



# 平成 28 年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」 調査研究報告書(公開版)

## 【研究題目】

加速器総合技術インターンシップの構築

## 【整理番号】

TK16-46

## 【代表機関】

高エネルギー加速器研究機構

## 【調査研究代表者（氏名、連絡先 TEL & Mail）】

道園 真一郎、029-864-5688、shinichiro.michizono@kek.jp

## 【TIA 内連携機関：連携機関代表者】

筑波大学：笹 公和

## 【TIA 外連携機関】

## 【報告書作成者】

道園 真一郎

## 【報告書作成年月日】

平成 29 年 4 月 3 日

## 【連携推進（具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等）】

### ①KEK における加速器技術の教育、インターンシップの可能性調査

従来の座学(OHO 等)に加え教育用の小型加速器の制作・運転を骨子とした教育プログラムを新たに追加することを目的に一連の研修会を試行した。KEK の中古のクライストロン(20kV、10kW)、電源、導波管、加速管、検出器、電子銃を集め、TIA かけはし予算で電気配線、冷却チャラー、架台を整備し以下の研修を行った。

#### <加速器入門コース(学生等、初心者向け)>

H29.3.1~3.3 の3日間。参加者は筑波大修士学生2名、つくば近隣企業から4名の計6名。

### ②筑波大学における加速器技術の教育、インターンシップの可能性調査

筑波大学の研究教育用に整備された小型イオン加速器によるイオン源や加速器、ビーム輸送系の構成と運転実習に関する実地教育プログラムの作成を KEK と連携して行った。本年度は、高校生体験学習やリケジョサマースクール、CuPAL での加速器実習について、教育プログラムの試験運用を実施した。また、KEK の小型加速器の加速器入門コースに、筑波大学の修士学生2名を派遣して研修会を受講してもらい、加速器インターンシップの可能性について検証を行った。

### ③活動の効果

- ・加速器技術という専門的な内容であったが、この分野にある程度知識がある受講生がおり、内容の理解度も高く意義を感じてもらった。受講ニーズという意味で、今後の可能性が見出せた。
- ・KEK において、受講生の放射線管理、受け入れプロセス、身分付け等の課題が明確になった。今後、研修のインターンシップの制度化を図る上で、今回の試行は大いに参考となった。
- ・開催時期等の課題も明らかになった。3月期は就活や卒論・修論時期なので、学生の参加に少々難があることが判った。また学生から単位付与が可能かとの希望があり、開催時期も踏まえると、夏季に実施する CuPAL (及び先端サマースクール) に含めれば、単位を出せる形にできるという案も出された。今後の検討課題とする。

【調査研究内容（実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果）】

[KEK 加速器入門コースの内容と実施状況]

(1) かけはし予算適用による KEK 教育用加速器設置と整備

①装置構成案 (PHASE1レベル)

- ・装置: クライストロン、電源、導波管、加速管、検出器、電子銃は無し
- ・RF源: クライストロン(20kV)/10kW、0.32MeV(@2m加速管)
- ・遮蔽レベル: 不要～簡易レベル

②配置場所: cERL棟南側中央の一角を拝借

③予算: TIAかけはし予算(¥140万)で電気配線、冷却チラー、架台を整備。加速管、クライストロン、電源等はKEK中古品を流用

上面図のみ  
電源  
クライストロン  
加速管  
4.5m  
1m  
(小型加速器配置)

(cERL棟に設置)  
4m×3.5m

(2) 加速器入門コースの実施内容とプログラム案内

小型ライナック製作の為の加速器入門

KEK 加速器教育研修プログラム試行



【TIA 連携プログラム探索推進事業「加速器総合技術インターンシップの構築」】

2017.2.21

1. はじめに

加速器の入門レベルからの RF の基礎を学び、小型加速器用いた実習とシミュレーション等の演習を通じて加速器の理解を深める。

2. 日時、開催場所

2017年3月1日～3月3日、KEK 1号館 談話室-1、他  
(3月1日、9時20分までにKEK 1号館 談話室-1にお出で下さい)

3. 研修内容

- ①講師 KEK 福田茂樹(名誉教授)、福田将史(助教)
- ②プログラム(放射線作業従事取得者のビデオ講習は3/1の11時30分からです。3名対象)

	AM(9:30-12:00)	PM1(13:15-14:15)	PM2(14:30-17時)
3月1日(水)	Lecture-1 (3/1は9:30-11:20)	Lecture-2	見学
3月2日(木)	Lecture-3	Lecture-4+演習	
3月3日(金)	cERL 加速器室内見学(9時30～10時) 小型加速器説明+実習(10時～)		アンケート+懇談会

(備考) 今後の参考とするために最後に簡単なアンケートと懇談を予定しています。

科目	内 容
Lecture-1	加速器入門 (DC 加速器と RF 加速器の違い、円型加速器、etc)
Lecture-2	直線加速器(バンデグラーフ、電子ライナック、陽子ライナック)
Lecture-3	RF 基礎(電子ライナックの理論と実際、演習)
Lecture-4	RF 基礎(Lecture-3の続き+シミュレーション[ポアソン、ス-パ-フィッシュ]、演習)
小型加速器実習	加速管の測定
見学	ライナック、ギャラリー、ラックス

**4. 参加のための条件 (重要)** 放射線管理区域に立ち入るために、各自の所属機関での放射線バッチ取得と KEK での手続きが必要です。  
<http://rcwww.kek.jp/user/jyuuji.htm#kyoudou> 参照

**(3) 実施結果 (講師の KEK 福田名誉教授による総括)**

- ・ 講師としては「GNT:Global Nich - top)を輩出する All 茨城連携コンソーシア ム」の事業とも関係している。そこで加速管試作のサンプルを用いた測定実習もプログラムに取り入れた。
- ・ KEKB 入射器ライナックの古い 2m 加速管、古い Sub - booster Klystron とその周辺機器も借りて実際の運転の真似事と測定も行った。
- ・ 放射線管理に世話になった。及び入射器ライナックの方からの RF 関係のコンポーネントをお借りした。この場でお礼を申し上げたい。
- ・ 参加者は筑波大から学生 2 名、茨城 IRDA から 4 名が参加した。実施時期が就活 解禁時期と年度末に重なり、その時々で欠席した方がいた。
- ・ アンケートの結果では概ね好評であったと思う



(座学)



(電子線入射器見学)



(cERL見学)



(小型加速器実習: クライストロンから加速管パワー投入+ネットワークアナライザによる電磁波計測)



### 【筑波大学での実施状況】

筑波大学では KEK と連携して、加速器実習教育プログラムの作成を行った。イオン加速器の構造、イオン生成方法、電磁石等のイオン光学系について、ビーム加速・輸送に関する以下の実習プログラムを策定した。

- ・ 加速器システムの構造に関する教育プログラムの作成
- ・ 加速器運転・ビーム輸送実習プログラムの作成
- ・ イオン加速器で生成されるイオンビームを用いた高度放射線計測手法の実習

また、加速器総合技術インターンシップに関する連携方法の調査について、以下の試行を行った。

- ・ 産業界・若手研究者と技術者を対象とした加速器技術実習の実施
- ・ 高校生・大学生・大学院生の実習プログラム：体験学習・リケジョ支援プログラムへの試験的参加

2016年7月30日(土) 高校生加速器体験学習 11名

2016年8月4日(木) 夏季リケジョサイエンス合宿サイエンス実験体験 16名

2016年8月31日(水) 先端計測サマースクール 12名

2017年3月9日(木) CuPAL NIP コース(2016年度冬季) 7名

以上の加速器技術実習の実地試験を元にして、テキストの作成とイオンビームを用いた実習プログラムを確立した。

参考：夏季リケジョサイエンス合宿サイエンス実験体験 における実習プログラム

<p>加速器を使って調べてみよう！ 物質を構成している元素はなんだろう？</p>	<p>筑波大学は様々な加速器を所有しており、物理研究から、宇宙工学、年代測定、医学治療などに利用しています。今回は小型の静電加速器(100万ボルト)からのイオンビームを用いて、物質の構成元素を調べてみます。</p>	<p>理工学群・物理学類</p>	<p>原子核実験・加速器グループ(笹公和先生、森口哲郎先生)</p>	<p>ノート、筆記用具 ※加速器を用いた放射線実験です。動きやすい恰好をお願いします(長袖長ズボン推奨)。</p>
--	---	------------------	------------------------------------	---



イオンビームを用いた加速器運転実習



高度放射線計測手法の実習風景

### 【今後の予定】

#### ① KEK

- ・ 教育プログラムの制度としての確定、規約化。正式な教育プログラムとして位置づけ。(2017年度上期中)
- ・ KEK 加速器支援事業による大学からの参加者への受講料、旅費等の支援検討(2017年度)。
- ・ 教育用加速器のさらなる整備電子銃設置、放射線遮蔽等の予算獲得。

#### ② 筑波大学

- ・ CuPAL (ナノテクキャリアアップアライアンス) ・ 先端計測サマースクール等での加速器教育プログラムの試験運用/筑波大学 (2017年度上期)
- ・ イオン加速器を用いた体験学習の開始/筑波大学 (2017年度上期)

#### ③ KEK -筑波大学連携

- ・ KEK -筑波大学連携インターンシップ教育プログラムのスタート(2018年度)

以上