンデルタール人に関する研究と、大阪大学レーザー科学研究所の児玉了祐所長による最先端のパワーレーザーの開発と応用に関する特別講演を企画した。しかしながら、開催日がCOVID-19感染拡大の初期にあり、非常に迷った末、開催を中止した。しかしながら、特別講演を含め各分野の成果報告を公表予定資料を頂き、抄録集を編成、発行した。本シンポジウムは、分野融合による新しい研究領域の探索を進める重要な任務を負っているだけでなく、利用者とセンターの間の風通しを改善してゆき重要な意見交換の場でもある。とりわけ、大学附置加速器施設としての将来に関する課題が深刻な問題になってきている昨今、いかに加速器科学を先鋭化、先端化してゆくかは、大学の大きな責務と考えている。東北大学新青葉山キャンパスに建設される次世代放射光施設も電子加速器に基づく研究施設であることから、これとの差別化が重要なのか、あるいは協力関係の構築が必要なのか、大学としてどのような将来を

描くかという課題とともに、共同利用・共同研究拠点としてのセンター将来計画はこれを踏まえて慎重に展開することが重要であることは明白である。

[取り組み R1-1B.pdf](#)

 [取り組み R1-1B.pdf](#)

## 2. 超伝導加速器がもたらす新科学フロンティアの開拓(電子加速器将来構想の確立)

No.19 ①-1 長期的視野に立脚した基礎研究の充実

No.25 ③-1 新たな研究フロンティアの開拓

### 計画

1) 電子光物理学研究センターは前身の理学部附属原子核物理学研究施設の設置以来 50 有余年にわたって、高エネルギー電子線を用いた原子核物理、中性子科学、放射線科学および加速器科学等の関連分野に多大な貢献を果たしてきた。設置当時は電子線による原子核物理や加速器中性子の利用等は極めて画期的なアイデアであり、世界のトップレベルの研究が幾つもなされた。その後、世界各地で大型加速器等の導入により同分野の研究が目覚ましく進展し、電子光物理学研究センター(核理研)の役割は徐々に小さくなってきたが、近年は精密な原子核物理実験や小型中性子源あるいは電子線による核医学製剤製造等の比較的低エネルギーの電子加速器利用研究が再び注目され始めている。当センターが進めている電子散乱による陽子荷電半径の精密測定は、物理定数の修正や標準模型の綻びを発見する可能性があり、話題性が極めて高い。また、いち早く民間企業と開発を進めてきた腫瘍診断用テクネシウム-99 の製造手法の確立等の電子線による放射性同位元素製造と園関連分野の研究は高い評価を得ている。このような電子加速器を廻る新しい世界の動きの中で、もちろん当センターは再度世界のトップに立つことを目指して、この数年加速器次期計画を議論してきており、昨年度のユーザも含めた意見交換において超伝導電子加速器の汎用利用が最もポテンシャルが高いと結論を得た。超伝導電子加速器は国際リニアコライダー(ILC)計画にむけて開発が世界各地で進展し、本邦においても高エネルギー加速器研究機構(KEK)で世界トップレベルの性能に達している。しかしながら、この ILC 用の超伝導加速器は絶対温度 2K で動作するため運転・維持が極めて煩雑で巨額な経費を必要とする。一方、2015 年頃に 4K あるいはそれ以上の温度でも動作する超伝導加速器の可能性が示され、単純なコストダウンのみならず高い汎用性が期待されるようになった。この 4K 超伝導加速器の導入を視野に、これまでの原子核物理、放射性同位元素製造の質的変革に加えて、長波長域の強力な自由電子レーザー等の応用研究が開拓できると考えられる。センターでは電子加速器の新科学フロンティアを具体的に描く取り組みを本格化する。

2) KEK では令和元年から応用超伝導加速器センターが設置され、本センターと連携して 4K 加速器の開発を進める。またそのための共同研究体制を本年度中に確立、共同して外部資金を獲得する取り組みを推進する。高エネルギー加速器研究機構では主として産業利用の展開を目指しているが、本センターでは学術研究に主眼を置く役割分担をもって共同研究を進める。

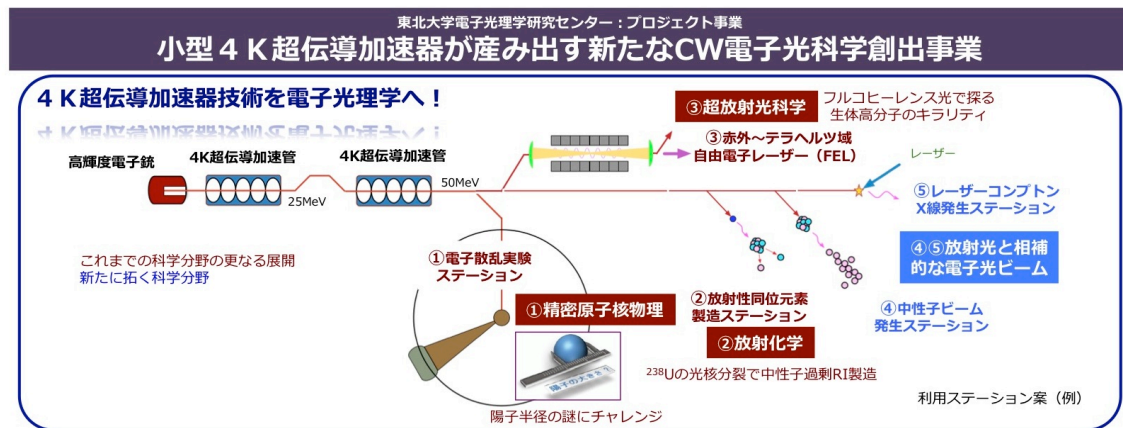
3) 具体的なビーム性能(エネルギー、平均ビーム電流、デューティーファクター)を利用研究夫々に対して設定する。それによって拓かれる新しい研究課題を模索・検討する。これらの作業は KEK のみならず関連分野の学術会議からも参加を要請しワーキンググループを設置して進める。検討結果をまとめ、ホワイトブックとしてまとめる。またこれを根拠にして日本学術会議の大型計画マスタープランへの応募準備を開始する。

### 実績報告

1) 現在稼働している本センターの電子加速器は4台あり、どれも類例が多くない特徴を持って電子光ビームを共同利用に提供している。このうち、60MeV 大強度リナックは放射性同位元素製造を中心に利用されてきた。腫瘍診断・治療用の核医学製剤の製造を目指す基礎研究に成果を上げてきている。加えて新たに建設した ULQ2 ビームラインによる電子散乱精密原子核実験にも電子ビームの供給を開始する予定である。大強度でビーム性能が高い電子加速器は今後も様々な発展性を潜在的に抱括しているが、60MeV 大強度リナックは大部分が 50 年以上継続して使用している機器から構成されている。当時はコンデンサに絶縁剤として PCB(ポリ塩化ビフェニール)を混入しており、これの廃棄が 2026 年度で全て終了してはならない。これに反した場合は法的な処罰がある。現在使用している 60MeV 大強度リナックも高周波電源に低濃度ではあるが PCB 入りのコンデンサが多数使われている。この電源は非常に特殊なもののコンデンサ交換はほぼ不可能であり、そっくり置き換える必要があるが非常に高価になるため、停止せざるを得ない。センターの研究活動の維持や先端化を目指し、従来の加速器と差別化し汎用性がある、高品位電子ビームを供給可能な超伝導加速器の開発・導入に関する将来構想活動を令和元年より開始した。平成 30 年度より高エネルギー加速器研究機構の加速器研究施設との連携を進めており、また海外からの協力を得るための意見交換・情報交換活動も今年度から開始した。現在世界的に注目されている高温超伝導体をニオブ空洞にコートした全く新しい超伝導加速器技術が脚光を浴びており、これについて今後も調査研究を継続するとともに、独自の技術開発研究のための資金獲得を目指す。

2) KEK と共同で科学技術振興機構(JST)の未来社会創造事業に汎用超伝導加速器の提案を出したが採択されなかった。今後も外部資金獲得を KEK と連携して目指す。

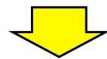
3) 新たに高温超伝導体の MgB<sub>2</sub> を用いた超伝導加速空洞を提案した。これについての開発研究を来年度より開始するとともに、高デューティーファクターの電子ビームを用いた電子散乱実験の展開やその他の応用研究について議論を今後も継続する。



### 次世代の4K超伝導加速器による大学 附置加速器施設の先端化・高度人材育成

#### 本事業のゴール

- ① MgB<sub>2</sub>を用いた4K超伝導加速器の実現性を開拓する。
- ② 新世代電子光物理学を先導するビーム性能を明らかにする。
- ③ 加速器施設全体を概念設計する。



日本学術会議大型計画マスタープラン提案へ！

#### 4 K小型超伝導加速器導入へのプロセス

年度	活動項目
2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 超伝導加速器技術に関するKEKとの連携強化</li> <li>○ 4 K超伝導体薄膜技術の探索 (金属材料研究所との連携構築)</li> <li>○ フェルミ研究所 (米) との情報交換</li> <li>○ 国際ワークショップ開催</li> </ul>
2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 4 K超伝導体薄膜技術開発 (金属材料研究所・KEKと連携)</li> <li>○ フェルミ研究所 (米) との共同研究</li> <li>○ 国際ワークショップ開催</li> <li>○ ELBE研究所 (独) との連携および人的交流</li> </ul>
2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 4 K超伝導体薄膜技術開発の進展 (金属材料研究所・KEKと連携)</li> <li>○ ELBE研究所 (独) との連携および人的交流</li> <li>○ 国際ワークショップ開催</li> <li>○ 小型4 K超伝導加速器システム概念設計</li> <li>○ 日本学術会議大型研究計画マスタープラン提案へ</li> </ul>



## 3. 自然科学の面白さの発信

### No.36 ②-2 知縁コミュニティの創出・拡充への寄与 計画

1) 当センターは、原子核物理およびクォークからなるハドロン物理に加え放射線科学を中心とする基礎自然科学の研究センターであり、生産技術の変革や新市場や新製品の開発といった所謂イノベーションとの距離感は大きい。しかしながら科学が解き明かす自然の神秘に繋がる夢を語り、ひいては人間の健やかな精神活動を支える使命を持っていることは間違いない。平成30年度では、広く自然科学の面白さを発信するためにメールマガジンやインターネットビデオ、SNS (social network system) の活用を議論したが、一般市民の取捨選択が適切に行いづらい情報発信源になる可能性が高いことや、政治的な心象に偏り等の綻びが発生すると、ややもすると取り返しのつかない事象を誘発する危険性があるのではないかという意見が多く、これらの情報発信手法は一旦棚上げすることとした。今後は、県内を中心とした高校生への情報発信として見学会と科学の面白さを題材にした特別授業やスライド・映像などの教材を充実させる取り組みを推進する。

2) 共同利用・共同研究拠点協議会と繋がりが深い一般社団法人ナレッジキャピタルの支援を受けて自然科学の面白さを発信公開講座等の企画を進め、実施する。ナレッジキャピタルは大阪に本拠地があるため、やや連携しづらいが、拠点間連携協定を結んでいる大阪大学核物理センター (国際サブアトム科学研究拠点) の協力を得ながら推進して行く。



### 実績報告

1) 高校生、学部大学生および一般の加速器施設見学を 10 件行い、合計 222 人が訪れた。また、高校での出前授業を2回行った。今年度は加速器システムの故障が頻発したため、時間的余裕が満足できずどちらかといえば低調であったが、とりわけ高校生の見学では大きなインパクトを与える事ができたと考えている。また、センター教員が受け持つ教養部授業での見学においては、大学1年生を対象としていることもあり、分野を担う人材発掘として極めて有効であると理解している。



2) 科学分野の研究者／技術者が研究打合せ以外の目的での加速器施設見学は 40 件、63 人が来訪した。このうち民間企業関連は 9 件であった。一般社団法人ナレッジキャピタルの支援を得た一般向けの講演会を企画していたが、加速器故障対応などの業務が過度に集中し、実施する事ができなかったが来年度に企画を持ち込む予定である。

種目	H22～H27 平均	H28	H29	H30	R1
一般施設公開 (参加人数)	0 -	1 (150)	0 -	1 (190)	0 -
公開講座 (参加人数)	0.2 (12)	1 (180)	3 (120)	2 (120)	3 (119)
公開授業 (参加人数)	0.2 (15)	0 -	0 -	1 (80)	0 -
特別授業 (参加人数)	0 -	0 -	0 -	1 (200)	1 (68)
出前授業 (参加人数)	0.2 (30)	0 -	2 (740)	2 (160)	1 (60)
随時見学会 (参加人数)	0.4 (33)	3 (41)	2 (740)	2 (160)	11 (222)
総数 (参加人数)	0.8 (90)	2 (330)	5 (860)	7 (750)	17 (469)

 [見学データ.pdf](#),  [見学会等推移.jpg](#),  [見学会宮城第一高校.jpg](#)

#### 4. 共同利用・共同研究活動の ICT による業務効率化

No.32 ②-3 附置研究所等の機能強化

##### 計画

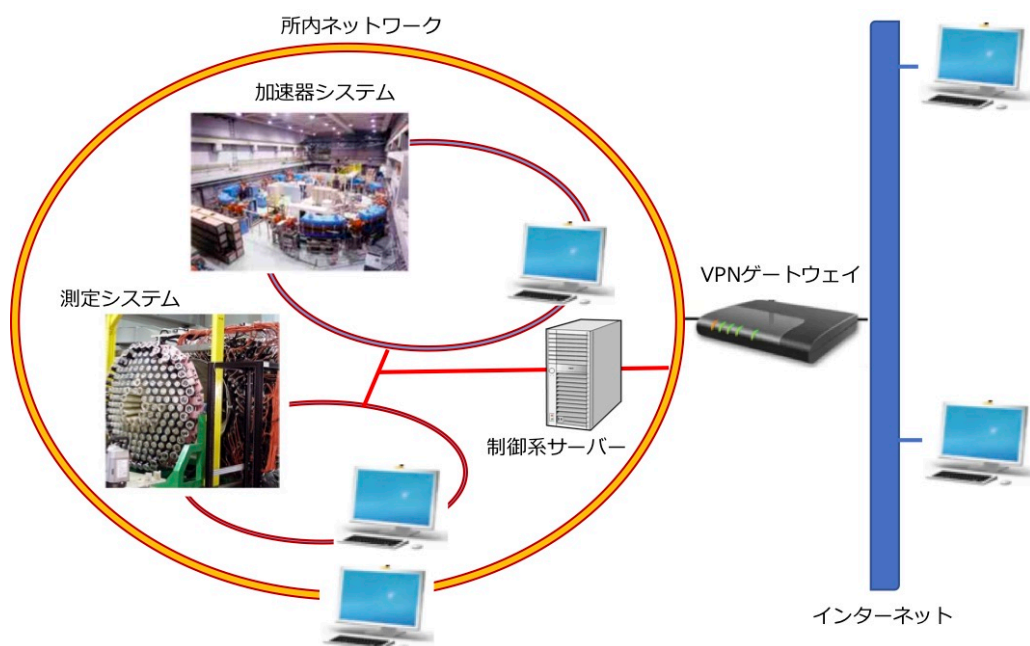
平成 30 年度の間行われた共同利用・共同研究拠点の中期目標期間中間評価において拠点としての適格性における評価コメントで「(評価コメント) 電子加速器を国内外の研究者の共同利用に供している。大学からの教員ポスト支援はあるものの、専任教員・技術職員が少ないため、負担軽減の工夫 が望まれる。」との指摘を頂いた。このことについて、極めて大きな負担感が構成員にあることは事実であるが、今後の拠点活動の活性化の障壁にならないために、加速器運転・ビーム維持とビーム実験・データ収集をできる限り少人数で遠隔操作・監視を実施できるように、制御システムの ICT 技術高度化を達成する。

1) 加速器の立ち上げ、ビーム調整、ビーム供給をリモートで行えるように、制御ソフトウェアの再構築およびセンター内ネットワークと外部インターネットとのゲートウェイ連結とセキュリティに先端技術を動員して高度な制御システムを構築する。

2) 共同利用実験は数時間から数日以上にわたることから、ビーム維持のために加速器の監視を怠ることができない。そこで機械学習を導入した AI システムを開発し、少人数でも効率的なビーム維持システムを構築する。

##### 実績報告

1) 加速器運転のためのデータベースとロギング機能を充実させ、所内ネットワークでどこからでも制御が可能になった。学外を含む所外からの制御は、ゲートウェイとルーターでインターネットとの接続におけるセキュリティ問題を克服した。( \* 令和2年4月初頭に新たな加速器実験がスタートしたが、COVID-19 感染拡大防止のためにリモートワーク等が推奨された。実験中断は非常に大きなロスになることから、重故障や火災の防止のために、実験室と加速器室に教員・技術職員を交代で常駐させたが、約1ヶ月にわたって中断することなく、ビーム維持、データ収集をそれぞれ自宅から監視・制御するリモート実験で実施した。)



2) 教師つき機械学習のソフトウェアの開発を開始したが、完成までにはさらに1年以上かかると考えている。

 [VPN-GateWay.jpg](#)