

KEK Progress Report 2017-9

March2018

A/H/M/R/D

KEK

技術職員報告集

(2015[H27], 2016[H28]年度)

高エネルギー加速器研究機構

技術部門連絡会議



High Energy Accelerator Research Organization

© High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 2018

KEK Reports are available from:

High Energy Accelerator Research Organization (KEK)
1-1 Oho, Tsukuba-shi
Ibaraki-ken, 305-0801
JAPAN

Phone: +81-29-864-5137

Fax: +81-29-864-4604

E-mail: irdpub@mail.kek.jp

Internet: <http://www.kek.jp>

KEK

技術職員報告集

(2015[H27], 2016[H28]年度)

高エネルギー加速器研究機構

技術部門連絡会議

目 次

| | |
|--------------------------|-----|
| はじめに | 1 |
| 1. 研究系報告 | |
| 1.1 素粒子原子核研究所 | 2 |
| 1.2 物質構造科学研究所 | 14 |
| 1.3 加速器研究施設 | 22 |
| 1.4 共通基盤研究施設 | 46 |
| ◇ インタビュー | 54 |
| 2. 科研費、知財、産学連携 | |
| 2.1 科研費 | 58 |
| 2.2 特許等 | 59 |
| 2.3 イベント出展 | 60 |
| 2.4 共同研究 | 61 |
| 3. 受賞報告 | |
| 3.1 KEK 技術賞 | 62 |
| 3.2 過去技術賞受賞者 | 68 |
| 3.3 技術賞募集要項 | 71 |
| 4. 成果報告・技術指導などの活動に関する調査 | |
| 4.1 調査の目的と分析 | 73 |
| 4.2 開発・研究および業務での成果報告について | 73 |
| 4.3 講師および技術指導・技術協力について | 75 |
| 4.4 考察 | 75 |
| 4.5 各設問の回答詳細 | 76 |
| 5. 技術部門の諸活動 | |
| 5.1 技術交流会 | 82 |
| 5.2 技術セミナー | 88 |
| 5.3 技術研究会 | 90 |
| 5.4 技術職員シンポジウム | 92 |
| 5.5 受け入れ研修 | 99 |
| 5.6 専門課程研修 | 101 |
| 5.7 語学研修 | 104 |
| 5.8 初任者研修 | 105 |
| 5.9 技術部門ウェブサイト | 110 |
| 5.10 機構委員会への参加 | 111 |
| 5.11 技術部門の諸活動に関する委員会名簿 | 112 |
| 編集後記 | 113 |

はじめに

技術部門連絡会議

技術調整役 山野井 豊

「技術職員報告集」をお届けします。この「技術職員報告集」は隔年で発行しています。本号は平成 27 年度と平成 28 年度の技術職員の活躍を集めて、機構内外の関係する皆様に発信するものです。編集委員会は KEK Annual Report などの本機構の出版物に掲載されなかった技術職員に関する活動情報についても網羅するように努めました。前号に引き続き技術職員の働く研究系、プロジェクト単位での職場紹介と職員紹介に力をいれて取材しました。本報告集を読んで頂けた皆様からは、忌憚のないご意見を頂ければ幸いです。

さて、製造業の「ものづくり」という用語が使われ始めたのは 1990 年代後半だそうです。広辞苑（第二版補訂版、1976 年発行）では「ものづくり」【物作】としか掲載されていません。それまでは、耕作、農作、それらに従事する人を指す言葉でした。今では広い意味で製造業の「ものづくり」が言われています。

私たちのつくる実験装置はモノゴトを写します。

高エネルギー加速器研究機構では実験のために新しい実験装置、新しい実験の舞台、加速器を作ります。私たちの機関は自然の法則を明らかにする科学を扱います。そこに登場する主人公は素粒子、宇宙の起源、物質や生命の根源です。どれも人間の目で見ることができませんが、存在を確信しつつある「モノ」です。宇宙に存在するすべての物質は、このモノによって成り立っています。そして、このモノとモノとの関係性、法則を明らかにしようとして日夜実験を行っています。

見えない小さな素粒子を観測する実験装置なのに、巨大で、複雑で、ときに金属でピカピカ光っているものですが、なぜか心惹かれる機能の美しさを感じることがあります。見えないけれど存在する「モノ」と見

えないそれらの間に働く「コト」を実験装置が具現化しています。装置自身から「コト」の意味が伝わってきます。だから、私たちはそこに心が惹かれるのかも知れません。

「コト」には自然の法則性だけではなく、そこにこめられた情熱や実験にたいするワクワク感やドキドキ感も含まれていると思います。自分で設計、製作したものが考えた通り働いてくれるか、目標を達成できるか、何よりも地球上で誰も見たこともなかったことを最初に見ることができるか、ハラハラしながら働きます。そのような訳で実験装置をつくる私たちは、誰かから命令された「ものづくり」ではなく、「ものごとづくり」をしていると思うようになってきました。

毎年、沢山の就職希望者と会う機会が増えてきました。「日々の仕事」を説明するのですが、そこで本当に伝えているものはカタログのような内容ではない気がします。説明者である私たちから漂うワクワク感であり、実験をすることの面白さだと感じています。

思えば機構の末席で、物理実験の補助者であるものの、最先端の研究の一番真ん前、砂かぶり席に居させていただいています。科学技術が好きな者には、こんなに幸せなことはないと思っています。

この報告集には沢山の実験装置の写真が掲載されています。そして、その装置を作る技術職員の気持ちが溢れています。「ものごとづくり」の「モノ」だけでなく、「コト」の部分伝われば、技術職員報告集の目的の大半は達成できたように思います。

末筆となりましたが、この技術職員報告集の執筆、編集に協力して頂いた編集委員の皆さまに感謝致します。

素粒子原子核研究所

1次陽子ビームライングループ



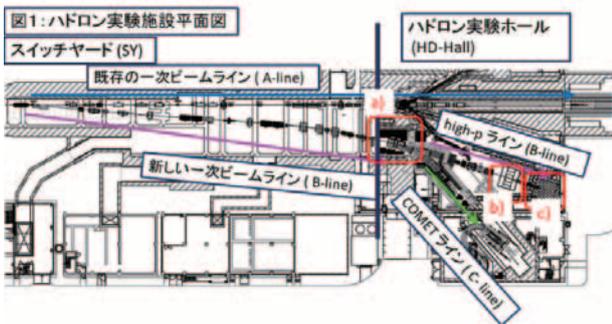
1次陽子ビームライングループは、主に東海キャンパスを拠点に仕事を行っている。東海キャンパスでは、大強度陽子加速器 J-PARC の素粒子実験施設があり、そこでは加速器で生成された陽子ビームを制御し、実験に利用できるようにすると共に素粒子原子核実験のサポートを行っている。

1次陽子ビームライングループの特徴は、加速器と実験技術で必要とする、電磁石、電源、真空、実験装置、測定器開発の技術などを総動員して開発、製作、運転を行うところにある。また、国内外の同様のグループとのつながりも強く、技術や設計のノウハウを共有しながら仕事をしている。

(人員：教員 9 名、技術職員 7 名)

【high-p / COMET ビームライン建設】

ハドロン実験施設では、新たに一次ビームラインを分岐した high-p (高運動量ビームライン) / COMET (コメット実験) ビームラインの建設を行っている。新たに high-p と COMET を分岐する壁中部(図 1; a 点)と、high-p 実験のスペクトロメータ(図 1; b 点)とビームダンプ(図 1; c 点)の設置が行われた。



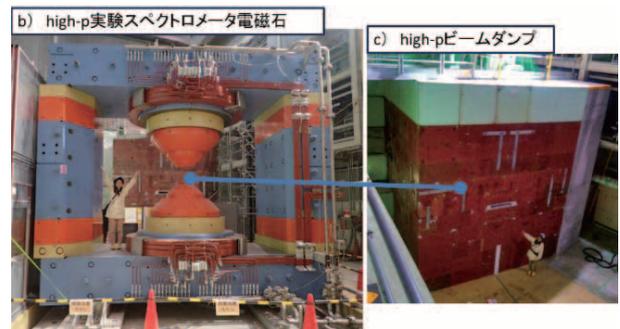
a 点) スイッチヤードとハドロン実験ホールの境界の壁を壊して、新たにビームダクトを通せるように作り直し、high-p ビームラインと COMET ビームラインを分岐するための電磁石を設置し、真空ダクトをつなぎ、シールドを積み直した(図 2)。

b 点) high-p ビームラインで計画されている実験で使用予定の大型スペクトロメータ電磁石を設置した。この電磁石は、元は



1954 年 -1958 年の間に建設された、東京大学原子核研究所(当時東京都田無市)において FM サイクロトロンとして作られ、1990 年代に、本機構つくばキャンパスで実験用に改造されて活躍した。今回、J-PARC (茨城県東海村)で再利用されることとなり、オレンジ色の円錐型磁極を追加して再設置される、歴史ある電磁石である。この電磁石は、高さ 5 m × 幅 5 m × 奥行 2 m で、総重量 340 トンになる巨大なもので、鉄ヨークの 1 ピース 5 トンから 20 トンの 24 個の主要な部品から成る。これらの部品はピース毎に精度を確認しながら組立を行い、ビームラインに対し、± 0.5mm 以内の位置精度で設置することができた。

c 点) その下流に、鉄ブロックで構成された high-p ビームラインダンプを構築した。高さ 6 m × 幅 5 m × 奥行 6 m で、つくばキャンパスで使われていた一部分が放射化した鉄ブロック約 400 個を再利用、東海へ輸送し、組み立てた。



【1次ビームラインメンテナンス：真空チェーンクランプ交換】

1次ビームラインの保守作業として、ビーム輸送用真空ダクトを連結しているチェーンクランプの交換を行った。チェーンクランプを構成しているアルミブロックにクラックが確認されたためである。

アルミブロックから強度の高いステンレスブロックのチェーンクランプに交換した。放射線作業時の被ばく量を低減するためには、距離を取る、遮蔽を行う、作業時間を短く



することが必要である。このため、遠隔で、できるだけ遮蔽体の陰から短時間で作業できるよう、セミリモートクランプや各種治具、遠隔操作により着脱できる吊り具を開発し、それをを用いたモックアップ試験を積み重ねた。ハドロン実験

ホールのターゲット周辺の非常に放射線レベルの高い電磁石を遠隔で取り出し、新しいチェーンクランプを取り付けて、電磁石を戻した。これらの開発により、作業者の放射線被ばく量を劇的に低減できた。

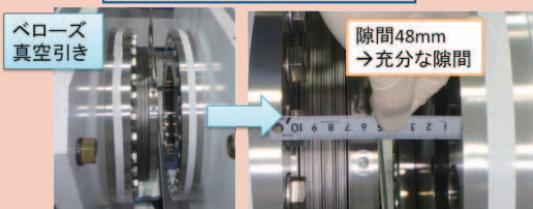
TOPIC

【Topic 1 大伸縮ピローシール】

ピローシールは PSI 研究所 (Paul Scherrer Institut) で開発されたもので、鏡面研磨された金属ダイヤフラムを圧縮空気で空気枕 (ピロー) のように膨らませ、同じく鏡面研磨されているミラーフランジへ密着させることで真空気密を得ることができる真空着脱装置である。遠隔からの圧縮空気の On/Off のみで真空の接続・切り離しが可能で、さらにオールメタル (全て無機材料) で構成されているため耐放射線性にも優れている。

ピローシール前後の機器のためのメンテナンス作業をより確実に行うには、機器との間隔を大きくする必要があるので、ピローシールのダイヤフラム付フランジ位置を伸縮させるためのベローズの山数を大幅に増やすことで、ピローシール伸縮長を従来の 9 mm から 30 mm 以上に改良した大伸縮型ピローシールを設計した。しかしベローズの山数を増やしたことで、および傾斜状態で使用することでベローズの自重による垂れがおきることが想定され、モックアップによる事前評価でベローズの伸縮に伴いダイヤフラム部分で上下方向に 1 mm 程度の変位が発生した。その結果、ダイヤフラムが上下方向に擦られ、着脱回数が増えると共に鏡面に傷が増えるためリーク量が増加し、ピローシールの寿命が短くなることが懸念された。そこで、2016 年度に大伸縮ピローシール実証機の製作を行い、ピローシールの伸縮長は 48 mm で十分な隙間が得られた (図 6)。また、この実機を使用して 5000 回

図6: 大伸縮ピローシールの伸縮長



伸縮試験を実施した。試験方法は実機の運用と同じように、ピローシールのダイヤフラム面とミラーフランジ面に隙間が空くように減圧して、その後加圧をして面同士を接触させるという一連の着脱サイクル (図 7) を 5000 回繰り返し、適宜 He リーク試験を実施した。その結果、5000 回伸縮試験後でも He リーク量は $10^9 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ 未満という十分な He に対する気密性が得られた。試験後に株式会社キーエンスの協力の下、レーザー顕微鏡を用いて

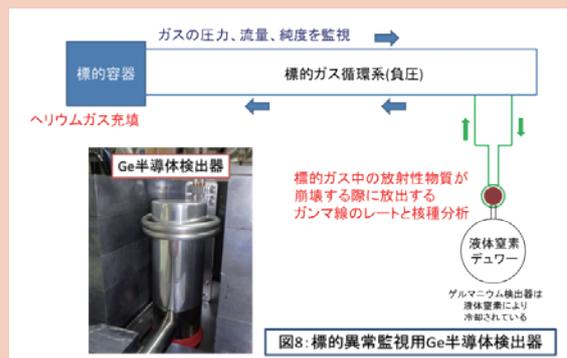
ダイヤフラム面の表面粗さや傷深さを測定し気密性能量との相関についての検証を進めている。

図7: ピローシールのダイヤフラム面とミラーフランジ面の一連の着脱サイクル



【Topic 2 標的監視用放射線測定システム】

ハドロン実験施設の二次粒子生成標的の内部には陽子ビーム照射による核破砕反応などを通じて大量の放射性物質が蓄積され、万が一標的が破損した場合は、放射性物質が放出される事象が発生する。そこで、標的が設置されている気密容器には化学的に不活性なヘリウムガスを充填して循環させ、ガス配管の経路上に Ge 半導体検出器や NaI (TI) 検出器を設置することで、ヘリウムガス中の放射線物質濃度や核種を監視するシステムの構築を行った (図 8)。この内、NaI(Tl) 検出器により単位時間当たりのガンマ線量 (レート) の監視を行い、Ge 半導体検出器により放射性核種の分析およびレート監視を行っている。このシステムを利用して、ビーム運転中のガンマ線スペクトルからエネルギーピークを探し核種の解析を行っている。また、ビーム運転中だけでなくビーム停止直後のスペクトルも取得することで、減衰率から半減期を求めることができ、核種同定に利用している。シミュレーションコード PHITS から標的破損の際に多く放出されると推定される核種の中で、競合ピークなどのバックグラウンドの少ない比較的検出しやすい核種などを選ぶことで、常時監視する核種を決定している。なお、ヘリウムガス中の核種分析や監視核種の選定などは放射線安全セクションと共に実施している。



素粒子原子核研究所

エレクトロニクスシステムグループ

エレクトロニクスシステムグループは計測システム技術研究を行うため、半導体プロセス・エレクトロニクス・ソフトウェア技術を基盤として、センサー・低雑音・多チャンネル・高速信号処理・分散データ処理・制御システムの開発・維持を行っている。大学共同利用機関として、Open-It (オープンソースコンソーシアム) と呼ばれる計測技術の専門家ネットワークを 2010 年 4 月に設立した。これは、加速器科学と周辺科学分野で計測システム開発に必要な要素技術、システム化技術及びその情報をできる限りアカデミック用途向けにオープン化して共有化を進めることを目的とする。また、先端計測技術の維持、改良及び発展を共同で行う。その構成員は Open-It の主旨に賛同してくれた公共教育研究機関に所属する専門家と計測技術の習得を希望する学生および研究者である。メンバーは他のメンバーとの技術資産を共有し、新しい技術情報を提供し合うことで全体の活性化を行っている。また計測技術に興味を持つ多くの方々に向けて各種技術セミナーを開催している。

(人員：教員 6 名、技術職員 9 名)

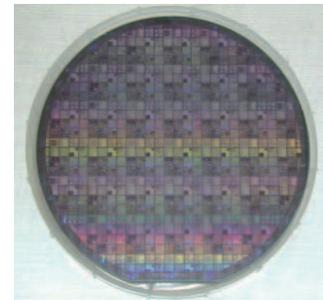
実験からの要求

高エネルギー実験では常に新しい物理の発見が求められていて、特定の粒子の挙動を物理実験で測定するために、実験毎に固有の検出器を作り、粒子のエネルギー、運動量、飛跡、粒子識別を行っている。そこでは必要なエレクトロニクスなどを用意してシステムとして組み上げなければならない。大規模な物理実験ならばグループ内だけでシステムの各コンポーネントを担当する小グループを構成することができるが、中小規模実験では人数も限られていて、検出器、エレクトロニクス、DAQ ソフトウェア等すべて自前でやることはできないため、ノウハウが蓄積されている実験サポートグループに依頼することになる。

検出器のセンサーの総チャンネル数は数万チャンネルにもなり、1 台当たりのエレクトロニクスボードで処理するチャンネル数は約 8 ~ 96 チャンネルになる。これはエレクトロニクスを収納するスペース、発熱を冷却する能力、PC にデータ転送するネットワークスピード、電力供給等から決まる。近年では技術の進歩により高密度、低消費電力、高速データ転送の方向に進んできている。これだけ高い性能をシステムに要求されることは、他の分野ではあまり聞かない。

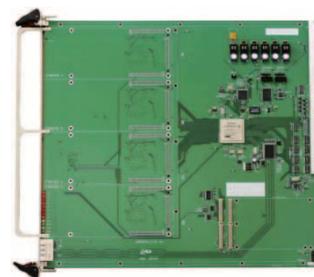
ASIC 設計にかかわる技術

最近の物理実験に要求される高密度、多チャンネル、低消費電力、耐放射線等を満たすために ASIC (特定用途向け IC) が必要となっている。これを製作するためには CAD を駆使して回路設計、シミュレーション、レイアウト設計を行う必要がある。また出来上がった IC チップの実装技術、動作テストなど多岐にわたる技術の積み重ねにより、ASIC の作成を行っている。



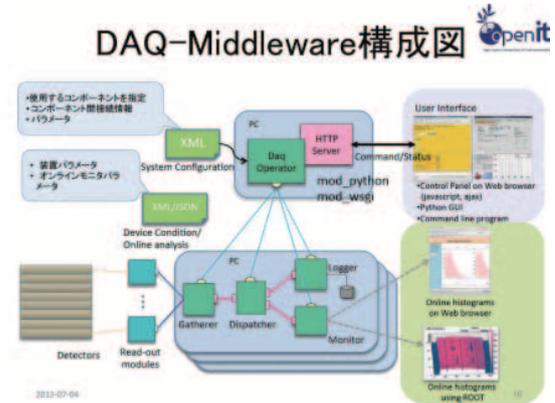
電子回路基板設計技術

高エネルギー物理実験等で使われる検出器・測定器に組み込みデータ収集用の電子回路基板は高い性能を求められるので、市販の測定装置だけでは対応しきれず、それを作成する技術が必要とされている。これは検出器からの微小なアナログ信号を増幅・整形、デジタル信号に変換し、ネットワーク等を通じてコンピューターに高速にデータ転送をするところまでの回路を設計し、それを実装した電子回路基板を作成し、動作させることができるようにする必要があり、この技術を持つことが必要とされる。



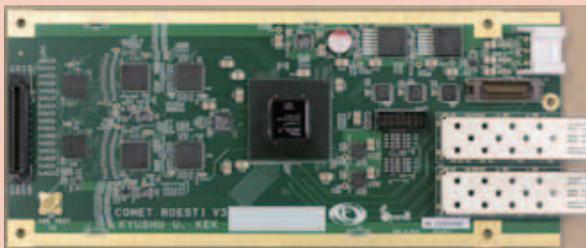
データ収集ソフトウェア技術

大量の実験データを ASIC や電子回路基板を使用した検出器・測定器を用いて高速にコンピューターへ転送し、オンラインでモニター・制御・解析・ストレージを行うことのできるソフトウェア技術が必要である。



TOPIC

ストロー飛跡検出器 読み出し回路 ROESTI の開発



ストロー飛跡検出器用読み出し回路 ROESTI

J-PARC に建設しているミュオン電子転換過程探索実験 (COMET 実験) のストロー飛跡検出器用信号読み出し回路 ROESTI (Read-Out Electronics for Straw Tube Instrument) の開発を行っている。ROESTI では検出器から送られるアナログ信号を波形信号として扱うことができるように AD 変換する。変換後のデジタルデータは FPGA (Field Programmable Gate Array) で制御され、Gigabit Ethernet で計算機に送られる。ROESTI には以下のような特徴がある。

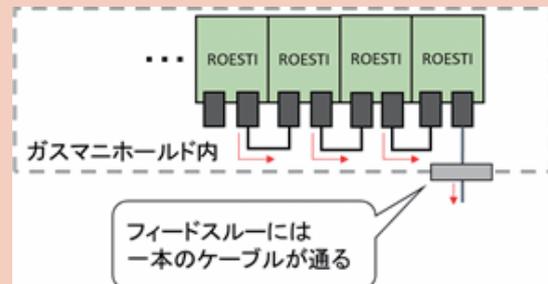
(1) 1 ns の時間分解能での波形取得

ストロー飛跡検出器が出力する高レートの信号から飛跡を高精度で決定するために PSI 研究所 (Paul Scherrer Institute) 開発された ASIC DRS4 と 12bit ADC を採用している。これらの IC チップを利用することにより、小さな面積 (18.5 cm × 8 cm) でも 16 チャンネルの入力信号に対し、1 GHz でのサンプリングが可能となり、かつチャンネル間で得られた波形の時間差を 1 ns 以下の分解能で得ることができるようになった。

(2) デイジーチェーンによるネットワーク通信

ROESTI はストロー飛跡検出器から送られるアナログ信号の劣化を防ぐために検出器のすぐ近くに配置する必要がある。ストロー飛跡検出器はバックグラウンドを抑え

るために真空中で動作させる。しかし、放熱等の問題から真空中に信号読み出し回路 ROESTI を配置することはできない。そのため、検出器にガスを送る際に利用されるガスマニホールド内に複数枚の ROESTI を設置することにした。ただし、構造上、ガスマニホールドのフィードスルー (真空状態を保っている外部から、ガスを通すガスマニホールド内部に各種ケーブルを通すための部品) を通すことができるケーブルの数は限られてしまう。そこで、FPGA 内に特殊なネットワーク回路を組むことで、デイジーチェーンによるネットワーク通信を可能にさせた。性能評価を行い、転送速度が TCP の理論最大速度である約 950Mbps 以下であればデータ損失なしでデータが転送されることを確認した。



デイジーチェーンによるネットワーク通信

(3) 中性子耐性

上記でも述べたが、ROESTI はストロー飛跡検出器のすぐ近くに配置される。そこは中性子が強く照射される領域であり、ROESTI にも搭載されている FPGA に中性子が照射されると、中の回路やデータを破損する SEU (Single Event Upset) と呼ばれる現象が発生する。そこで、SEU が起きた時でも自動的に修復・検出を可能とするよう FPGA 内で回路を構成した。中性子を ROESTI に照射する実験を行い、FPGA 内の回路が適切に動くことを確認したと同時に、SEU の発生頻度を測定した。(E.Hamada)

素粒子原子核研究所

クライオジェニックグループ



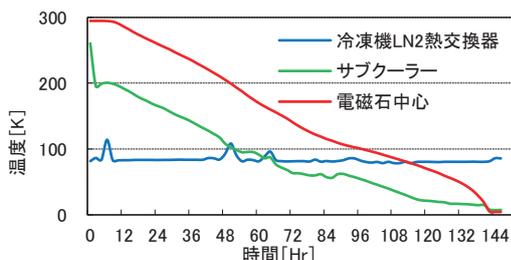
クライオジェニックグループは、つくばキャンパスと東海キャンパスの両キャンパスにおいて素粒子原子核物理学の分野で必要とされている超伝導・低温技術に関する装置の研究開発・建設・運転を行い、様々な実験プロジェクトを横断的に支えている。強く均質な磁界を発生させる超伝導電磁石とその冷却システムの開発と運転、アルゴンやキセノンなどの液化ガスを媒体として粒子のエネルギー等を高精度測定する検出器の開発、水素やヘリウム、四フッ化炭素などを液化して陽子ビームの標的とする極低温液体ターゲット装置の開発と運転などを行っている。

(人員：教員 4 名、技術職員 5 名)

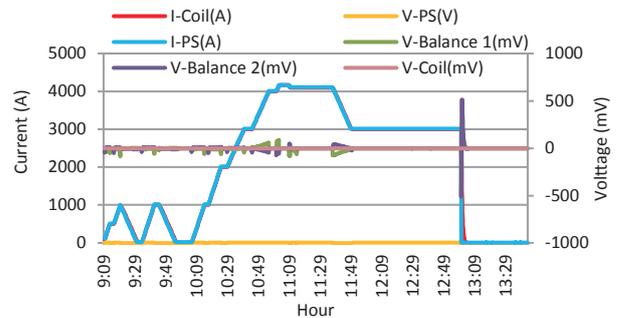
超伝導電磁石とヘリウム冷却設備

高エネルギー物理実験や加速器科学の分野では、超伝導機器はそのシステムの基礎となるものであり、安定に稼働することが暗黙の裡に要求される。これらの超伝導機器は、現段階では液体ヘリウムによる冷却が不可欠であり、システムの熱負荷及び長時間連続運転に対応するにはヘリウム冷却システムが必要となる。

つくばキャンパスでは SuperKEKB (S-KEKB) /Belle II 実験で Belle 超伝導ソレノイド電磁石と S-KEKB 加速器ビーム最終収束用超伝導電磁石システム (QCS) を冷却するためのヘリウム冷却システムの整備が進められている。この冷却システムは前加速器「TRISTAN」の超伝導電磁石の冷却用に 1989 年に製作されたものを再利用して使用する。ヘリウム冷却システムが安全、安定して稼働するように、老朽化した自動制御弁・冷却水循環装置等の機器を整備・更新した後、試験運転を行い、所定の性能を確認した。また、QCS との複合励磁試験を行う等、S-KEKB /Belle II 物理実験の運転開始に向けて準備が着々と進められている。



Belle 超伝導電磁石冷却特性



Belle 超伝導電磁石励磁試験

東海キャンパスでは共通基盤施設・超伝導低温工学センター所属のメンバーと合同で低温セクションを構成し、J-PARC で稼働する T2K ニュートリノ超伝導ビームライン、ハドロン E36 実験用超伝導トロイダル電磁石 (TREK)、COMET 超伝導電磁石システムのヘリウム冷却システムの開発・建設・運転を担っている。ニュートリノヘリウム冷凍システムは、運転開始以来、安定に稼働してきたが、製造から 10 年がたち、経年劣化を示す機器 (写真) も出てきたため、機器の交換や点検・オーバーホールを行った (写真)。2012 年度から E36 実験に向けて整備を行ってきた超伝導トロイダル冷却システムは 2015 年にハドロンホール K1.1BR ビームライン実験エリアに設置し、その後、冷却・励磁試験を実施し、2015 年 12 月まで E36 実験運転を行った。この冷却システムのうち、冷凍機と圧縮機は COMET 実験に転用し継続して使用する予定である。COMET 実験は Phase1 に向けて超伝導電磁石システムの建設が進められている。2016 年にミュオン輸送部の超伝導磁石が設置され、冷却・励磁試験にむけてヘリウム冷却システムの整備が行われている。



開放検査中のヘリウム圧縮機 スクリューローター



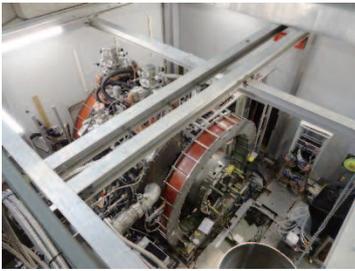
欠損が発生した冷凍機膨張タービン



ミュオン輸送ソレノイド超伝導電磁石

低温粒子検出器

低温技術の向上により、液体キセノンや液体アルゴンを使用して粒子のエネルギー等を測定する検出器の高性能化も盛んに行われている。スイス PSI 研究所で行われている MEG 実験（ミュオンガンマ ($\mu \rightarrow e \gamma$) 崩壊の測定）では、高



MEG II 測定器



増設した GM 冷凍機

冷凍能力と低振動のパルス管冷凍機で高純度液体キセノンを生成し、物理実験に使用している。現在、MEG 実験の感度を 10 倍上げたアップグレード実験 MEG II の準備が進められており、熱負荷増加に対応するための冷凍機の増設をした。

キセノンやアルゴンは液体状態である温度領域が狭いため（沸点と融点の間）、液体状態を保持するための圧力と温度制御が重要になる。

原子核実験における最も単純な原子核構造のビーム標的として、液体・固体水素ターゲット及び重水素ターゲットの開発・維持・運転を行っている。

ヘリウム冷凍設備の建設・運転

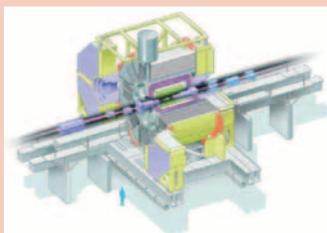
超伝導電磁石の冷却設備や液化ガス検出器の中には「高圧ガス保安法」という法律の適用を受ける装置があり、法規に適合した装置の建設と運転・管理を行う。

超伝導電磁石は、冷凍設備や液化ヘリウムや液化窒素などの寒剤を使用して約 4 ケルビン (-269°C) に冷却し、その状態を保持する必要があるが、そのための低温生成・低温維持のための技術（寒剤の取扱い、熱力学、断熱技術、低温容器の設計、配管の設計、計測制御など）が低温技術者の腕の見せ所になる。

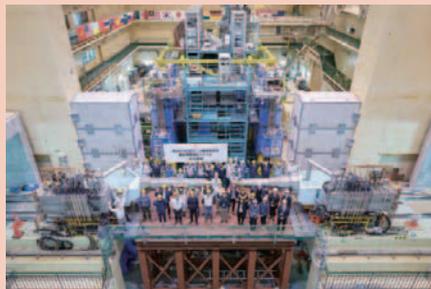


TOPIC

つくばキャンパスでは、電子・陽電子衝突型加速器 KEKB のルミノシティ（衝突性能）を 40 倍に高めた SuperKEKB 加速器へのアップグレードは 2010 年に開始された。ルミノシティを達成する上で鍵となる要素の一つにビーム衝突点に設置されるビーム最終収束用超伝導電磁石システム（QCS）がある。超伝導 4 極電磁石・補正ソレノイド・補正磁石の総数 55 台の超伝導電磁石から構成され、ビーム衝突点を挟んで 2 台のクライオスタット（QCS-L, QCS-R）に分割して組込まれている。2 台のクライオスタットは、個別の同じ冷凍能力（ $250\text{W}@4.4\text{K}$ ）を持つヘリウム冷却システムで冷却される。クライオスタットは 2016 年 8 月に L 側が 2017 年 2 月に R 側が S-KEKB ビームラインに設置され、その後、低温配管・パワーケーブル配線工事を 3 月に完了し、QCS 単独での冷却試験・励磁試験と Belle ソレノイドを含めた複合励磁試験・磁場測定を 2017 年 5 月～ 8 月に実施した。



QCS-R ヘリウム冷却システム



Belle II 測定器と QCS



QCS-L ヘリウム冷却システム

素粒子原子核研究所

メカニカルエンジニアリンググループ



Belle II 測定器

素粒子原子核研究所には様々な実験グループがあり、それぞれの研究に合わせて高精度・低物質質量・高剛性・耐放射線性に優れた実験装置が用いられる。特に研究者からの要請をすべて満たすためには技術的に難しいものが多く、そのため職員は構造・材料・真空、低温、回路、測定技術など幅広い知識を持ち設計・加工・組立を行っている。その他にもクレーン操作や機械加工など実験をサポートする技術も習得する必要がある。現在は、機構の重要なプロジェクトの一つである Belle II 実験の為に測定装置である Inner Detector (衝突点内部検出器)、SVD (シリコンバレーテックス検出器)、CDC (中央ドリフトワイヤーチェンバー)、TOP Counter (粒子識別検出器) の建設、また Belle II 実験以外では、宇宙マイクロ波背景放射 (Cosmic Microwave Background: CMB) の精密観測実験、J-PARC における COMET 実験にも参加している。また今年度は新人が一名入り熱解析を中心にメカ E (メカニカルエンジニアリング) として対応できる業務も広がった。



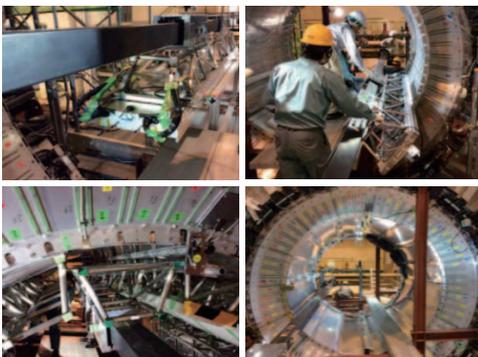
(人員：技術職員 3 名、再雇用職員 2 名)

【Belle II】

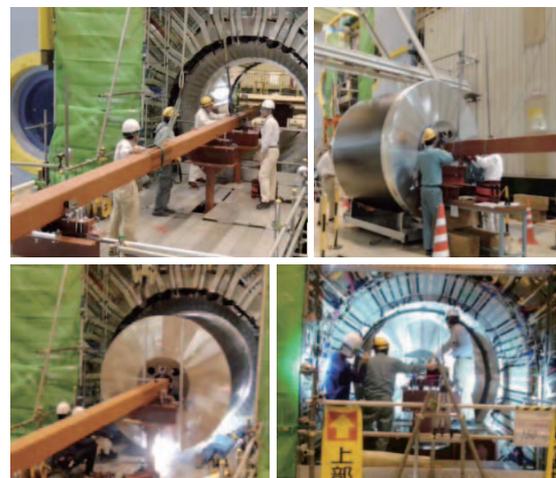
Belle II 測定器は様々な観測装置を組み合わせることで粒子の位置や時間などからエネルギーを測定することで粒子の特定ができる。さらに電子・陽電子を加速させる加速器の性能が上がったことや観測装置の製作なども最先端の技術を用いることにより、精度良くかつデータを大量に蓄積することができるようになった。メカニカルエンジニアリンググループ (メカ E グループ) ではその中のいくつかの観測装置及びそれに関する R&D 用の装置類の設計や組立に関わってきた。前回の報告では Central Drift Chamber (CDC)、TOP Counter などの製作・組立について報告したが、今回は CDC、TOP の設置、SVD の進捗について報告する。

CDC 及び TOP は、2018 年の Phase2 稼働に向けて Belle II 測定機に組み込まれた。メカ E グループもインストールのための治具の設計、さらに実際のインストール手順の作成・立ち合いに関与した。TOP Counter 単体は薄く長いモジュールであり構造としての強度は無いが 16 台がドーナツ状に配置連結されることで一つの強固な構造体 (観測装置) となる。しかしモジュールは 1 台ずつインストールされるため、名古屋大学装置開発室と共同開発した据付治具を使用して変形させないように細心の注意を払ってインストールを行い、治具を取り外した後も全体の変形量は 0.1 mm 以下であった。

【Belle II : CDC&TOP】



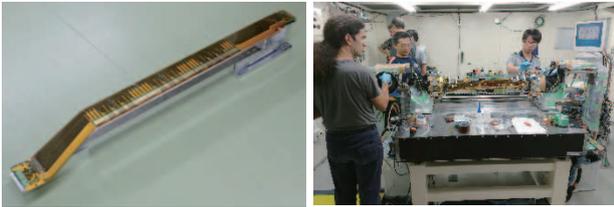
TOP Counter モジュール Install 作業風景



CDC Install 作業風景

CDCは直径2260 mmでTOP Counterとの隙間は最小で1.5 mmとなっている。そのためインストールに関しても事前にダミーCDCを用いてテストを行い、問題点を洗い出して実機のインストールを行い無事設置することができた。2017年1月には実際に宇宙線を観測して性能をチェック、期待された性能で作動することを確認することができた。

【Belle II : PXD&SVD】



Silicon 検出器 (左) ラダーマウント治具 (右)

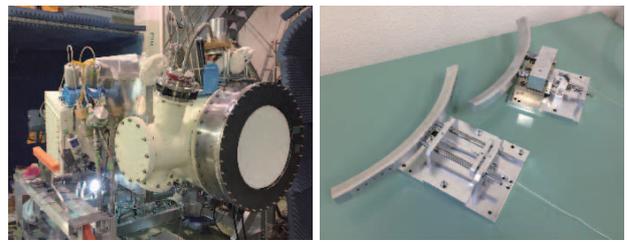
Silicon Vertex Detector (SVD) は写真のように平面状のシリコン検出器を衝突点の周りを取り囲むように多数配置し、荷電粒子が通過した位置をダイレクトに高精度測定することが出来るようにした検出器である。その中心に Beam Pipe 及び VXD を後から取付できるように 180°ごとに2分割できるようにしている。全体の組立を行うラダーマウント治具、Beam Pipe & VXD をインストールするための治具、ラダーマウント治具から Beam Pipe & VXD インストール治具へ運搬するために緩衝及び 180°回転機構などを備えた半割治具などの設計・組立も行った。



半割治具 (左上) BP&VXD インストール治具 (左下)
半割 & BP&VXD インストール治具 (右)

【CMB (宇宙マイクロ波背景放射)】

現在 CMB グループでは3つのプロジェクトが進行している。1つ目は Quiet 実験、2つ目は PolarBeaR 実験 (PB)、また3つ目は2008年9月小型科学衛星WGに承認された衛星としての LiteBIRD 計画 (JAXA 等と共同研究) である。さらに PolarBeaR 実験は I と II が計画されており、KEK では PB-II 実験及び LiteBIRD 計画を主導的に行っている。装置の特徴として PB-II 観測装置は電波望遠鏡の一種であり数 K の宇宙背景放射を観測するためセンサー部は極低温 (mK) にして実験することがある。原理としてはカメラと同様にレン

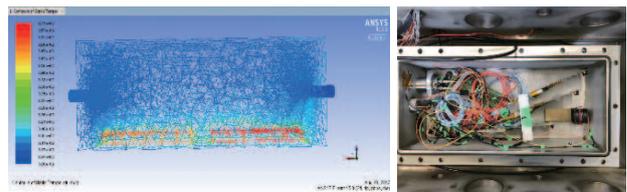


CMB PB- II Detector (左) LiteBird 偏光変調器ホルダー (右)

ズ部・センサー部からなっており形状はまさに一眼レフカメラのような構造である。カメラとの違いは内部が真空中で極低温に冷やすための様々な冷凍機が取り付けられていることである。メカEグループでは本体の設計はもとより各要素の R&D 用の装置・架台などの設計も行っている。LiteBIRD に関しては本体の設計に先行して偏光変調器 (HWP) ホルダーの開発を行っている。偏光変調器の周りにはドーナツ状に磁石が配置されマイスナー効果により摩擦ゼロで回転することが出来るようになっている。常温時は回転体を3台のホルダーで保持し、回転時には冷凍機により 10K 以下まで冷やされたバナナ状の先端部の熱伝導により超電導状態に移行、バナナ部が後退することで空中に静止する機構になっている。

【J-PARC : COMET】

COMET 実験は東海の J-PARC により作り出される大強度陽子ビームで生成されるミュオンを利用して行う実験である。まだ建設初期段階であり実験室に一部の湾曲超電導磁石が設置されているだけの状態ではあるが、並行して測定器やタングステンシールドなどの開発が行われており、メカEグループも構造設計及び熱解析などで参加している。



エレキ系の熱解析と実験結果による R&D (上)



ストローチェンバー構造体設計 (左)

素粒子原子核研究所

安全グループ



安全グループ

安全グループは、素核研つくばキャンパスにおける安全管理部門として、2014年3月に発足した。日夜、進歩を続ける素粒子原子核実験において、安全な実験環境を維持するには研究と同様、常に新しさが求められる。その基となるのは毎日の安全巡視と、現場の人々との対話である。研究現場の状況把握と、人の言葉を通じて「現場で抱える危険」を読み取り、安全な実験環境作りに反映させている。

外部視点を交えた安全

普段、特定の人しか立ち入らない研究現場では、当事者のみでは安全上の課題が見えなくなりがちである。安全グループでは日常的な施設の巡回を、重視している。筑波実験棟など各実験室においては、他グループの技術職員による定期的な安全巡視も実施され、協力頂いている。24時間常駐の安全監視員の役割は重要である。2014年度には、素核研職員が他の研究現場を回る「安全巡視」を実施したが、巡回を通じ多くの危険を見つけられることが出来た。このようにリスク管理においては、「外部の視点」が効果的である。



クレーン吊具定期点検

電気安全

最初に改めて各実験室に任命された装置責任者、分電盤責任者に電気設備・機器の管理状況のヒアリングを行った。その後、各責任者と連携し継続的に分電盤調査を実施し、問題ある場合は使用者へ改善要請を依頼することで課題解決を進めてきた。職員への電気安全教育として、2015年に関東電気保安協会の方を講師に招き「電気安全講習会」を開催した。実技講習では、電気安全の基本習得に有用な機会を提供できた。この講習会を機に筑波実験棟安全監視員室と富士実験棟共同利用室の床上電気配線を撤去し、天井配線へと変更した。



低圧電気特別教育

高圧ガス容器使用・保管に関する安全対策

各種のガスは高圧ガス容器（以下、ガスボンベ）を通して実験に使用される。ガスボンベは地震時に転倒を防止するため、上下2段のチェーンで固定し、ガスボンベスタンドは床に対して固定する必要がある。既存のガスボンベスタンドの中には、下段のチェーンを固定する構造になっていないものがあったので、既設ガスボンベスタンドを改良し、上下2段のチェーンを設置した。



ガスボンベスタンドの改良

安全は全員参加で

新たな研究が生まれるとき、併せて新たな安全の課題が生じる。どんな研究環境でも「継続性」と「他者の視点」が大切なことは今後も変わらない安全の基本と考えている。一人ではなく「全員参加型」の安全対策をこれからも継続していきたいと考えている。



体感型安全教育講座
(ボール盤巻き込まれ)



体感型安全教育講座
(安全帯ぶら下がり)

素粒子原子核研究所

短寿命核実験グループ



短寿命核実験グループ

理化学研究所和光地区（埼玉県和光市）にある和光原子核科学センターでは、重イオンビームを利用して自然には安定に存在しない短寿命な原子核を人工的に生成し、その性質を詳細に調べることで、短寿命原子核の構造や反応機構の研究を行っており、宇宙における元素合成過程の解明を目指している。

KISS

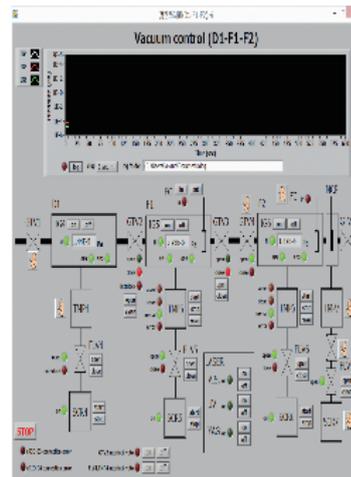
元素選択型質量分離器（KEK Isotope Separation System:KISS）は、中性子過剰な不安定原子核を核反応で生成し、レーザーと磁場を用いて、特定の原子番号と質量数を持つ不安定原子核だけを選別して単一種の不安定原子核の寿命や崩壊の様子を仔細に測定する装置である。2011年より理化学研究所仁科加速器センター内に建設を始め、2016年度よりKEK共同利用装置として稼働している。KISSを用いた実験では、不安定原子核が引き出される輸送路を安定的に高真空中に維持し続ける事がカギとなる。このため装置の各段階に多段の真空ポンプからなる差動排気系が取付けられ、これらの制御並びにモニターをオンラインで行っている。

2016年に短寿命核実験グループに異動となり、KISS実験装置の真空関係並びに機械工作関係を担当し、真空度の維持管理（ポンプ不具合の発見・交換・分解メンテナンスを含む）や各種の構造体や部品の設計・追加工・組立・設置を行った。

現在、原子核の質量を高精度測定する多重反射型飛行時間測定式質量測定器（Multi Reflection Time-Of-Flight Mass Spectrograph: MRTOF）のKISS実験装置への設置が計画されている。1m足らずの超高真空領域に設置された一対のミラー電場を使ってイオンの周回飛行時間を測定し、原子核の質量を精密に求める。そのための新たなビームラインのインストールが現在進行中である。



短寿命核実験装置



真空系制御画面

素粒子原子核研究所

ニュートリノ実験グループ

ニュートリノ実験グループ

ニュートリノ CP 対称性の破れの検証などのニュートリノ物理の課題解決にむけて、J-PARC 大強度ニュートリノビームラインの装置開発・運転や将来の大型検出器開発などを進めている。さまざまな装置の開発や最先端ニュートリノ検出器の開発では、技術職員は自身のスキルを磨くと同時に、その経験を十分に発揮することが可能である。現在、技術職員 1 名が制御 / データ収集の技術に関して仕事をしている。



T2K ニュートリノ振動実験

電源インターロックシステム

ニュートリノビームラインでは、MR 加速器で加速された大強度の陽子を、約 2.5 秒周期で約 240m 下流の炭素で作られたニュートリノ生成標のまで輸送し、照射することで間接的にニュートリノビームを生み出している。この陽子のビーム軌道やプロファイルを調整する。もし、ビーム軌道やプロファイルに異常が起こると、1 発のビームであっても大強度のため、ビームラインの装置を壊す危険性がある。そのため、ビーム軌道やプロファイルに異常が起こるような場合には、それを検知して即座にビーム運転を止めるインターロックシステムが重要になる。

実際には、ビームの起動やプロファイルは、ビーム輸送ラインにある常伝導電磁石の電流の変動に依って影響を受ける。そこで電磁石電源 (21 台) の出力電流を常時モニターする電源インターロックシステムの設計・開発を行った。2012 年からの実機の運用を開始し、新しい電源を含めたインターロックシステムは 2014 年に完成した [1]。それから現在 (2017 年 4 月) に至るまで電源異常や電流変動に依る異常は発生しておらず、大強度ビーム (470 kW) の安全・安定な運転を実現した。



出力電流監視インターロック

EPICS IOC の更新

ニュートリノ実験施設では制御システムのフレームワークに EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) を使用している。2016 年夏には EPICS IOC と呼ばれる I/O コントローラのハードウェア / ソフトウェアの大規模な更新を行った。

これまで IOC として使用していた通常のデスクトップ PC から加速器で開発が進められていたマイクロサーバへ置き換えた。IOC とそのネットワーク構成も更新し、IOC は合計 22 台になった。新 IOC は導入後、安定に稼働している。これらビームラインの制御に関する開発の他、最先端のニュートリノ検出器開発にも、この制御技術は生かされている。

エキスパートシステムの開発

現在は、主にビームラインのリアルタイムの状況を機器のデータから推論して実験シフトに対して助言を行うエキスパートシステムの開発を行っている [2]。

[1] K. Nakayoshi, et al., Upgrade of the Control and Interlock Systems for the Magnet Power Supplies in T2K Primary Beamline, ICALEPCS2015, 2015.

[2] 仲吉一男他、J-PARC ニュートリノ実験施設エキスパートシステムの開発, 日本物理学会秋季大会, 2016.

TOPIC

素粒子原子核研究所技術職員報告会

素核研では月1回持ち回りで各技術職員によるプロジェクトや仕事の進行具合を一人20分程度にまとめて発表する報告会を開催している。この目的は技術職員間の交流にとどまらず、素核研のプロジェクト等について各人の報告について、技術分野の異なる意見を受けることができそれをフィードバックすることができる機会となっている。

| 年度 | 月日 | 発表者 | タイトル |
|-------|--------|--------------------------|--|
| 2015 | 4月28日 | 山野井 | ベリリウム板の拡散接合 |
| | | 藤田 | 次世代質量分析技術の実現なるか～集積回路の挑戦 |
| | 5月22日 | 垣口 | ハドロンホール実験用分電盤の電流測定 |
| | | 牧 | SVD ラダーマウントテーブルのアライメント進捗状況について |
| | 6月26日 | 広瀬 | F M電磁石移設 |
| | | 笠見 | 極細管チューブベンダーの製作 |
| | 7月17日 | 上利 | J-PARC ハドロン実験施設ビームダンプ温度測定・制御システムの改修 |
| | | 庄子 | 印刷技術を用いたガス2次元測定器の技術開発 |
| | 9月18日 | 岩崎 | 標的異常監視用ゲルマニウム検出器による核種解析 |
| | | 濱田 | COMET 実験用ストローチューブトラッカー読み出し用エレクトロニクス (ROESTI) の開発 |
| | 11月20日 | 広瀬 | high-p/COMET ビームライン分岐部電磁石のメンテナンスシナリオ |
| | | 鈴木 (祥) | ハドロン E13-CF4 標的の概要 |
| | 12月18日 | 加藤 | K2K- ν ビームラインの遮蔽 |
| | | 千代 | ギガビットイーサネットことはじめ |
| | 1月22日 | 島崎 | 2015 仕事について |
| 笠見 | | 小型ガラス容器を使用したキセノンの液化 | |
| 2月19日 | 近藤 | 超低温測定用サーマルアンカーの開発 | |
| | 佐藤 (伸) | SVD 製作現場に於ける小細工集 2 | |
| 3月25日 | 田内 | SOI プロセスを用いた高精度PLLの開発 | |
| | 仲吉 | T2K ビームライン機器制御ソフトウェア更新作業 | |
| 2016 | 4月22日 | 鈴木 (純) | Belle II / SVD Ladder Mount Table 現状と問題点 |
| | | 大中 | 1年間の仕事 |
| | 5月20日 | 田中 | 放射線第2区域担当者としての1年 |
| | | 川井 | Belle ヘリウム冷凍システム試運転及び磁場測定結果について |
| | 6月24日 | 藤田 | 投影型イメージング質量分析用半導体検出器の開発 |
| | | 山野井 | ベリリウム薄板の拡散接合 その2 |
| | 7月22日 | 垣口 | 無料簡易3D-CADを用いた構造体の一括設計、見積、発注システム |
| | | 庄子 | 汎用64ch ADC-FPGA ボードの開発 |
| | 9月30日 | 上利 | 2次粒子生成標的制御系の改修 |
| | | 牧 | MEG 実験用 PMT ホルダ製作及び近況報告 |
| | 11月4日 | 岩崎 | チェーンクランプ交換作業 |
| | | 濱田 | COMET 実験ストロー飛跡検出器用読み出し回路の開発 |
| | 1月27日 | 垣口 | 理化学研究所 短寿命核実験施設見学会 |
| | | | |
| | 2月24日 | 荒岡 | 高圧ガス容器管理システムの導入 |
| | | | |
| 3月21日 | 島崎 | 入所から今まで | |
| | 秋山 | 高運動量ビームラインのホール内電源配置設計 | |

物質構造科学研究所

放射光科学第一・第二研究系



放射光は、高エネルギーの電子加速器の中で電子が加速度を受けてその進行方向を変えるとときに放出される電磁波である。KEKの放射光施設（フォトンファクトリー：PF）では、可視光線より波長の短い（エネルギーが高い）真空紫外線、軟X線、X線と呼ばれる波長域の光を発生させている。このように原子の大きさ程度の波長を持つ光や、物質の内部の電子を外に飛び出させるのに十分なエネルギーを持つ光を使うことによって、分子や原子といった極微の世界の観測を続けている。

PFには、2.5GeVのPFリングと6.5GeVのPF-ARの2つの放射光源があり、それぞれには放射光を実験装置まで導く主ビームラインがPFリングに22本、PF-ARに8本設置されている。これらの主ビームラインから、更に分岐ビームラインに分岐される場合もあり、合計で40を超える放射光利用実験を行う実験ステーションがある。そして、それぞれの実験ステーションではKEKの職員だけではなく、国内外約3,000名の共同利用研究者により、様々な分野における実験が行われている。

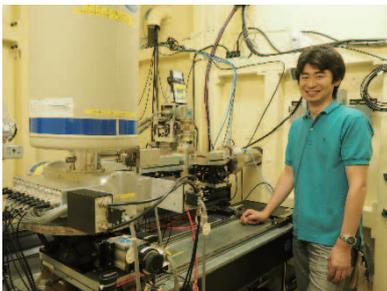
技術職員の業務

放射光科学第一・第二研究系の技術職員は、放射光ビームラインにかかわる技術開発や設計、建設、保守などをはじめとした様々な業務に携わっている。また、国際学会を含む多くの学術会議での発表なども精力的に行っている。H27-28年度の主な業務として、新ビームラインの設計・建設・調整をはじめ、放射光を安定に使うための振動除去法、光学素子汚染除去法、超高真空などの技術開発を行った。

放射光ビームラインの設計・建設・維持管理

放射光利用実験では、品質の良い光を試料に導くことが実験成果を左右する大きな要素となる。これを実現するためには光学系や真空技術などの要素技術の開発や、それらを総合的に組み合わせたビームラインの設計・建設が必要になる。

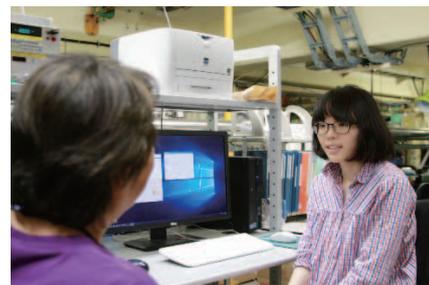
実験装置・測定器の技術開発



放射光利用実験では、試料に放射光をあて、回折・散乱された光、透過した光、放出された蛍光X線や電子などを「検出器」で捉えている。実験装置や検出器の開発、データ収集技術の開発などを、研究者と協力して行っている。

ビームライン・実験装置制御システムの開発

フォトンファクトリーでは、さまざまな分野の共同利用研究者がビームラインや実験装置を利用している。多くの研究者の多岐にわたる要求に応えられるように、拡張性が高く、かつユーザーフレンドリーな制御システムを開発している。



放射光利用実験に関わる安全管理

フォトンファクトリーでは、実験者が不要に放射光X線に被曝することがないように安全システムとして、インターロックシステムが設置されている。

これらの開発や整備及び、化学物質や電気などを安全に扱うための安全管理を行っている。

TOPIC

新しいビームラインインターロックシステムの開発

放射光のビームラインには「放射線安全」、「ビームライン真空の保持」、「ビームラインコンポーネントの保護」を目的としたビームラインインターロックシステムがそれぞれ設置されている。ビームラインインターロックシステムには高い信頼性が求められると共に、安定した運転が不可欠である。小菅隆、斉藤裕樹、石井晴乃はビームラインインターロックシステムの安定した運転の為に、システムの保守及び管理を精力的に行ってきた。更に保守性の向上やビームライン利用者の利便性の向上 [1]、開発コストの削減及び導入期間の短縮を目指した新しいビームラインインターロック [2] の開発を開始した。この新しいシステムは安全性及び信頼性を確保したうえで、保守性やコスト面においてこれまでのシステムと比べて高い優位性を持つ。又、システム設計の自動化や、ソフトウェアの自動生成の仕組みの開発により、システム導入期間の飛躍的な短縮に成功した。

更に、ビームラインを維持するためにはビームライン真空度のモニタリングが重要になるので、ビームライン真空を統合的に監視するシステム [3] を開発した。

- [1] 「タブレットを使用したインターロック集中管理システム用可搬操作パネル」
小菅隆 他、平成 28 年度 総合技術研究会、東京大学、2017
- [2] 「新しいビームラインインターロックシステムと導入の効率化」小菅隆 他、
平成 27 年度 技術研究会、高エネルギー加速器研究機構、2016
- [3] 「STARS を利用した真空計測定データの収集と活用システム」石井晴乃 他、
平成 28 年度 総合技術研究会、東京大学、2017

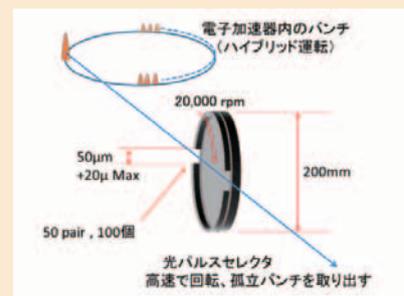


TOPIC

PF ハイブリッド運転用の光パルスセクターの開発

電子加速器は、高周波で加速するという性質上、電子をバンチと呼ばれる小さな塊にして周回させている。そのため一つのバンチからの放射光だけを取り出すと、紫外線～X線領域で非常に良いパルス光源となる。PF では、半周にシングルバンチ同等の孤立バンチ、残りの半周にバンチトレインを入れ、平均輝度とパルス特性を両方持たせたハイブリッド運転モードがビームタイムの一部に導入されている。このハイブリッド運転において、パルス特性を有効に生かすためには孤立バンチ部分の信号だけ取り出す必要がある。田中宏和、小菅隆らは、高真空下で高速開閉し、孤立バンチ部分から放射された放射光のみを切り出す、パルスセクターの開発 [4]、[5] を進めている。磁気ベアリングを用いた評価機では、周速 337 m/s で高速回転するシャッター部の熱負荷対策、ジッタの低減対策などを進めてきた結果、評価実験では加速器からの RF 信号に同期させて、放射光ビームを目標の 360 ns で切り出すことに成功した。今後は開閉繰り返し頻度の向上を目指して開発を進めていく。

- [4] 「磁気軸受型 PF ハイブリッドモード用パルスセクターの開発 2」
田中宏和 他、平成 28 年度 日本放射光学会、神戸
- [5] 「磁気軸受パルスセクターの温度上昇測定とその低減」今井学、
田中宏和 他、平成 28 年度 日本放射光学会、神戸

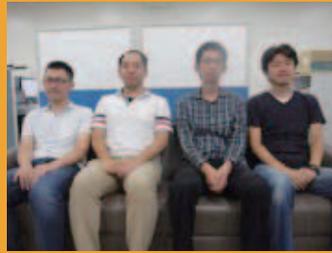


TOPIC

KEK 放射光源計画 (KEK-LS)

次世代放射光施設として、3 GeV 蓄積リング型高輝度放射光施設 (KEK-LS) 計画が機構のロードマップに掲載され、この計画の実現を目標として、新光源で必要となるビームライン技術について、開発・検討を行っている。これには技術職員および教職員のほぼ全員が参加し、レイトレースなどを用いた光学系デザイン [6]、熱負荷解析や振動シミュレーションを用いた光学素子開発、ビーム制御、真空系の開発、ビームライン設備の検討、インフラ設備の検討、安全設備の検討などを行ってきた。これらの結果は「KEK 放射光 CDR」 [7] に纏め出版した。今後、計画実現に向けてさらに必要な R & D を進めていく。

- [6] 「KEK 放射光計画におけるビームライン光学系の設計」五十嵐教之 他、平成 28 年度 日本放射光学会、神戸
- [7] 「KEK 放射光 Conceptual Design Report (CDR) Ver.1.1」高エネルギー加速器研究機構・放射光科学研究施設



中性子科学研究所（KENS）では中性子を利用した基礎物理から構造解析などの幅広い分野の研究を行っている。KENSは、東海村のJ-PARC物質・生命科学実験施設（MLF）を研究拠点としており、ここで8本（建設/コミショニング中を含む）のビームライン（BL）を担当している。KENSの2015/2016年度の所属技術職員は7名で、実験装置管理からユーザーサポートまでの中性子実験に関する各種業務を行っている。

2015/2016の主な業務

MPPC 検出器の開発

BL06 VIN-ROSE（中性子共鳴スピンエコー分光器群）向けに、MPPC（Multi-Pixel Photon Counter）を使用したピクセル型中性子検出器の開発を継続している。



最近BL06が発生させるMIEZEシグナル（時間に対して中性子強度が振動するエコーシグナル）の初観測を行い、要求性能を満たしていることを確認した。今後は実験で使用するために、諸特性の測定を行う予定である。

14 T マグネット励磁試験

BL08 SuperHRPD（超高分解能粉末中性子回折装置）において、グループ所有の14 T マグネットの励磁試験を行った。納入後初の励磁試験であったため、電気配線、各種配線・配管、各装置の配置にかなりの時間を費やした。マグネット自身が大容量であるため、液体窒素による予冷及び液体ヘリウムのトランスファーには1週間ほど必要となる。この為、実験準備を効率的に行えるようルーチン化の検討を進めており、一般ユーザーに開放するにはもうしばらく期間を要する。オンビームによる励磁実験を行い、バックグラウンドが低く高いクオリティのデータを収集することが出来た。現在、その詳細な解析を進めている。

40 試料装填タイプ自動試料交換機の導入

BL21 NOVA（高強度汎用全散乱装置）では、将来的な加速器ビームパワーの増強に対応するため、40試料の装填が可能な自動試料交換機（40SC）を導入した。40SCはロボットアームによって試料を回転テーブルから取り出し、昇降エレベーターに設置後、中性子照射位置まで輸送する機器であ

る。試験での動作は順調だったが、最初中性子照射試験において試料を脱落させるトラブルが発生した。原因究明の結果、真空槽に40SCを設置するとフランジ部材がわずかにたわみ、ロボットアームの軌道が想定より2 mm程ずれ、試料キャップを引っ掛けることが判明した。このずれを修正することで、試料の脱落は無くなった。



ビームラインの建設

BL23 POLANO（偏極中性子散乱装置）の建設が行われ、ビーム輸送ライン機器設置、大型真空槽への検出器設置、データ集積システムの構築、PPS



（Personal Protection Systems）インタロックシステム設置などを行った。各種検査を受け2016年度よりビーム受け入れを開始した。現在は検出器調整や偏極装置組み込み準備などのコミショニングを行っている。

計算環境の監視

中性子科学研究所では、測定データの収集、保存、解析のために、およそ80台のサーバーを運用している。これらのサーバーの効率的な運用や、健全性の確認のために、Zabbixによる統合監視環境を構築した。

TOPIC

高位置分解能な二次元位置敏感型中性子検出器システムの開発

中性子を 1 mm 以下の高位置分解能で検出することは難しく、通常は大規模なシステムになる。唯一、KENS-DAQ グループで開発した RPMT システムが簡易システムとして普及している。しかし、これに使用する二次元位置敏感型光電子増倍管 (PMT) が 2016 年 3 月で製造中止になったため、代替器としてフラットパネル・抵抗型 PMT (FRP) 検出器システムを開発した。

RPMT システムは、浜松ホトニクス社が販売していた二次元位置敏感型 PMT (R3292 か R2486) と中性子シンチレータで構成される。丸型で大型な PMT で、アノード側に 2 次元に 28 本か 16 本のワイヤーが張っており、各軸で独立して位置が求められる。一方、FRP システムは汎用品のマルチアノード型 PMT (MA-PMT) を抵抗アレーでつないで 2 次元データに分離して使用する。

図 1 に 8 × 8 配列の MA-PMT と開発した FRP アンプ基板を示す。このアンプ基板により、RPMT 検出器と同等の信号を出せるようにした。この結果、図 2 のように FRP アンプ以降は RPMT 検出器システムと同じ処理用機器と制御ソフトウェアが使用できるようになったので今までの資産がそのまま使用できる。

図 3 にカドミウム文字マスクした FRP システムの 2 次元データを示す。中性子を通さないカドミウムの影が非常に良く見えている。5 mm 間隔に照射していった時の測定位置の最大ずれ幅は 0.4 mm で、約 0.5 mm 径のビームサイズでの位置分解能は X 軸で 0.83 mm、Y 軸で 0.89 mm であった。RPMT と FRP システムは、

KEK の技術を KEK ベンチャー企業である BBT (株) からの技術移転を受けることで、どの企業でも製造可能である。
中性子科学会誌「波紋」2017 年 2 月号 p8-11、総合技術研究会 2017 東京大学、口頭発表 O03-06

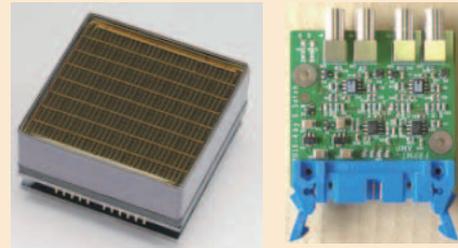


図 1 8 × 8 配列の MA-PMT と FRP アンプ基板

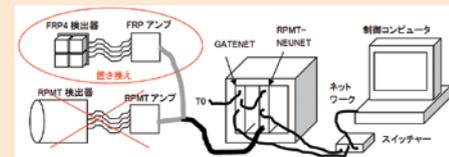


図 2 RPMT と FRP が同じ読み出し回路が使用できる

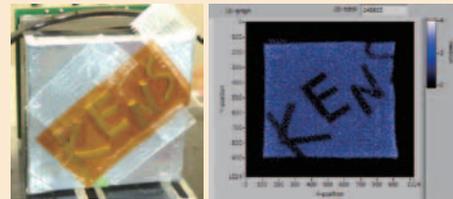
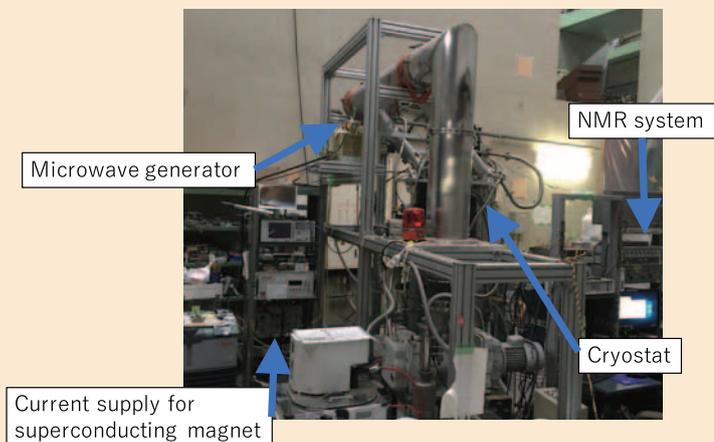


図 3 カドミウム文字と 2 次元データ

TOPIC

動的核偏極装置の立ち上げ

中性子はスピンをもっており、スピンの向きのそろった偏極中性子ビームをその偏極方向を変化させて物質に照射することでその物質の内部磁場分布の情報を得ることが出来る。偏極中性子ビームを生成する一つの方法としてスピンの向きのそろった陽子を含む物質に偏極していない中性子ビームを照射する方法がある。この方法に必要な物質中の陽子スピンを偏極させる方法として動的核偏極と呼ばれる低温・強磁場とともにマイクロ波を利用する手法があり、この手法で陽子を偏極させる装置の立ち上げを行った。装置テストのため陽子を含むポリエチレンに不対電子を含む TEMPO を混入したフィルムを作成した。このフィルムを液体ヘリウムに浸し、その液体ヘリウムを大排気量のポンプで減圧することで 1 ケルビンまで冷却し、超電導磁石を利用することで 5 テスラの磁場を印加し、この状態でフィルムに含まれる陽子のスピンを 213 メガヘルツのラジオ波の吸収度から偏極度をモニターできることを確認した。その後、140 ギガヘルツのマイクロ波を照射することで陽子偏極度が約 40 パーセントにまで到達し、装置が期待通り動作することが確認できた。



物質構造科学研究所

ミュオン科学研究系

http://msl-www.kek.jp/imss-engineer/imss_muon.html

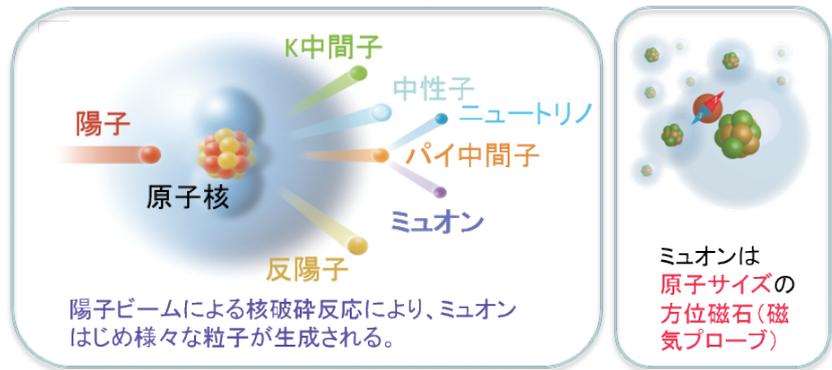


ミュオンとは、地表に降り注ぐ宇宙線の中で最も多く、毎秒 10 個以上が体を通り抜けている素粒子のこと。電子と同じレプトンと呼ばれる素粒子グループの一種で、質量は $106 \text{ MeV}/c^2$ (メガ電子ボルト) である。粒子・反粒子で正負電荷のものがあり、正ミュオン・負ミュオンと呼ばれる。原子核をバラバラにできたパイ中間子が自然崩壊してミュオンができる。発見当初は湯川秀樹博士が予言した中間子と思われた事でも有名になった。自然界のミュオンは火山透視や原子炉の透視などで活躍しているが、検出できる数が少ないため大きな構造物なら解析に数か月以上を要する。しかし、加速器を用いることにより高密度のミュオンが生成でき、様々な物性実験を効率的に行うことができる。

新たなサイエンスとして

ミュオン科学研究系は、世界に先駆けてパルス状ミュオンビームの発生に成功 (1980 年) して以来、国内唯一の中間子工場としてスタートし、その後、大強度陽子加速器施設 (J-PARC) に活躍の場を移した。2009 年には J-PARC に初めてのミュオンをもたらし、2012 年に世界最高強度のパルスミュオンを発生させた。

これにより J-PARC ミュオンは、次世代のフロンティアの幕開けになるとともに、様々なサイエンスを新たに創出するものと期待されている。



技術職員の業務

<ビームライン電磁石系> : (ビームライン電磁石・電源の開発保守)

J-PARC に建設された直径 150 m の陽子シンクロトロン (RCS) から出射された 30 億電子ボルト (3 GeV) の陽子ビームは、中性子やミュオンを発生させて実験を行う物質生命科学研究所 (MLF) と 50 GeV まで加速する直径 500 m のメインリング (MR) へと分岐される。

RCS の出射点から MLF に至る約 320 m のビーム輸送ライン (3NBT) 上には、ビームを水平及び垂直方向に曲げる偏向電磁石、ビームを収束させる四極電磁石等、合計 108 台の電磁石が設置されている。これらの電磁石は 3 次元磁場解析によって、磁極形状等に様々な工夫が施され、広い範囲で均一な磁場が出せるように最適化されている。また、3NBT 下流のミュオン標的付近では粒子の散乱や二次粒子の生成等により高い放射線が発生するため、放射線に対して高い耐久性を有すると共に故障した時の交換が遠隔で行える機能が施されている。

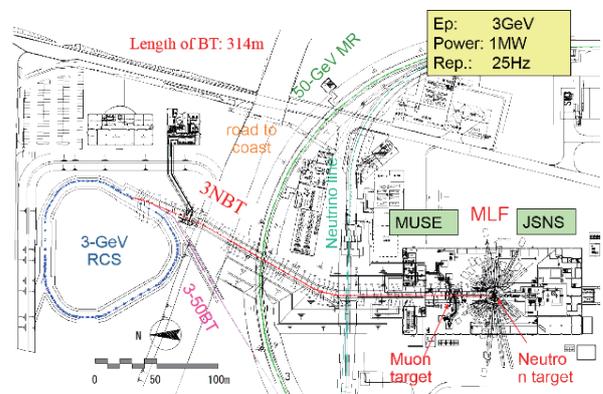


図 1 J-PARC 加速器・ビーム輸送系全貌

J-PARC MLFにおいて、1 MW の大強度運転に向けた水銀ターゲットのピッチング損傷軽減対策のために、非線形オプティクスによるターゲット位置でのビーム強度分布を均一にする平坦化が必要になった。

ビーム平坦化を実現するには八極電磁石 (Octupole) を既存のビームラインに挿入する必要があり、電磁石には小型化と強磁場勾配 (800 T/m) が求められた。現在、当該電磁石によるビーム平坦化が実現されている。

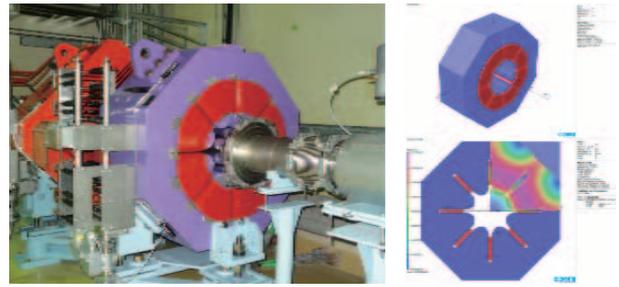


図2 3NBT 下流に設置の Octupole とその磁場解析モデル

<ミュオン標的系>：(ミュオン生成標的系の開発保守)

光速度近くまで加速した陽子をミュオン標的系に照射してミュオンを人工的に生成している。陽子ビームがミュオン標的に衝突するとき、パイ中間子だけでなく、熱と中性子などの放射線も同時に発生し、その熱や放射線は陽子ビームラインにも大きな影響を与える。そのため、ミュオン標的や陽子ビームラインは、この熱と放射線の影響を入念に考慮して設計されている。

陽子ビームにより発生した熱は除去 (冷却) する必要があり、2008 年 9 月より冷却水配管を埋め込んだ銅フレームを黒鉛材の周囲に配置した固定標的による運転を開始した。黒鉛と銅では熱による膨張の仕方 (熱膨張係数) が大きく異なるため、その境界に大きな力がかかる事が予想された。そのため、ちょうど中間の熱膨張係数を持つチタンを二つの物質の境界に挿入し、その力を低減化する事に成功した。固定標的は 2014 年 9 月まで一度も故障することなく、パイ中間子を作り続ける事ができた。但し、固定標的を使い続けた場合、陽子ビーム強度が増強 (加速される陽子数が増加) するに伴い、黒鉛材が陽子ビーム照射によって損傷を受け、劣化すると予想される。そのため、黒鉛製のドーナツ状のリングを回転させ、陽子ビームの当たる場所を変えることによって損傷を分散させて寿命を延ばす事を可能にする回転標的を開発した。

回転標的の場合、黒鉛の寿命は大きく延びるが、回転部分を支持する軸受の摩耗が標的の寿命を決めると考えている。軸受の潤滑剤には、真空中で使用可能なことと放射線の影響に強いことが求められ、通常のグリースを用いることができないため、固体である二硫化タングステンを用いて長寿命化が図られた。2014 年 9 月に導入された回転標的は、2017 年 4 月に至るまで交換することなく運転を継続している。

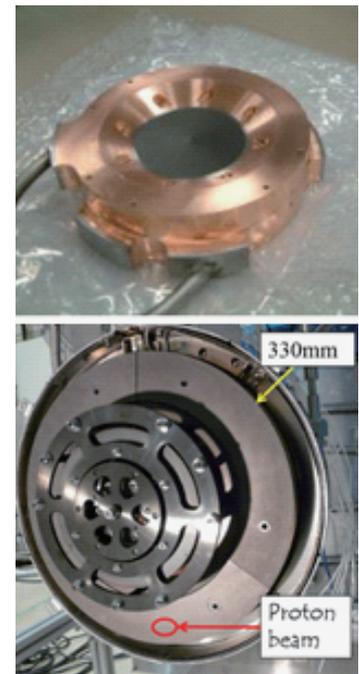


図3 ミュオン標的 (上：固定標的、下：回転標的)

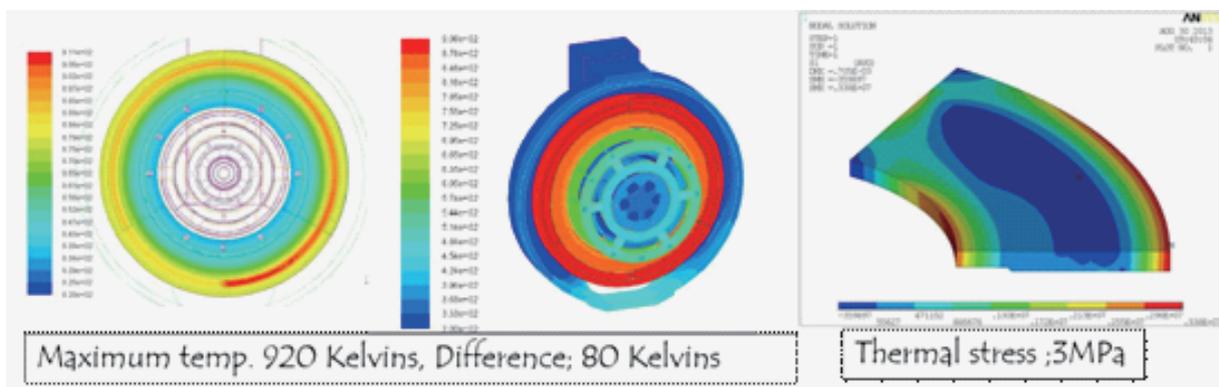


図4 ミュオン回転標的の熱負荷設計 (有限要素法)

<超低速ミュオンビーム輸送系>：(超伝導ビーム機器開発保守、ビームコミッショニング)

加速器施設で最も物性実験に使用されている正ミュオンは、運動エネルギーが高く、ほぼ単色 (4 MeV) である。これに対し、超低速ミュオンビームは、数 eV から 100 keV くらいの低エネルギーで、その範囲で運動エネルギーを変化させることができる。またビームサイズも直径 1 mm 以下 (従来のビームの約 1/100) まで小さくすることができる。この超低速ミュオンビームを利用することによって、これまで測定対象になり得なかった薄膜や界面をもつ物質、微小結晶等を試料とした実験を行うことが可能になる。

超低速ミュオンの生成法は、従来のミュオンビームを高温のタングステン箔の表面近傍に止め、表面から熱エネルギーで放出されるミュオニウム (正ミュオンと電子が結合した水素状原子) をレーザー共鳴イオン化により、電子をはぎ取り、熱エネルギー (~ 0.3 eV) の正ミュオンとして取り出す。この超低速ミュオンを静電場で加速・収束し、エネルギー調整をして試料に打ち込むことにより、表面・界面を調べることができる。

超低速ミュオンビームライン (U ライン) は J-PARC MLF にある 4 本のミュオンビームラインの内の一つであり、2012 年に建設が始まり、2016 年に J-PARC で初めて超低速ミュオンの生成を確認した。現在、近々のビーム供与を目指して、ビーム調整を行っている。U ラインは、生成標的から生成するミュオンを効率よく捕獲し、実験ホールまで輸送する。この輸送用電磁石には超伝導電磁石が用いられるため、極低温 (~ 4 K) まで冷却する冷凍技術が不可欠であり、また、ミュオンビーム中の不純物 (同運動量の陽電子) を取り除くため、± 400 kV を印加できる静電セパレータが必要とされる。さらに、超低速ミュオン生成用のレーザーシステムの運用や、試料として薄膜等を取り扱うため、超高真空の技術も必須である。

今後は、超低速ミュオンビームラインの下流にさらに加速するための加速器を設置し、ミュオンの波としての性質を利用して物質等の観察が行える世界初の透過型ミュオン顕微鏡の計画を推進していく。



図5 超伝導湾曲ソレノイド電磁石のインストールの様子

<レーザー輸送系>：(ミュオニウム生成標的への輸送とライマンα光の強度測定)

超低速ミュオンは、ミュオニウムを波長 122.09 nm と 355 nm のコヒーレント光 (レーザー) で共鳴イオン化することで得られる。前者はミュオニウムを 1S → 2P と励起させるライマンα光で、大気に吸収されるため真空中を伝搬させなくてはならない真空紫外光である。レーザーは一般に波長が短い方が難しく、ライマンα光の発生も非線形媒質や光学窓の制限があり難しいが、我々はクリプトンガス中で 2 光子共鳴四波混合を行う事で発生させている。

一方、加速器は年間数千時間稼働し、これに同期させたレーザーが必要となるため、ビームラインのレーザーは実験室のレーザーと比べ長時間のモニタリングが重要である。このレーザー輸送系で用いられる超高真空チェンバーは、差動排気計算と光線分離の光学計算を駆使して製作された。真空中では表面積を小さくした簡単な構造が要求されるが、設計時には光路に設置される装置の挿入スペースも考慮した最適化が求められた。特に、タングステン標的近くにレーザーを打ち込むミラー駆動系については、真空業者と協議を重ね、真空内には歯車のみで配線がない高耐久・低放出ガスの駆動ユニットを開発した。これによりレーザーの照射位置を超低速ミュオンの収率を見ながらステアリングできるようになり、超低速ミュオンの発生実験に大きく貢献している。

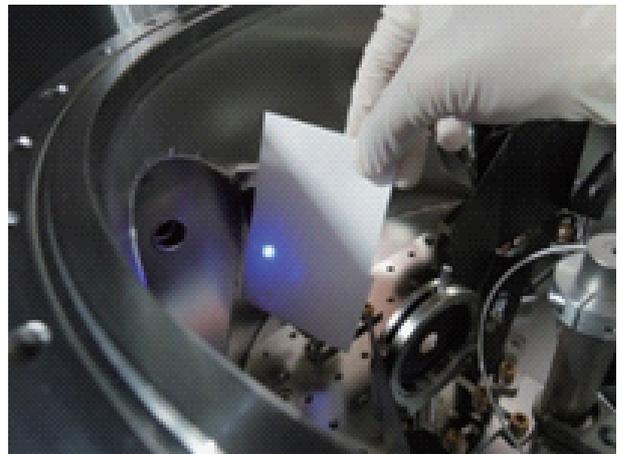


図6 コヒーレント光を精密輸送するステアリングチェンバー

TOPIC

J-PARC 初の超低速ミュオン生成に貢献

2016年2月に、J-PARC MLFのUライン(図7)において、初の超低速ミュオンの生成を確認した(図8)。これまで超低速ミュオンの開発は、30年来 KEK つくばの旧中間子科学実験施設、英国の RIKEN-RAL で進められていたが、2012年以降 U ラインに場所を移して生成実験が行われていた。既に RIKEN-RAL における生成数を越え、毎秒 500 個以上(陽子ビーム強度 1 MW 換算)を達成した。この成果を達成できた主な要因は、超低速ミュオンビームのミュオン源となる低速ミュオンビームラインのシミュレーションによる電磁場設計であった。これを基盤として低速ミュオンを超低速ミュオン生成標的まで輸送する超伝導電磁仕様を決定し最適化が行われた。

また、低速及び超低速ミュオンビームラインの設置から冷却水・圧縮空気等のユーティリティの整備、超高真空排気系制御、電磁石電流、高電圧等のビームラインコンポーネントの制御系、及び超低速ミュオン検出のためのデータ取得システムの構築などの功績も大きい。

現在は、さらなる超低速ミュオンビームの大強度化へ向けた超低速ミュオンビーム輸送のシミュレーション、コミッショニング、またビームラインコンポーネントの改良等を進めている。

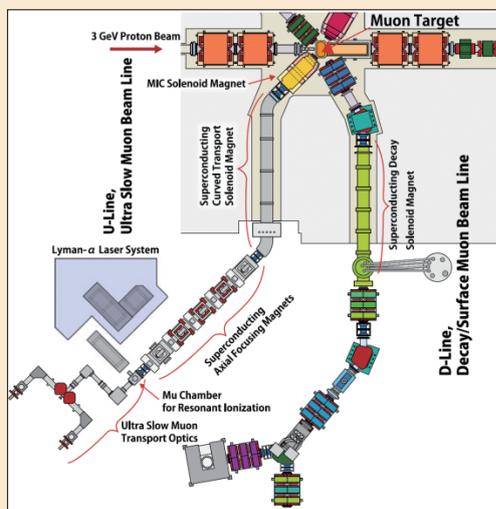


図7 J-PARC 物質生命科学実験施設第二実験ホールミュオンエリアの配置

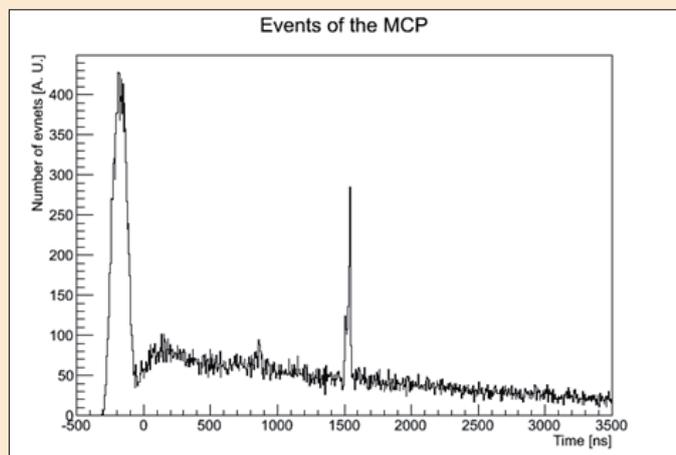


図8 超低速ミュオンの生成
2番目のピークが超低速ミュオン

TOPIC

ライマンα光の強度測定に貢献

ライマンα光の強度測定は、RIKEN-RAL では一酸化窒素のガスセルで行われていた。これは、受光面が大きく数週間以上の長時間測定に耐えるというビームライン設置に適した特徴があったためである。しかし、ディテクタの個性評価が必要で絶対強度の評価が難しいという欠点もあった。このため、真空紫外光用のフォトダイオードを選定し真空内のマウントと配線を整備した。そこで背景光の除去を行うなど測定を改良した結果、Uラインにおいてライマンα光の絶対強度を評価することに成功した。タングステン標的近くでのライマンα光強度が1パルスあたり3.6 μJに達していることが明らかになり、非線形媒質での変換効率が世界最高であることを示すことができた。成果は技術職員が共著の論文として発表された[1]。

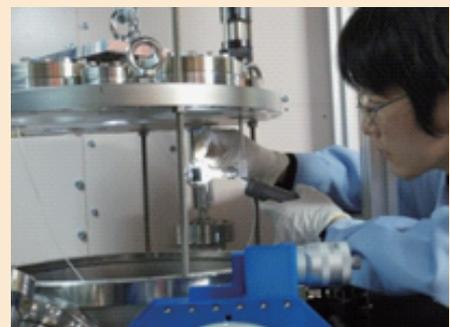


図9 フォトダイオードを真空内に設置する作業の様子

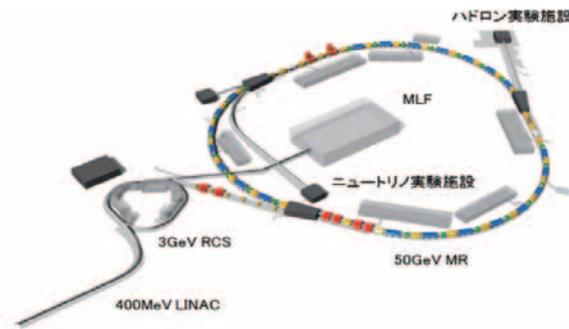
[1] N. Saito, Y. Oishi, K. Miyazaki, K. Okamura, J. Nakamura, O. A. Louchev, M. Iwasaki, and S. Wada Opt. Express 24 7 (2016) 007566

加速器研究施設

第一・第二研究系 J-PARC 大強度陽子加速器



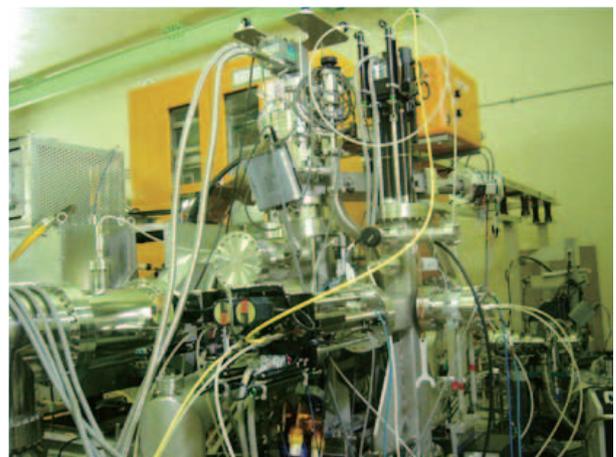
我々は、世界有数の大強度陽子加速器である J-PARC 加速器における技術的職務を担当している。J-PARC（東海村）では、生成した大強度陽子ビームの 2 次粒子を利用して、多様な物理実験が行われている。その大強度ビームを生成する加速器（LINAC、RCS、MR）では、安定な運転による信頼性の高いビーム供給と併せて、より高いビームパワーを目指した開発が進められている。加速器技術としては、ハイパワー機器、ハイパワービーム、高放射線環境下であることが、特有の条件となっている。この 2 年間には、ビームパワーが、ニュートリノ実験用ビームでは 470 kW に、ハドロン物理実験用ビームでは 42 kW に到達し、世界でも一二を争うようなトップレベルとなった。更なるビームパワー増強のため、高繰返し化の電磁石電源の開発や、高い加速勾配をもつ高周波加速空洞の開発と実製作がスタートした。また、大強度化とともにビームロスの低減が必須となっている。さらに、運転開始から 10 年程になる機器の効率良いメンテナンスを行うことも大事である。これらの大強度化のための難題に対処する為に、これまでの経験を生かしつつ、更なる創意・工夫により克服する事を目指している。



LINAC・イオン源グループ

イオン源は J-PARC で加速する陽子ビームの元となる大強度負水素イオンビームを発生させる装置である。本機は運転維持などの地道な日課作業と、試験装置により確認された試験結果を反映させることで 100% 近い稼働率を実現している。

具体的には、実機イオン源ではビーム信号からの 2 MHz 高周波電力のフィードバック制御とセシウム供給バルブの自動開閉制御を行うことでビーム変動を低減化させた。RFQ 試験装置では再整備を行い、RFQ での 50 mA のイオンビーム加速実証試験、ビームスクレーパによる不要ビームカット試験などの LINAC ビーム高品質化のための試験、イオン源の性能確認試験を行っている。またこの装置では原科研の次期計画である核変換実験施設の予備実験も行われており、3 MeV ビームのレーザ荷電変換試験に成功するなどの成果も上げている。イオン源試験装置では、イオン源及び低エネルギービーム輸送系を実機と同一構成配置に再構築した。かつ RFQ のビーム入射口部へエミッタンスモニター新規設置を行った。これにより実機パラメータを抑えるためのビーム調



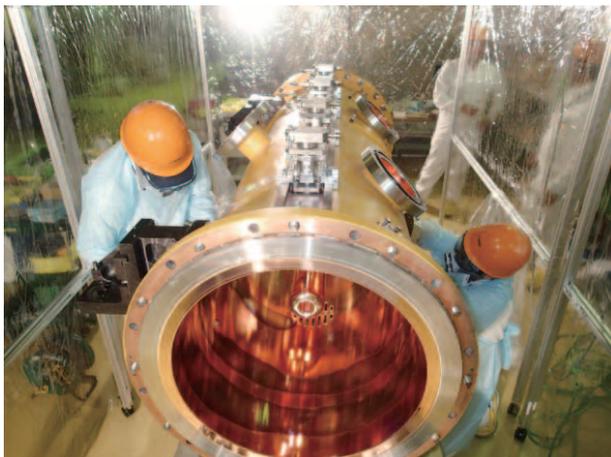
イオン源テストベンチとエミッタンスモニター：2 枚のスリットの通過粒子による空間の強度分布を測定

整ができるようになった。これら試験装置の製作は、これまでの多くの経験をもとに製作者への技術指導を行い信頼性のある装置にすることができた。

LINAC・加速管グループ

LINAC は、直線に並べた 4 種類の加速空洞 (RFQ、DTL、SDTL、ACS) で構成されており、RFQ から 3 MeV で射出したビームは ACS 出口で 400 MeV まで加速される。現在 25 Hz 周期で、ビーム電流 40 mA を加速しているが、近い将来 50 Hz、60 mA へのビーム増強が予定されており、それに向けての装置の改良が行われている。特に不要な散乱に起因するビーム品質の低下やビームロスを抑止することがポイントである。加速空洞の更なる高真空化のために、真空ポンプの増設や加速空洞のコンディショニングを行い、その効果をビームスタディーで検証している。

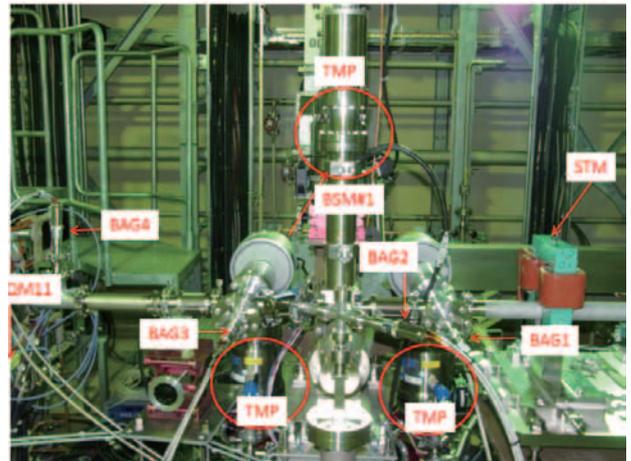
この検証において、加速空洞の一部で RF パワーが入らない不安定な領域が発生する問題が判明した。この原因は、震災で真空が破れた際に大気が流入した際に発生した空洞内部の汚れと考えられた。その対策として、夏季メンテナンス中に空洞内部の表面の清浄化を行い、脱ガスが減少され、決した。清掃方法は、アセトンで拭きその後アルコールで拭くものであった。真空圧力は、 6×10^{-6} Pa が 3×10^{-6} Pa 程度に向上した。



SDTL 加速管の内面のアセトン等による洗浄作業

LINAC・ビームモニターグループ

大強度化でのビームロスを低減させるために、ビームプロフィール測定に重点を置いている。横方向のプロファイルの測定結果は、ビームを収束・発散させる 4 極電磁石の運転パラメータ調整にフィードバックされ、また進行方向の測定結果は、加速空洞の高周波の位相と電圧の調整にフィードバックされるものであり、LINAC ビームの高度化に必須のツールである。今回、ビームの進行方向のプロファイル(位相分布)を測定する高分解能(位相分解 1°)のバンチシェイプモニタ (BSM) を INR (Institute for Nuclear Research of the Russian Academy) のメンバーと共に開発した。これにより、詳細な加速空洞の調整が可能となり、ビームダイナミクスの診断が



バンチシェイプモニタ (BSM) と真空装置群: TMP (ターボ分子ポンプ) と BAG (真空測定子: BA ゲージ) で構成される

高精度化し、ビームロスの低減につながった。当初、この BSM は真空悪化により測定できないトラブルが発生したが、これはロシアで作られた SUS の表面処理が不十分で、かつ切削油が落とし切れなかったことが原因であった。夏季メンテナンス期間に、オフラインで長時間の 150°C のベーキングを実施し、さらに、超高真空下でも運用できるような真空系の構築を行い、ビームライン上でもベーキング可能なシステムに改修することで解決した。

MR・主電磁石・電源グループ

メインリング (MR) の主電磁石電源の保守と加速器ビーム調整において電源パラメータの調整といった定常業務に加え、進展中のビームパワー増強計画において高繰返し化対応の新電磁石電源の開発を行っている。新電源の 1 号機は、2016 年夏にインストールされ、加速器利用運転に使用されている。その後も順次新電源への入れ替えが進められている。

この新電源における電源制御装置は全てが KEK 独自設計となっている。その中で特に、高精度電流制御フィードバック



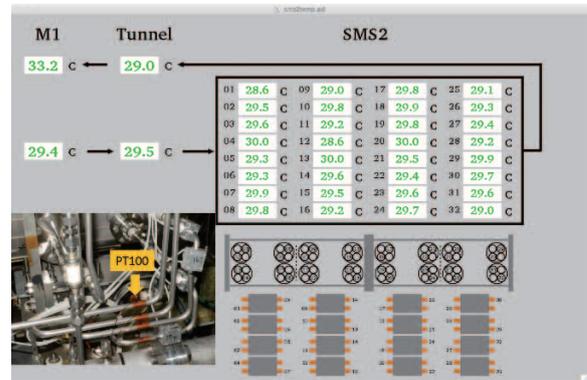
開発した新電源の高精度電流制御フィードバック部の恒温槽

ク部の恒温槽開発を仕様検討から試作機製作、実機試験まで一貫して行った。この恒温槽は新電源出力部に取り付けた DCCT から高精度に電流値を読み取るためのシャント抵抗および A/D 変換基板を格納して温度制御を行うためのものである。電源制御盤内側面へ取り付けするため 240*190*200 mm³ のコンパクトサイズとした。その特長は、温度制御対象に発熱体であるシャント抵抗を含むことである。試作では恒温槽の温度制御フィードバックに用いる温度測定点をどこに取るかを試行錯誤した。また新電源制御盤内のノイズの影響を考慮し、その制御部はパワーデバイスを含む全てをアナログ回路で構成したため、限られたパワーで効率よく温度制御を行うための恒温槽内の構造・材質を試験・評価した。その結果、電源制御盤内の本番運用環境を想定した 29 ~ 39 °C の温度範囲の条件において、電源投入後 2 時間以内に、設定値に対して 10 ppm 以内となる温度に制御できることを確認した。この高精度恒温槽は新電源一号機と共に加速器利用運転において稼働しており、今後量産する予定である。

MR・遅い取り出しグループ

セプタム電磁石

大強度ビームの遅い取り出しのための中磁場セプタム (SMS2) に温度モニターを設置した。1 台の真空容器の中の 4 台の電磁石に、それぞれ 8 系統の冷却水配管があり、その全てに白金抵抗測温体を取付け、計 32 系統の温度モニター



SMS2 の冷却水温度測定システム

TOPIC

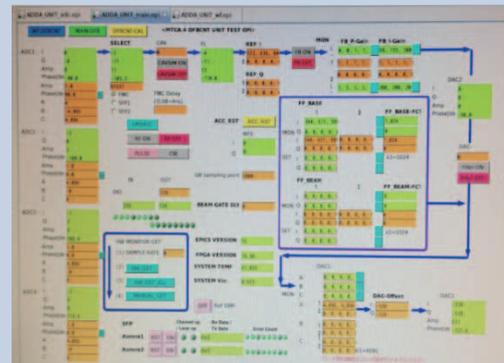
LINAC LLRF 制御システムの開発

福井佑治

新しい LLRF (Low Level RF) 制御システムの開発を進めている。現行機器 (cPCI) は導入から 10 年以上が経過し、故障した際の代替部品の入手や開発環境の維持が困難になってきており、またプログラムの改修には外部の業者を介する必要があるため、システムに不具合があった場合、迅速に対応することが難しいという問題を抱えていた。現在開発している新しい制御システムは μ TCA.4 (マイクロ TCA) に搭載された FPGA ボード、横河電機製 PLC および EPICS から構成されており、迅速、かつ柔軟にシステムを最適化するために、これらの制御プログラムの大部分を自前で開発することを目指している。

新しい制御システムの特徴としては、次が挙げられる。(1) FPGA に Zynq を採用することにより EPICS の組み込みを可能にし、システムを簡略化できる。(2) ADC、DAC の入出力チャンネル数、bit 数を増やす (4 ch \rightarrow 8 ch、14 bit \rightarrow 16 bit) ことで、より詳細にモニタすることを可能にする。(3) IF (中間周波数) のサンプリング周波数を 48 MHz (4 点) サンプリングから 96 MHz (8 点) に増やすことで RF 制御の精度を向上させることができる。(4) リングメモリを用いた MPS 発報時のスキップバック機能によりトラブル時の原因究明を容易にする。

本システムは 2019 年度から段階的に、実機に導入する予定である。



上：開発中の LLRF 制御システム用デジタイザ (試作機、写真上) と各種信号 (RF、タイミング、ゲート信号など) 中継用 BOX (写真下)。現行機に対して 1/3 程度のサイズ。

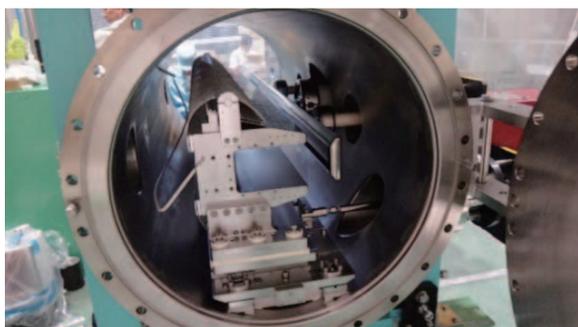
下：制御プログラムの動作確認を行う際に EPICS レコードをモニタする画面 (CSS で作成)

である。測温は PLC を用いて 0.1 度の分解能で読み取り、サンプリング 0.5 Hz でアーカイブする。セプタムがビーム近傍に位置する為、ビームの高周波による発熱や、配管内部に付着物などがある場合の冷却不良により、冷却水の温度上昇が発生する等の発熱異常とその領域を検知でき、その履歴との比較もできるようになった。

静電セプタム

ビームの遅い取り出しにおける静電セプタム (ESS) は電極とヨークに 100 kV 以上の高圧の静電場をかけて、取り出しビームだけを偏向させる装置である。ヨークに取り付けられたセプタムリボンが周回ビームと取り出しビームのセパレータとなるが、ビームのセプタムリボンへの衝突は不可避である。これによりビーム自身と散乱されたビームによる機器へのダメージと放射化が問題となり、更なるビームの大強度化では残留放射能の低減が大きな課題となる。その為に、チタン製 ESS (2 台一組) の開発と高電圧試験を行っている。初期の高圧試験では、昇圧中、電流が DC 的に電極からヨークに流れる現象が発生した。対策として電極の表面処理をバフ研磨 (#600 => #800) 後化学的な酸チタン処理を行い解決し、最高印加電圧は 140 kV (定格 104.4 kV) を達成した。また高圧試験の翌日に同様に昇圧すると、前日到達した電圧よりも若干低いところから真空の変化が生じ、エージングが必要となる。このエージング開始電圧の下がり方はアウトガスと相関があることを突き止めた。チャンバーを 200 °C でベーキングすることで、エージング開始電圧は 1 kV/day の低減率となり、SUS 製現行機の 5 kV/day から大幅に改善された。このように高静電場の安定化には、地道に基本問題に取り組みことが重要である。

また、トンネル内の ESS 現行機では、高圧ケーブルの接続部に絶縁液としてフッ素系の液体フロリナート (FC40) をクロズドサーキットにて運用している。フロリナートは温度、放電、放射線などによって分解物 (HF など) を生成するため、安全面管理が重要である。絶縁性能の維持、メンテナンス上の安全性確保のため、年に一度のフィルター交換作業と循環系の診断を実施している。2015 年には循環器に



チタン製静電セプタム

気泡が留まらないように枝管を短くするなどの配管の改良を行った。また、フロリナートの液漏れ検知を、フロートスイッチに代えて抵抗式連続液面計とし、8 mm 刻みの液面表示により増減が定量化された。

MR・システムコミッショニンググループ

早い取り出しのビームパワー増強計画における高線り返し化対応の新電磁石電源のための新営の 3 つの電源棟において、電源棟への機器配置案、ケーブル敷設案、コンデンサーバンクのコンテナ収納方法など大型機器の設置の検討と開発を行っている。

また、ビームの大強度化に伴い、必須となる高放射線場での電磁石のメンテナンスに関する開発を行った。特に MR トンネル内の入射部には、ビームハローを局所的に削るためのコリメータがあり高放射線区域である。この区域の四重極電磁石が故障した場合に迅速に交換できる手法を開発した。この交換装置では、簡便に取り付けられるレールと、その上を 10 トン近い重量の電磁石を移動させるための架台とから成る。その電磁石の交換移動方法の試験は、地上にて予備電磁石を用いて、位置決め再現性も含めて行われた。今回、開発された装置を、トンネル内の比較的放射線の低い場所にインストールした。次回はコリメータエリア内での本番インストールを行う予定である。



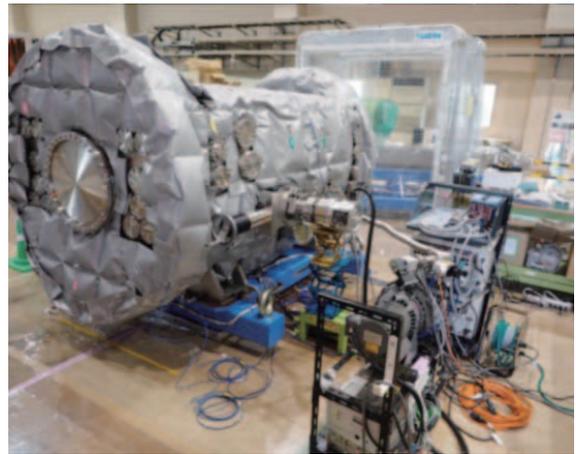
トンネル内に設置されたレール架台と四重極電磁石

MR・真空グループ

継続的な維持・管理により MR の真空環境は極めて安定している。トンネル内真空作業としては、主にビーム増強に伴う機器類、高度化のための機器類、またそれらのための改良などがあつた。主な機器としては、フライングワイヤプロファイルモニター、マルチリボンプロファイルモニター、OTR プロファイルモニター、エクステンションモニターなどのモニター機器のインストールと改修作業、RF 加速空洞増強での空洞設置作業、入射・出射キッカー、SX セプタム等の入出射関係の大電流電磁石などの設置と改修作業で

あった。また、機器やビームラインの真空リークにも対応した、周囲の装置類が放射化したトンネル環境化で、被ばくを避けるために迅速に綿密かつ無駄のない作業計画を立てて行動に移している。その経験の蓄積が、次の機器設計や設置計画、及び作業に生かされている。トンネル内の真空作業の基本的な流れは、作業前後のゲートバルブによる作業区間の仕切り、窒素を大気圧まで導入、機器の作業後に排気、漏れ試験、イオンポンプの立ち上げ、その後粗排気系のトンネル外への撤去である。真空グループ自体の作業としては真空計移設を行った。ビームの大強度化に伴いビームからのノイズ、ウェイク場によるノイズなどにより、真空ゲージのノイズが深刻な問題になる箇所があったためである。さらに、イオンゲージだけでなくコールドカソードゲージも導入し、シールド対策なども行っている。

オフラインでは、継続して高真空環境化で使用する耐放射線性の材料の試験として GFRP、PEEK ケーブル、ポリイミドケーブル等の気体放出速度測定を行っている。また、



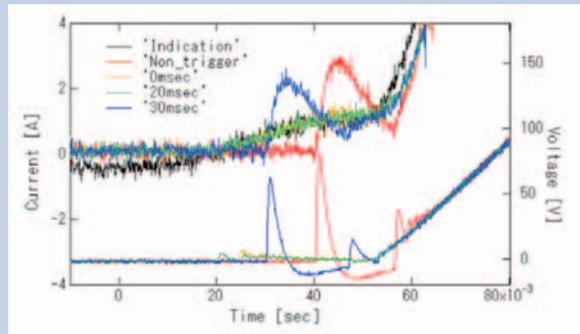
開発中の速い取り出しセプタム電磁石の全体ベーキング

大強度化のための速い取り出し用のセプタム電磁石の開発のテストベンチにおいてプリベーク処理による気体放出低減の試験を行い、所定の効果を得た。

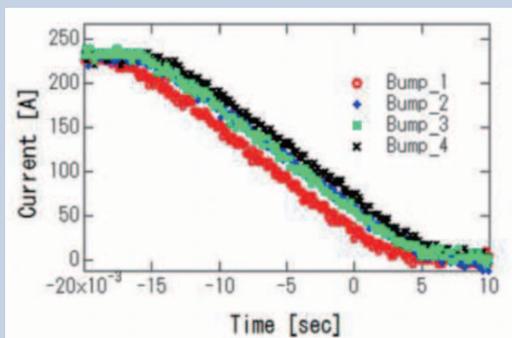
TOPIC

MR・遅い取り出しバンブ電磁石 柳岡栄一

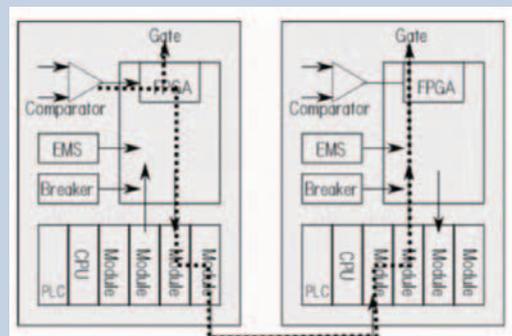
ビームの遅い取り出し (SX: Slow Extraction) に用いるバンブ電磁石用電源では、EQ 電磁石 (Extraction Q Magnet) の電流値から計算された 200 ~ 300 A 程度の電流をリアルタイムに制御している。この制御の開始当初は、動作することを第一にシステムの構築をしてきた。最近では制御方法を高度化させ、安定に制御するために電流パターンや、パターンを知らせるトリガータイミングの調整を行っている。電流指示値の立ち上がりトリガーの関係によっては、不安定な電圧が発生する。また、バンブ電磁石は 4 台で軌道を作っているが、1 台でもトリップすると大きなビームロスが発生させてしまう。それを防ぐために電源の PLC をつないで電源を改造せずにトリップの追従システムを作った。



バンブ電磁石の実電流 (トレース上部) と発生電圧 (トレース下部)。指示電流値は、黒のトレースである。指示電流値の立上りとトリガーを合わせたのが 0 msec で電流の追従性が良い。



トリップ試験。Bump_1 をトリップさせた場合の Bump_2、3、4 の追従性。4ms 以下の追従が確認された。



高速 PLC モジュールによるトリップ信号の連結。

MR 制御グループ

加速器構成要素の制御とデータ収集等を各グループと連携して行っている。この期間は、特に Trim-relay 切り替え装置の制御に取り組んだ。この装置は MR 主電磁石である四極電磁石 216 台と六極電磁石 72 台に取り付けてあるトリムコイルの用途をリレー回路で遠隔に切り替えるもので、1 台当たり 4 種類で合計 1152 個のリレーの ON/OFF を制御する。トリムコイルは 4 種類の用途をもち、用途に応じて組み合わせて使用する。もし操作のミスで異なるパターンを選択された場合でも、連動して他の Relay が OFF になる仕組みを EPICS で構築し、安全性を確保し、次の 4 種の用途を安全に同居させることができた。その用途は、加速中のリップルノイズ除去・Beam-Based-Alignment のスタディー・フラックスモニター・電磁石個々のばらつきなどを補正するためのハーモニック補正である。



Trim-relay 切り替え装置

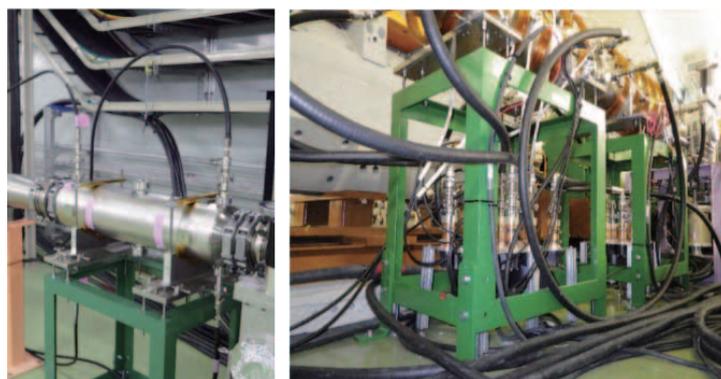
MR・ビームモニターグループ

大強度陽子ビームのためのビーム診断を専門的に行っている。特に、ビーム不安定性の抑制のための、ビームフィード

バックシステムの開発と運用に重点を置いている。システムはビーム検出器とビームへのキックを与えるフィードバック装置（エキサイター）からなる。ビーム不安定抑制の高度化において、ビームバンチ内の不安定をフィードバック（Intra-Bunch Feedback）するシステムの開発を継続して行っている。扱う周波数がより高周波になることが特徴である。そのため、入射部下流に設置されたビームエキサイター 1 の Vertical 用空洞を、従来の長電極（1.5 m）の物から、短電極型（0.77 m）の約半分のサイズのものに置き換えた。これにより、周波数特性においてキック力がゼロになる節が 100 MHz から 200 MHz になり、アンプの帯域（100 k ~ 100 MHz）全域で効果が発揮できるようになった。この電極には電子放出抑制のためにダイヤモンドライクカーボン（DLC）をコートした。DLC は、取出し部下流のエキサイター 2 ですでに採用されており、懸念されてきた大強度陽子ビームとのビーム衝突などによる劣化の心配のないことがわかってきたため、今回の電極へのコートにも採用した。

また、エキサイター 2 の Horizontal 空洞では配線切替のリモート化を行った。この空洞は、利用目的に合わせて単空洞（速い取り出し運転時）と 3 空洞連結（遅い取り出し運転時に横方向の高周波をビームに与える Transvers RF モード）の切り替えを行う必要があるためである。従来この切り替えはトンネル内に入域して手作業で行っており、放射化したトンネルの空気の入替えなどを含めて計約 5 時間の作業時間が必要であったが、リモート化で大幅な作業時間の短縮が出来た。採用したのは大電力（3 kW）対応の同軸型 RF 切替器（日本高周波 CSA-20DW-2006P）で、AC200 V サーボモーター内蔵で地上部からリレーで通電を制御している。

更に 3 空洞連結時にビーム入射時の RF 位相が 3 つの空洞において一致する様にケーブル長を調整することで、Transvers RF の効率を向上させることができた。その結果、運転時の入力パワーを約 1/4 まで削減できた。



左：短電極型のエキサイター 1 内部は、DLC コートされた。
右：3 空洞連結運転モードのためのリモート切替装置のついたエキサイター 2

加速器研究施設

第三・第四研究系 SuperKEKB



第三研究系



第四研究系

SuperKEKB は KEK つくばキャンパスの地下 11 m・周長 3 km のトンネル内に、電子リング (HER) と陽電子リング (LER) を並べて設置した電子陽電子衝突型加速器である。前身である KEKB の運転が 2010 年 6 月に終了し、SuperKEKB への改造が進められた。2016 年 2 月から SuperKEKB としての最初の運転 (Phase 1) を同年 6 月末まで順調に行った。2018 年 2 月から予定されている次の運転 (Phase 2) では、ダンピングリング (DR) 機器や Belle II 測定器の調整を行い、Phase 3 からは設計値である従来の 40 倍のルミノシティ達成を目指した長期的な運転に入り、同時に未知の物理現象探索に向けた実験も開始される。

加速器第三・第四研究系の全 23 名の技術職員はこのプロジェクトを達成する為、加速器の維持・管理と共に、更なる性能や安定性の向上を目指して取り組んでいる。

加速器第三研究系

RF (高周波加速) グループ

現在 4 名の技術職員が、常伝導加速空洞、クライストロン電源および大電力周辺機器の各グループに在籍している。更に複数の系で構成されるビームコミッショングループにも 1 名が兼任で所属している。他に超伝導加速空洞とローレベル制御グループで構成されている。

○常伝導加速空洞

SuperKEKB 常伝導加速空洞 (アレス空洞) の Phase 1 運転前準備と運転及び Phase 2 に向けた準備を行ってきた。

・メインリングにおける Phase 1 運転前の準備

大穂直線部 D4 側の 4 空洞に SuperKEKB 用結合度増強型入力結合器 (新カブラ) を取付け、新設した 2 空洞への結合空洞減衰器 (C ダンパー) を取付けた。D5 側の 6 空洞には C ダンパーを取付けた。富士直線部では全空洞の入力結合器



大穂直線部 D4 側のアレス空洞



大穂直線部 D5 側のアレス空洞

の結合度測定を行った。D8 側 D 空洞には新カブラを取付けて結合度測定を行った。これらの真空機器の脱着に伴う真空試験を実施しながら、常に全空洞の真空度管理と全真空排気機器の管理を行なっている。

大穂・富士両直線部の全空洞の流量計の点検及び不具合品を交換した。大穂直線部では空洞の一部のタービンメータ流量表示器を副通路に新設した。さらに全空洞のアライメント確認を行なった。

・メインリングにおける Phase 1 運転前後

Phase 1 運転前にアレス空洞の大電力 RF コンディショニング (大電力試験) を実施した。その試験中に D8-D 貯蔵空洞において真空圧力異常が発生した。運転後の原因調査、対策後に大電力試験を行い、運転に使用できる事を確認した。Phase 1 (H28 年 2 月 1 日～6 月 28 日) 運転中に入力結合器冷却水用チラーの流量低下で運転停止が数回発生した。原因がチラー水槽の密閉度の悪さに起因していると判断し、現在水槽密閉化の為に試験及び対策を進めている。

・メインリングの Phase 2 に向けた準備

高周波窓用セラミックの供給元のメーカーのメタライズ事業の撤退に伴い、他社製セラミックの特性調査等を行なった。また高周波窓交換型入力結合器を試作し、現在その試作器の大電力試験の準備を進めている。

・陽電子ダンピングリング (DR) 関係 (Phase 2 の準備)

DR 用加速空洞 2 台 (1, 2 号機) を DR トンネルへ設置し、空洞用周辺機器 (HOM 導波管、入力結合器、真空排気機器、冷却水配管、計装機器配線等) の取付けを行った。両空洞をアライメントしながら連結し、真空試験を行った。この 2 空洞構成で大電力試験を行い、空洞性能を確認した。[TOPIC 1 参照]

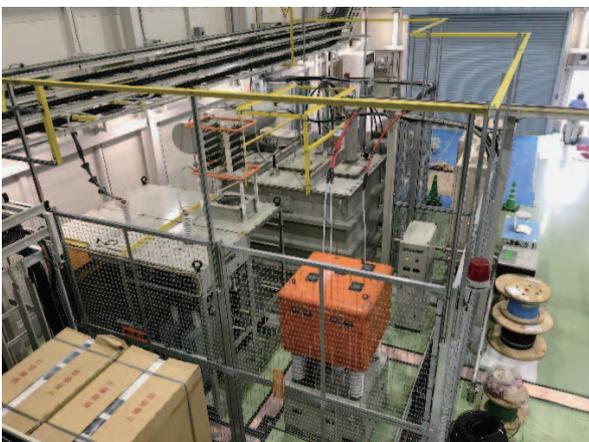
更に Phase 2 の運転において、DR 用加速空洞が 3 台必要と判断された場合に備え、Phase 3 の運転に間に合わせる為に、DR 用加速空洞零号機の性能確認の為に大電力試験を行った。

○大電力 (クライストロン) 電源

SuperKEKB は 2016 年 2 月から 6 月まで Phase 1 の運転を行った。クライストロン電源は問題なく立ち上がり、この間大きなトラブルもなく順調に稼働した。Phase 1 終了後のメインリング (MR) に関しては、新たな増強は無いので通常通りの保守点検を行っている。

Phase 2 に向けては陽電子のエミッタンスを小さくするために新たに設置されるダンピングリング (DR) の準備を始めた。

DR の 2 空洞への高周波源として 509 MHz のクライストロン一本を使用する為、その電源の準備を 2015 年度から開始した。電源の制御盤は新たに製作したが、それ以外の装置 (受電盤、変圧整流器、IVR、ヒータ・アノード電源、集束コイル電源、クローバー盤) は、大穂 D4 電源棟で不要になったものを移設した。2016 年の 12 月にはクライストロンとそれに伴う大電力系の準備も整ったため、クライストロンに高圧を印加し試験を行った。その後、ダミーロード負荷において 100 kW の RF 出力で機器の調整を行った。



DR クライストロン用電源

2017 年度には DR 加速空洞に RF を供給し、エージングを行い、DR のビームコミッショニング開始に備える予定である。

○大電力機器、設備

SuperKEKB の電子、陽電子ビームにパワーを供給する RF ステーション (クライストロンを中心とした大電力高周波デバイス群及びこれらを連絡する WR-1500 導波管、冷却水設備、熱交換器、各種制御盤、計器類等) の運転、維持を行っている。

KEKB の運転終了以降、メインリングの一部の電源棟のクライストロン増設や各高周波機器の増強及びこれらに伴う各種設備工事は予定通り進捗し、Phase 1 運転開始以降大きなトラブルは起きていない。また Phase 2 開始までの停止期間中には通常のメンテナンスと併せ、老朽化している機器については交換や故障時の対策を一部実施している。

Phase 2 から運転が始まるダンピングリング (DR) の電源棟には新たな RF ステーションを構築した。担当職員にとっては、新築の建屋に設置するまったく白紙からの作業であったが、メインリングの電源棟のスタイルを踏襲しつつ、一部機器の新規製作や全体のレイアウトの検討など、設計段階から行った久しぶりのケースとなった。



DR 用空冷式熱交換機 (AFC) の屋外設置工事

真空グループ

SuperKEKB 建設に伴う真空機器の設置及び立ち上げを 5 年半かけて完了し、2016 年 2 月から 6 月末まで Phase 1 のビーム運転が行われた。最大ビーム電流 (LER@1010 mA, HER@870 mA) でも真空システムは重大な故障は無く、概ね順調に稼働した。現在 Phase 2 の物理実験に向け、衝突点や入射部付近の改造およびコリメータの製作・設置等の作業が進められている。

2015 年からは、陽電子ダンピングリング (DR) 用の真空ダクトの受け入れ作業 (TiN コーティング、ベーキング) を大穂実験室内の専用エリアで開始し、現在も DR トンネル内の真空機器設置や真空立ち上げ作業が進行中である。又それに付随する真空コンポーネントの製作や、制御システムの構築も進めている。SuperKEKB 加速器の運転再開は 2018 年 2 月、陽電子ダンピングリングの運転開始は 2017 年 12 月の予定で進められてきたが、DR は 2018 年 2 月に運転が始まり、SuperKEKB は 2018 年 3 月には運転できるよう準備している。

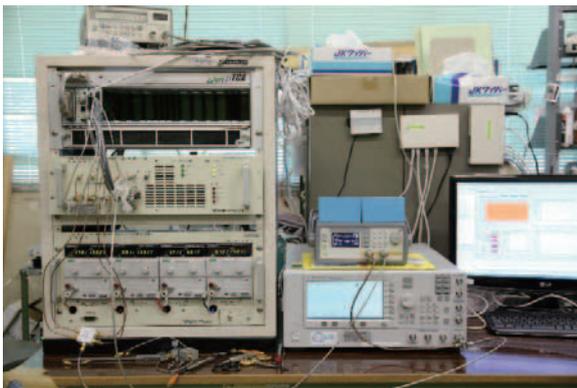
加速器第四研究系

ビームモニターグループ

SuperKEKB のビームモニターグループには、4 人の技術職員が在籍し、衝突実験に必要なビーム軌道を測定する為の BPM（ビーム位置モニター）を設置している。又、BPM からの電気信号を処理してビーム位置を正確に特定する為の電子回路開発や関連装置の開発及びその設置等の職務を担っている。

SuperKEKB 加速器が Phase 1 の運転を終了し、次のステップである Belle II 検出器がインストールされた Phase 2 の運転開始に備え、SuperKEKB トンネル内の BPM 関連の点検整備と制御室に設置している BPM 測定回路機器の点検整備も随時行っている。

Phase 2 では筑波実験棟の衝突点において、衝突点（IR）フィードバック BPM と呼ばれるルミノシティ向上に向けた BPM 測定回路を新たに使用開始する。BPM 信号処理回路に Libera を用いたビーム軌道振動測定モニターの準備も整った。BPM 変位計においては、Phase 1 の運転後に見つかった不具合や回路の破損部品の交換を全数行いリング内に戻した。[TOPIC 3 参照]



IR フィードバック BPM



BPM 変位計

又、放射光モニター（SRM）や X 線モニター及びビームフィードバックシステムをリング内に準備した。更に、ダンピングリングの BPM 関連の整備も順調に進んでおり、BPM

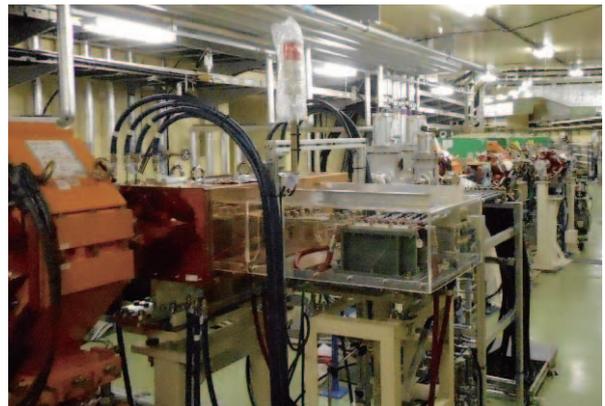
の設置位置の測量を経て準備完了となる。

このようにビームモニターグループでは、加速器の休止や運転に関わらず、BPM の高精度で安定した計測の為に、関連の装置や測定方法及びその解析等の技術向上を常に行なっている。

ビーム輸送（BT）グループ

BT グループは、電子陽電子入射器（線形加速器）から SuperKEKB メインリングへのビーム輸送を担当している。ビーム輸送では電磁石やビームモニターに加え、BT グループに特徴的な機器としてセプタム電磁石、キッカー電磁石等の装置を設置している。ビーム輸送を安定して、かつ効率的に行う為にこれらの機器の維持や運転管理を行なっている。

近年はそれらの業務に加え、陽電子ダンピングリング（DR）、及び線形加速器から DR へのビーム輸送路の建設を進めている。そのために必要な各種装置の設計・評価・受け入れを進め、その設置やインターロックシステムの構築等を Phase 2 の運転開始に向けて行なっている。



DR トンネルに設置中の機器

マグネットグループ

SuperKEKB 主リングは、2016 年 2 月から 6 月までの Phase 1 運転においてビームの周回調整を行った。軌道補正のデータから主リングの周長が精密に分かるので、電磁石の位置測量データの解析結果から求めた周長予想値と比較して、2 mm 程度の誤差で一致していた。また LER と HER の周長の差は約 0.2 mm であった。これは両リング合わせて 2000 台以上ある電磁石の測量及びアラインメント作業・データ解析が非常に正確であったことを示している。Phase 1 運転中の電源や冷却水システムのトラブルも少なく、主リング電磁石システムが安定して運転できた事は、Phase 1 に於ける円滑なビーム調整に貢献した。

電源関連の技術貢献の一例に、SuperKEKB で新規製作した偏向電磁石電源がある。Phase 1 で達成された電源安定度は 1.3 ppm / 週であり、これは KEKB 偏向電磁石電源での実

績 20 ppm/ 週からの大幅な向上である。マグネットグループではこのような電源技術の開発や、高ルミノシティ達成に欠かせない精密磁場測定などにも積極的に携わっている。

Phase 2 に向けては、衝突点近傍を中心とした改造工事が進行中である。超伝導電磁石 (QCS) の据え付けを行い、電源接続用に床面に開けた穴にホロコンダクターを通し、冷却用の純水冷却水の配管も設置が完了した。



電磁石アライメント作業終了後の記念写真

超伝導マグネットグループ

本グループは、SuperKEKB の運転開始に向けて性能を増強したビーム衝突点用超伝導電磁石 (QCS マグネット) を開発している。QCS マグネットは衝突点を挟んで 2 台のマグネット (QCSL, QCSR) があり、それぞれ複数の超伝導 4 極電磁石、補正ソレノイド及び補正コイルから構成され、最終的に衝突点でビームを約 50 ナノメートルまで絞り込む役割をする。

QCS マグネットの製作と並行して、KEK でも随時各電磁石の性能試験を行い、健全性を確認していった。また筑波実験室においては冷凍機の新設が行われた。その他に、QCS マグネットを安定に支持し、前進や後退を可能にするための移動架台の設計・製作・設置及びセルフレベルング工法を用いた床面の改造を行った。この QCS マグネットの開発の為

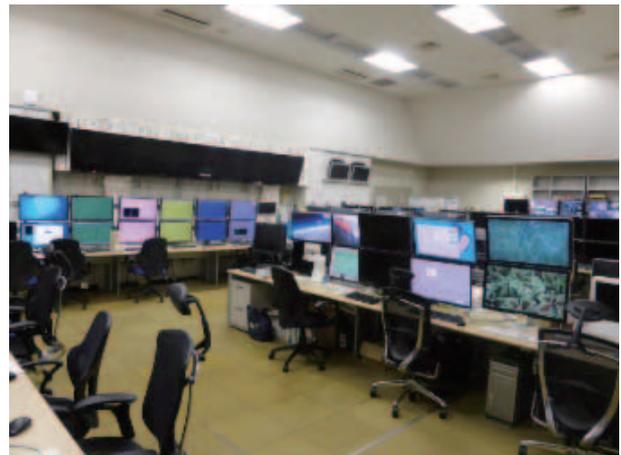
に、技術職員は QCS マグネットの形状変更に伴う 3 次元磁場解析や機械特性の把握、QCS 移動架台の設計、さらに設置床面の改良工事や振動特性の把握を行った。

これらの開発を精力的に推進した結果、QCSL は 2015 年暮れに完成し、QCSR も 2016 年度末に完成して、現在は SuperKEKB 衝突点の所定の位置に据え付けられている。

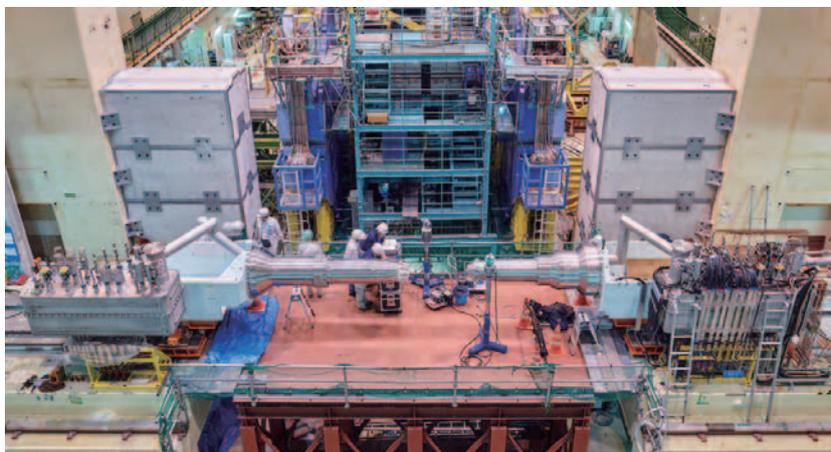
制御グループ

制御グループは、加速器の運転に必要な多数の装置を、計算機を用いて制御するシステムの構築を行っている。技術職員は EPICS (ソフトウェアフレームワーク) を用いた制御用ソフトウェアの開発のほか、FPGA 等を用いた制御回路の開発及び高速ネットワーク装置の管理や PLC と一体化して EPICS が動作する CPU モジュールを使用した制御システムの構築などを行っている。

H27、H28 年度はビームインターロックシステムやアラームシステムの整備、運転用コンソールを含めた制御室の整備が行われた。



改装後の SuperKEKB コントロール棟制御室



衝突点に据え付けられた QCS マグネット全景

TOPIC 1

ダンピングリング空洞への高周波窓間接冷却型カブラの適用について
吉野 一男

常伝導アレス (ARES) 空洞グループでは、SuperKEKB の為のダンピングリング (Damping Ring ; 以下、DR) 用空洞を開発し、Phase 2 の運転に備えた大電力試験を行って、空洞性能 (2 空洞構成で空洞電圧 1.6 MV、クライストロン出力で 350 kW) を満たしている事を確認した。

この試験においては、従来の高周波窓周囲の水路を直接水冷している入力結合器 (カブラ) に変えて、高周波窓周囲の水路には水を流さず離れた水路からの熱伝導による除熱だけで冷却する高周波窓間接冷却型カブラを加速空洞に初めて適用した。

一般に平板型高周波窓の製作は、メタライズされたアルミナセラミックス周囲に銅の薄板 (1 mm 程度) をロウ付けして行うが、このアルミナと銅の熱膨張率の違いによる膨張差を抑えてロウ付けがうまく行えるように、反対側にアルミナと同程度の熱膨張率であるモリブデンが使われている。このロウ付けした薄肉銅を水路にして水を流すのが最も冷却効率上がるのは当然だが、銅管内にモリブデンがあると銅の腐食が進行し、真空リークまで発生する事がある [1]。KEKB の運転初期にこの真空リークが発生した為、その対策として純水に防錆剤を添加して pH の低下を抑えた事で腐食の進行を抑えて無事に運転を終えたが、防錆剤や冷却水を回すチラーの管理等で結構なコストや労力が発生し、又それらのトラブルによりビーム運転の停止が起きる事もある。

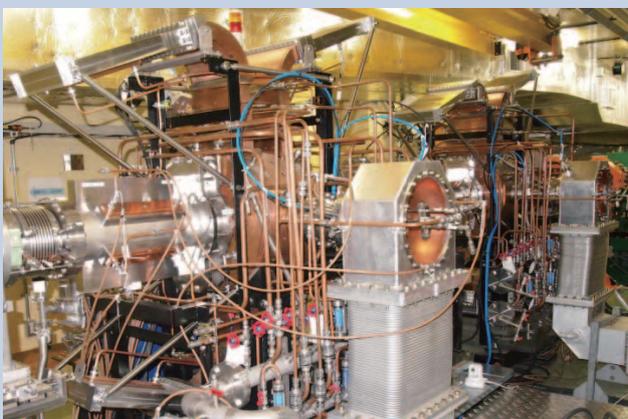
SuperKEKB の主リングアレス空洞では、これまでの KEKB 用カブラから結合度を増強したカブラを新たに製作して置き換える必要があった為、そのカブラへの適用を見据えて高周波窓間接冷却型カブラを試作した。このカブラでは間接冷却を可能とする為に、高周波窓のアルミナ材質を従来使用していたアルミナ純度 95% のものから 99.7% の高純度で低誘電損失な材料に変更した。試作機の電力試験では、SuperKEKB の仕様であるクライストロン出力で 800 kW (CW) を達成できた [2]。但し、電力を上げていく過程で 200 kW 辺りから高周波窓の発光現象が現れ始める為に、主リングアレス空洞への採用を見送った。この発光の原因は、高純度アルミナ材が低純度アルミナ材より多くの 2 次電子を放出する為だと考えている。

DR 空洞の性能として、1 台当たりクライストロン出力最大 200 kW (CW) あれば足りるので、この時に試作したカブラの使用を提案し今回の 2 空洞構成での電力試験で試した結果、上記の性能が高周波窓に起因する発光も無く達成できた。

これからのカブラを含めた水冷で使用する高周波窓の開発においては、できるだけこのチラーが不要な間接冷却型の高周波窓を製作する事が望ましいと思われる。

[1] Y. Takeuchi et al., "高周波窓冷却水路の腐食", The 14th Symposium on Accelerator Science and Technology, Tsukuba, Japan, November 2003

[2] K. Yoshino et al., "高純度アルミナ材の利用による KEKB ARES 空洞用 RF 窓の間接冷却化", TP013 加速器学会 (2008)



高周波窓間接冷却型カブラを取り付けた DR 空洞全景



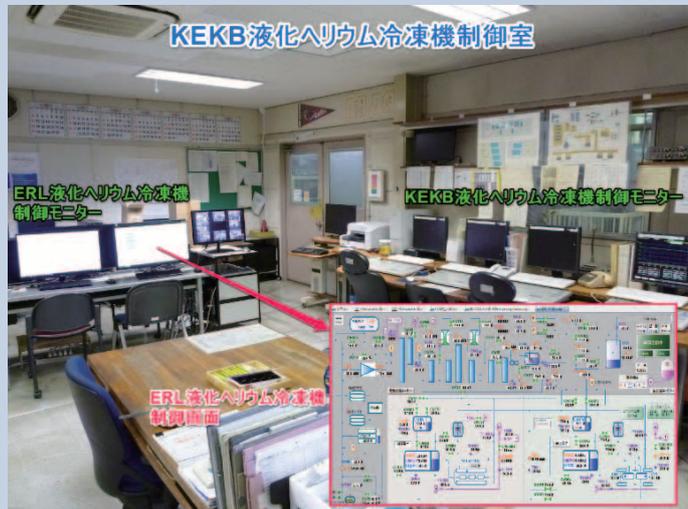
DR 空洞に取り付けた高周波窓間接冷却型カブラ

TOPIC 2

液化ヘリウム冷凍システム運転操作の集約化

KEKB・STF棟・ERL開発棟の各液化ヘリウム冷凍システム運転監視は、3ヶ所を兼任する保安係員と業務委託業者で行われている。平成29年度から計画されているSuperKEKBの長期運転が始まり、その期間スポット的にSTF棟やERL開発棟の液化ヘリウム運転を行うことを想定すると、各液化ヘリウム冷凍機制御システムがスタンドアローンのため別々に運転業務委託者を配置する必要がある、その確保が困難になることが想像された。日光MR・D10電源室にあるKEKB液化ヘリウム冷凍システム制御装置は、計器点数が非常に多く且つ安定性を考慮し石油プラントや化学プラントでも用いられる日立製DCS（Distributed Control System）制御システムを使用している。STF棟とERL開発棟の液化ヘリウム冷凍システム制御装置は、液化ヘリウム冷凍機メーカー独自の物でKEKBと同じDCS制御システムへ移行すればKEKB制御システムにリンクして遠隔操作可能になるがコスト高になる。そこでDCS制御システムは諦めてオープンソースのCSS（Control System Studio）とPLC（プログラマブル・ロジック・コントローラー）及び使われていなかった所内光ファイバーを再利用し、冷凍機グループと運転業務委託者でERL開発棟の液化ヘリウム冷凍システム制御をKEKB液化ヘリウム冷凍機制御室で遠隔操作が出来る制御システムを構築した。CSSは、オープンソースプログラムなのでコストがかからず且つ複数のOS上で動作可能で、標準的なコンポーネントが多数用意されている等の利点があり自由にシステム構築が出来る。PLCは、豊富な入出力機能を持ち入出力の種類や点数に合わせて増やせることが出来る。

平成28年の1月末からERL開発棟の液化ヘリウム冷凍機運転が始まりローカルで運転監視を行っていたが、同年2月からKEKB液化ヘリウム冷凍機運転が始まったと同時にERL液化ヘリウム冷凍機の遠隔操作をKEKB液化ヘリウム冷凍機制御室で行った。特に大きな問題も起きず少人数の運転業務委託者で2ヶ所の液化ヘリウム冷凍機の運転操作と監視を行うことが出来た。現在STF棟の液化ヘリウム冷凍システム制御もKEKB液化ヘリウム冷凍機制御室で遠隔操作が出来るようにERL液化ヘリウム冷凍機と同じ方法でシステムを構築中である。



TOPIC 3

BPM 変位計（GAP SENSOR）12年目に突入

KEKB 運転時の2006年9月からリング内設置された変位計（GAP SENSOR）は、使用開始から12年目を迎え、Phase 2に向けて改修が行われた。KEKBでは、真空ダクトに一体化されたBPM（ビーム位置モニター）が動いている可能性があるとの事で様々な調査を実施した。その結果、ビームによる発熱で真空ダクトが微小ではあるが動いていることが判明した。そこでKEKで開発した「静電容量型2CH GAP SENSOR」を六極電磁石からBPMの変位を測定する形で変位計を設置することとなった。KEKBでは、実験終了までにHERに108台、LERに114台で計222台を設置した。2010年6月にKEKBの運転が終了するまでの故障は、センサーケーブルの接触不良が2本あっただけで回路の故障はなく、KEKBの実験が終了するまで測定ができた。その後、2009年から2014年まで5年間保管され、SuperKEKBに向けてリングの改造が行われた後、2015年に再びリングにHER110台、LER108台の計218台を設置した。2016年6月にPhase 1が終了後、数台の回路に出力異常が発見され、調査の結果チップ抵抗の破損であった。その為、Phase 2までに全数のチェックと改修を行うことを決め、2017年8月までに改修と出力チェックを行い、12年目に突入した。まだまだ現役である。

TOPIC

加速器研究施設技術交流会

加速器研究施設では、毎年秋に技術交流会を開催しており、2016年度には第8回となった。安定なビームを出すための様々な技術的問題に取り組んでいる技術職員の日ごろの成果を報告する催しである。専門技師までの技術職員が全員報告することを目標にして取り組んでおり、現在は2巡目に入っている。開発の状況をはじめ、個々の装置の問題点、失敗談も聞くことができるので好評である。教員からも熱心な質疑応答がある。

第7回加速器研究施設技術交流会

<https://kds.kek.jp/indico/event/19832/>

日時：2015年11月24日(火) 13:00-16:00

会場：3号館セミナーホール

世話人：池上清 道園真一郎

開会挨拶 大越隆夫

13:00-13:30 各種材料の気体放出速度 佐藤吉博

13:30-14:00 J-PARC リニアック RF 制御システムのエネルギー増強対応 福井佑治

14:00-14:30 超伝導加速空洞用横型クライオスタット 2K 冷凍システムの製作 原和文

14:30-15:00 SKEKB の BPM 変位計その 2 有永三洋

15:00-15:30 電子陽電子入射器のアライメント状況 田中窓香

15:30-16:00 ERL 用 500kV DC 電子銃電源の遠隔制御 長橋進也

閉会挨拶 山口誠哉



第8回加速器研究施設技術交流会

<https://kds.kek.jp/indico/event/22625/>

日時：2016年12月1日(木) 14:00-16:10

場所：小林ホール

世話人：久保田親 道園真一郎

開会挨拶 大越隆夫

14:00-14:25 三浦一喜 J-PARC 高線り返し電源における高精度電流制御のための恒温槽の開発

14:25-14:50 新垣良次 チタン製静電セプタムの高電圧試験

14:50-15:15 吉野一男 高周波窓交換型アレス空洞用入力結合器の試作

15:15-15:40 大澤康伸 デジタルレベル計を用いたトンネルレベル測量

15:40-16:05 田原俊央 AR-BT 建設の進捗状況

閉会挨拶 山口誠哉



加速器研究施設

第五研究系 電子陽電子入射器

<http://www-linac.kek.jp/>



電子陽電子入射器は2つの放射光専用電子リング (PF:2.5GeV、PF-AR:6.5GeV) と SuperKEKB 7 GeV 電子リング (HER)、SuperKEKB 4 GeV 陽電子リング (LER) に電子、陽電子ビームを入射する全長約 600 m を超える J 形の線形加速器である。現在は PF と PF-AR へのビーム入射を継続しながら、SuperKEKB のための広範囲に及ぶ様々な改造に関連する装置の開発、設計、動作試験、ビーム試験、維持管理を行っている。

2016 年 2 月～ 6 月に第 1 段階の SuperKEKB ビームコミッショニング (Phase1) を終了し、2017 年度予定の Phase2、その後の Phase3 コミッショニングに向けて更なる性能向上に取り組んでいる。

業務の概要

加速器第五研究系は技術系職員 (13 名)、教員、研究支援員を合わせた計約 40 名が電子陽電子入射器に関連する研究、開発、維持管理の業務に携わっている。それぞれが本研究系内の以下のグループに所属して、異なる分野の技術を生かし連携しながら、高性能で信頼性の高い加速器の実現を目指している。

入射部グループ

主に SuperKEKB で要求される高電荷・低エミッタンスの電子ビーム源となるフォトカソード S-band RF 電子銃の研究・開発を進めている。Phase1 では RF 電子銃からのビームを SuperKEKB HER へ入射した。また新型の RF 電子銃による入射準備も進行中である。2016 年 10 月に技術職員が配属された。

制御グループ

SuperKEKB (HER、LER)、PF、PF-AR の 4 つの円形加速器に安定なビームを供給するため、入射器制御システムの研究・開発・管理を行っている。計算機によるビーム制御、診断、運転用ソフトウェアの開発も担当しており、2015 年には陽電子標的ターゲットから第 2 スイッチヤードビームダンブまでのスクリーンモニター、及び同時トップアップ入射運転に不可欠な安全系システムである電荷制限モジュールを増設した。2016 年にはアライメントに用いる入射器トンネル内気圧・温度・湿度計測システムを構築した。さらに主制御装置のためのバッテリーを使わないコンデンサタイプの瞬時電圧低下保護装置を運用し始めた。2016 年 4 月に技術職員が配属された。

加速管グループ

電子・陽電子ビーム加速 (加速管、導波管、高周波)、陽電子生成 (標的、強力な収束電磁石)、ビーム輸送 (偏向・収束電磁石、ビームダクト)、真空維持、アライメント、架台、放射線遮蔽、冷却水等、ビームに近い機器の研究・開発・設計・管理を行っている。技術職員 2 名は主に上記のビーム輸送～冷却水を担当している。2015 年 5 月には Phase1 コミッショニングにおける安定した陽電子生成用高電荷一次ビーム確保のために、入射部を二階建て構造にして、上段の熱電子銃と下段の RF 電子銃の両方からビームが出せるシステムへの改造を行った。Phase2、Phase3 に向けた様々な装置等のアップグレードも進めている。

RF グループ

ビーム加速に用いる大電力マイクロ波 (周波数: 2856 MHz、平均ピーク出力電力: 約 40 MW、パルス幅: 4 μ s、繰り返し: 50 pulse/s) を安定して供給するため、定格 50 MW クライストロンとそのパルス電源及び制御系、モニタ系の研究・開発・維持を行っている。技術職員が最も多く所属しており、運転に使用する 58 台の高周波源を常時監視し維持・監視しながら低電力 RF 制御や装置の小型化を目的としたインバータ電源等の開発・維持に貢献している。

運転管理グループ

入射器の運転に関するスケジュール及び人員の調整、放射線管理区域への入退域管理システムの構築等、安全で効率の良い加速器運転の維持・管理を行っている。2016 年より Phase 2 及び AR 直接入射に対応するために、運転操作パネルの改造や安全インターロック論理の改訂を進めている。

TOPIC

高精度型インバータ電源

電子陽電子入射器では、クライストロン、電子銃、フラックスコンセントレータに大電力パルスを供給する数十台のパルス電源を使用している。パルス電源は、商用の交流（AC）電力を入力して直流（DC）電力、パルス電力へと変換し出力する装置である。

近年 IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）などのパワー半導体が開発され市場に定着するようになり、RF グループは IGBT を用いたインバータ電源を開発し、2002 年度からパルス電源に導入している。SuperKEKB のフェーズ 2 以降は 14 台のインバータ電源を使用する予定である。「インバータ」とは DC/AC 変換機で、IGBT により DC 電力が高周波の AC 電力に変換される。このインバータ電源の導入によってパルス電源の小型化が実現し、従来型の約 1/3 の大きさになった。

RF グループは更に 2014 年度に高精度型インバータ電源を開発した。高精度型インバータ電源は、これまでのインバータ電源（主電源）の上面に補電源を乗せ、2 つの電源を協調動作させることで高い安定度を実現する事ができた。（安定度の仕様値は、通常型 0.2 % に対し、高精度型は 0.03 % となった。）2016 年秋に高い安定度が要求される最上流の電子銃部で従来型と高性能型インバータ電源の比較試験を実施し 1/3 以下の安定度の差を実測した。その後も同場所において使用されている。



高精度型インバータ電源(左)を用いたパルス電源(右)

電圧信号の受け渡しには光ケーブル（黄色の枠内）を使用

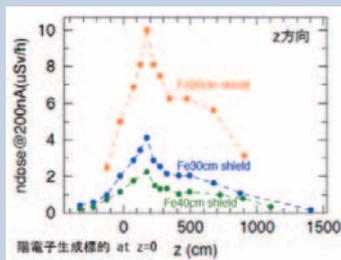
TOPIC

陽電子生成部放射線遮蔽

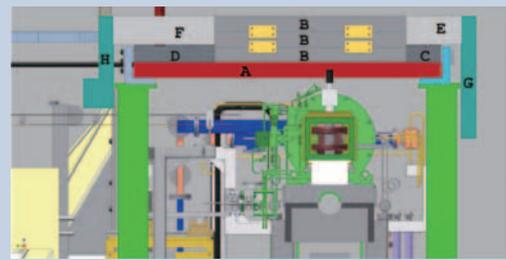
SuperKEKB で要求される 1 バンチ当たり 4 nC の陽電子を得るために、電子陽電子入射器の陽電子生成タングステン標的には最大 1250 nA (12.5 nC × 2 バンチ × 50 Hz) の一次電子ビームが照射される。このようにビームロスが多く、多量の放射線が発生する場所では、周辺への漏洩放射線量が規定値以下になるように十分注意して放射線遮蔽体を設置する必要がある。入射器では 2016 年 2 月～ 6 月末の Phase1 運転に合わせるように、2014 年度に基本的な支持構造体の設計・設置を行い、2015 年 4 月からの陽電子ビームコミッショニングで 20 cm 厚、30 cm 厚、40 cm 厚の鉄シールドを支持構造体上部に段階的に配置して一次電子ビーム 200 nA 時の漏洩放射線の計測を行った。その結果、1250 nA 時において上部のクライストロンギャラリー床に対しては 40 cm 厚で遮蔽できること、ビームに対して直角方向には不十分な範囲があることを確認した。その結果と放射線科学センターのシミュレーションの評価を元に 2016 年 1 月に補強改造を施し、Phase1 運転の中で再度漏洩放射線計測を行った結果、SuperKEKB 運転に必要な遮蔽が確保されていることを確認した。



支持構造体設置時



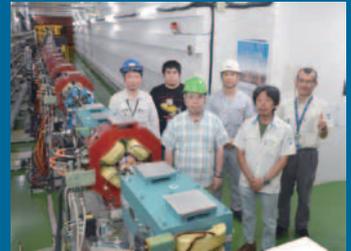
放射線量計測結果 (ビーム方向)



最終形の放射線遮蔽構造体

加速器研究施設

<http://atf.kek.jp/>
<https://www.kek.jp/ja/Research/ACCL/ILC/>
<http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/index.html>
<http://www2.kek.jp/ja/video/files/Takayama091017>



第六研究系

先端加速器研究 ATF, STF, cERL, KEK-DA

当研究系では、国際リニアコライダー（International Linear Collider: ILC）計画など、次世代先端加速器の技術開発を行っている。ILCでは、共振周波数 1300 MHz、9 セル超伝導加速空洞 16000 台からなる全長 30 km を超える線形加速器で、電子陽電子を加速して衝突（衝突エネルギー 500 GeV、衝突時のビームサイズ: 5 nm × 300 nm）させ、宇宙創成に迫る（ 5×10^{15} K = 5000 兆 K）状態を創出する事を目指している。

付属する施設としては先端加速器試験設備（Accelerator Test Facility: ATF）、超伝導高周波試験設備（Superconducting RF Test Facility: STF）、小型エネルギー回収型ライナック（compact Energy Recovery Linac: cERL）、誘導加速シンクロトロン“デジタル加速器”（KEK-Digital Accelerator: KEK-DA）と、4 つの試験用加速器があり、各々先端加速器の研究技術開発を行っている。グループとしては ATF、超伝導空洞開発、誘導加速シンクロトロン、加速器理論グループがある。

業務の概要

ATF

ATF では、ILC の衝突点で要求される極めて小さなビームサイズを実現し制御するための研究開発が行われている。既に ILC での 7 nm に相当する ATF でのビームサイズ 41 nm を 2016 年に達成した。現在、ナノメートル極小ビーム技術の確立を目指し、先端的ビーム診断装置やビーム調整技術の開発を国際コラボレーション体制の下で進めており、ビーム位置制御およびビームダンプ装置等の技術開発が進行している。

STF

STF では、ILC を実現させる要である超伝導加速空洞と、関連分野の研究技術開発を行っている。30 MV/m 以上の高電場で使用される超伝導空洞では、高周波測定、高周波制御技術、低温での空洞の振動などの試験技術が必要とされている。

空洞を絶対温度 2 K に保つ低温システムは超伝導加速器の基盤技術であり、安定で効率的な液体ヘリウム生成技術の開発を行っている。

超伝導空洞に投入される高周波の信号源としては、パルス（2 ms、5 Hz）でメガワット（MW）クラスの出力が可能なクライストロンが使用されている。高電圧大電流（120 kV、140 A）のパルス電力を供給するための高周波電源や、空洞電場の安定度を 0.01 % 程度に抑えるためのデジタル低電力計などの開発を行っている。

STF 棟地下トンネル内には上流から、電子銃、1300 MHz、9 セル超伝導空洞 2 台からなる Capture Cryomodule、4 空洞 - Q 電磁石 - 4 空洞からなる CM1（CryoModule-1）、4 空洞から

なる CM2a（CryoModule-2a）が設置されている。

既に全 14 空洞の高電力試験は終了しており、ビームを使った試験運転を待っている段階である。

cERL

ERL は、放射光を出した周回後の電子ビームのエネルギーを超伝導空洞で回収し、次の入射ビームの加速に再利用する次世代型の線形加速器である。従来の放射光源を上回る高輝度、短パルスのビーム生成ができ、常に大電流で高品質な電子ビームの利用が可能となる。

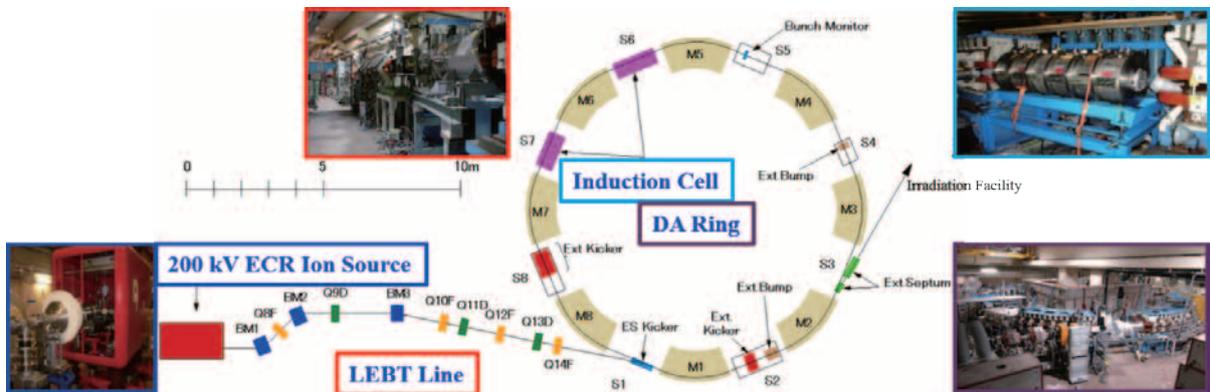
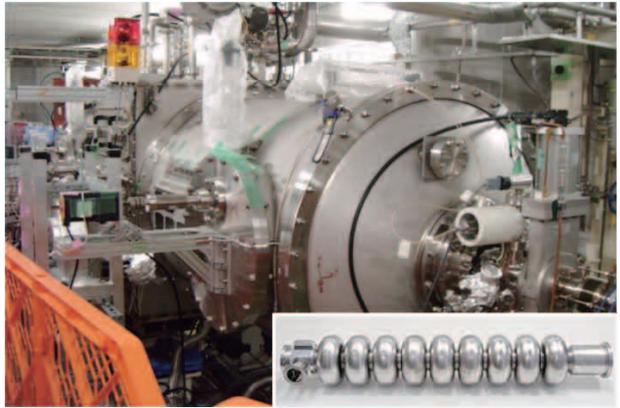
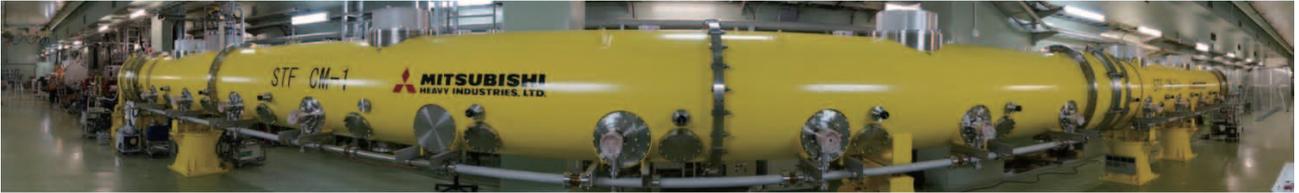
cERL はそれらを実証する試験設備であり、共振周波数 1300 MHz、1 台あたり入力カプラー 2 本が接続される 2 セル超伝導空洞 3 台からなる入射部クライオモジュール 1 台と、共振周波数 1300 MHz、9 セル超伝導空洞 2 台からなる主加速部クライオモジュール 1 台が設置されている。入射部では 5.0 MV、主加速部では 8.6 MV × 2 での長期運転に成功した。

KEK-DA

KEK-DA は、ECRIS（Electron Cyclotron Resonance Ion Source）で 200 keV の陽子イオンビームを発生し、LEBT（Low Energy Beam Transport）ラインを通し DA（Digital Accelerator）リングに入射する。入射されたビームは誘導加速セルにより 12 MeV まで加速され、取り出しラインから出射される。

現在 DA リングにおいて、DC 磁場による誘導加速セルでのビーム閉じ込めと DC + AC 磁場による加速実験を行っている。

線形加速器がなくても、低エネルギービームを高エネルギービームまで加速出来ることがデジタル加速器の特徴である。



(上左) ATF の最終ビーム集束系 (ATF-2 ビームライン)

(上右) STF に設置された超伝導空洞モジュール

(中上) STF 棟地下トンネル内: 左から Capture Cryomodule、CryoModule-1、CryoModule-2a

(中下左) cERL に設置された入射部モジュールと 2 セル空洞 (中下右) cERL に設置された主加速部モジュールと 9 セル空洞

(下) 誘導加速シンクロトロン “デジタル加速器” の構成

技術職員の業務

加速器の精密アライメント技術

高品質な極小ビームの生成・制御には、ダンピングリングと最終収束系ビームラインの精密アライメントが必須となる。ATF で長年作業して確立された精密アライメント技術は、ATF・STF のみならず勿論 ILC でも必要とされている。加速器以外にも岐阜県神岡に建設中の大型低温重力波望遠鏡、愛称 KAGRA (Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope : LCGT) の精密アライメントに携わり、活用されている。

超伝導空洞システムの整備と実証試験

cERL で設計建設作業から加わり、空洞の RF 周波数揺らぎ(マイクロフォニックス)の調査を担当した。マイクロフォニックスは加速電場と RF 位相の不安定性の一因であり、現在は RF 運転電力を高め設定し、RF 源の制御により揺らぎを抑制している。

RF 運転電力を低く抑えた厳しい運転条件でも正常に制御するためには、マイクロフォニックス自身の抑制が重要となる。RF 測定と強制振動法を組み合わせ調査したところ、空洞システムの機械構造に原因があることが分かり、今後構造設計の改良を行う予定である。また同時に除振などの対策も必要になる。

STF では ILC の設計に沿った超伝導空洞システムの実証試験に参加している。ILC 用 RF 大電力供給システム設計に存在する多くの課題の克服に挑戦している。

加速器施設の維持管理業務

現在 KEK-DA が置かれている旧陽子加速器施設を健全な状態で利用するために、維持・管理及び放射化物撤去・整理作業などを行っている。

デジタル加速器制御システムを構築

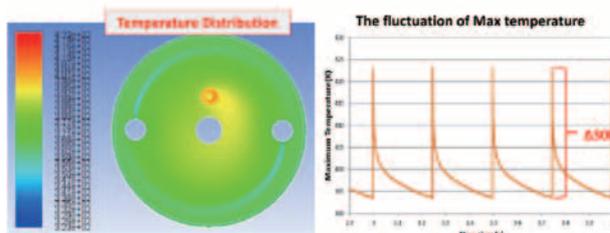
制御システムはすべての機器を一社の PLC で構築している。これによりアプリケーション開発を簡便にし、加速器運転に迅速な対応を図る事、及び PLC 制御により運転中の制御機器の停止を軽減し、信頼性の高いシステムを構築出来る。具体的には、1) ビーム SW 2) パーソナルキー、ドア、非常停止 SW、放射線等の安全システムやタイミングシステム 3) イオン源、LEBT、DA リング、入射パルス等、各部の電源制御を行っている。

ILC ビームダンプの開発

ILC に向けたビームダンプというビームを安全に止める装置を開発している。この開発中の ILC ビームダンプは、最大で 17 MW のビームパワーを止める事を目標としており、完成すれば世界最高のビームパワーを止める装置となる。現在

は熱・応力計算を通じた構造の耐久性評価や、放射線による装置へのダメージの評価を行っている。

また、これらのビームダンプ開発は、先行実験の知識・経験を取り入れられるように、J-PARC や海外の研究機関(欧州原子核研究機構 CERN など)のビームダンプ・ターゲット開発チームとも意見交換をしながら進めている。



左：Main Beam Dump の温度分布計算結果
右：Main Beam Dump の最高温度の時間変化

ILC 用 9 セル空洞の RF 測定

ILC 用 9 セル超伝導空洞の受け入れ検査、共振周波数を目標周波数に合わせると同時に各セルの電場強度を一定に整えるプリチューニング、空洞単体での性能試験を主に担当してきた。STF 棟地下トンネル内にある 14 台の空洞は、2 K での共振周波数は全て 1299.5 MHz 前後に収まり、1300 MHz での運転を可能にした。空洞性能試験に必要な低電力高周波測定系の構築からデータ収集ソフトウェアの制作も担当しており、システムに不具合が生じた時や、cERL 用 2 セル空洞等の 9 セル空洞以外の空洞を測定する機会が生じた場合に備えて、常に対応可能な状態にしている。

2015 年には Canada Vancouver の TRIUMF に滞在し、建設中の実験施設 ARIEL (Advanced Rare IsotopE Laboratory) で使用される 1300 MHz、9 セル超伝導空洞 2 台の処理、組み立て、性能試験に参加した。同様の空洞を扱っているにも関わらず、表面処理や組み立て工程に対する考え方に違いがあり、議論、意見交換を行った。また Canada TRIUMF と India VECC の 2 国間協力で進められている空洞のモジュール化工程に参加し、入力カプラーの設置など重要な工程を任せられ、無事に完成できた。

現在は工作センターで新規製造された 1 セル、3 セル超伝導空洞やサンプル材の電解研磨処理、化学研磨処理に重点を移している。電解研磨液は毒物であるフッ化水素酸や、劇物である硫酸、硝酸を含んでおり、これらを扱う作業責任者としての引継ぎを行っている。

TOPIC

Nitrogen Doping Treatment (窒素ドーブ処理)

High-Q (Quality Factor) での超伝導空洞の運転実現に向けた R&D が世界的に進行している。窒素ドーブ処理とは、High-Q を実現するための空洞処理法の 1 つである。ニオブ製超伝導空洞を真空熱処理：アニール (Anneal) する際、真空炉内に窒素ガスを導入し、窒素雰囲気中で熱処理を行うが、窒素の圧力、窒素雰囲気中での熱処理時間が非常に繊細かつ重要なパラメータになっている。6 系では梅森健成准教授を筆頭に、2015 年度から研究開発が行われている。

2016 年度に新規製造された Mirapro 製 1 セル空洞 R6 に対し、通常の前処理 (少量電解研磨 Pre-EP 5 μm、多量電解研磨 EP-I 100 μm、アニール 800 °C × 3 時間、仕上げ電解研磨 EP-II、超純水高圧洗浄 HPR 8 MPa × 3 時間、空洞組み立て、ベーキング 120 °C × 48 時間。Pre-EP、EP-I は初回のみ実施。) を行い 4 回、続いて窒素ドーブ処理後に 2 回の測定を行った。

性能測定時には、空洞の外壁に温度測定用センサーや磁場センサー、昇温用ヒーターが設置された (図 1 上)。1 回目の測定 VT-1 と、4 回目の測定 VT-4 の結果を図 2 に示す。表面処理の内容は以下の通りを行った。

- VT-1 : Pre-EP 5 μm, EP-I 100 μm, Anneal, EP-II 30 μm, HPR, Assembly, Baking
- VT-4 : EP-II 20 μm before VT-3, Anneal at J-PARC furnace, no EP-II, HPR, Assembly, Baking

ニオブが超伝導状態に転移する際、外部磁場をトラップすると Q 値が下がるため、空洞をソレノイドコイルで取り囲み (図 1 下) 外部磁場を打ち消すために励磁 (VT-2 を除く) すると共に、外部磁場を効率的に排斥するため、空洞上下に温度勾配をつけながら冷却した (VT-1 を除く)。しかし VT-1 での残留抵抗は 6.7 n Ω、VT-2 では 13.7 n Ω と改善しなかった。VT-2 終了後、空洞周辺に磁気を帯びた部品が存在する事を見つけ出し排除した結果、VT-3 以降の残留抵抗は劇的に改善された。

EP-II 20 μm 処理して行われた測定 VT-3 終了後に、J-PARC の真空炉でアニール処理のみ (電解研磨なし) で行われた測定が VT-4 である。アニール前後で性能劣化はなく、VT-3 で得られた結果同様の最大加速電場 41 MV/m、1.4 K で 1.1×10^{11} という非常に高い Q 値を得ている (残留抵抗は 3.3 n Ω)。VT-4 を標準的な空洞表面処理で得られた基準測定結果とした。

続いて窒素ドーブ処理を行った。表面状態を変えてしまうベーキングは省いている。表面処理の内容は以下の通り。

- VT-5 : Nitrogen doping, EP-II 15 μm, HPR, Assembly, no Baking
- VT-6 : EP-II 10 μm added, HPR, Assembly, no Baking

VT-5、VT-6 の測定結果を基準測定結果 VT-4 と共に図 3 に示す。VT-5 と VT-4 の各測定温度での最大 Q 値の比は 1.2 ~ 1.5 であり、窒素ドーブ処理による典型的な High-Q 性能を示している (残留抵抗は 1.8 n Ω)。窒素ドーブ層の厚みを調べるため、さらに EP-II 10 μm の処理後に VT-6 を行った (残留抵抗は 1.2 n Ω)。VT-5 に比べ 1.8 K、2.0 K での Q 値は変わらなかったが、1.4 K、1.6 K での Q 値は向上した。VT-6 と VT-4 の各測定温度での最大 Q 値の比は 1.2 ~ 2.2 となった。また VT-5 に続き High-Q が得られている事から、窒素ドーブ層の厚みは 25 μm 以上であると考えられる。



図 1 性能測定時の空洞の状態

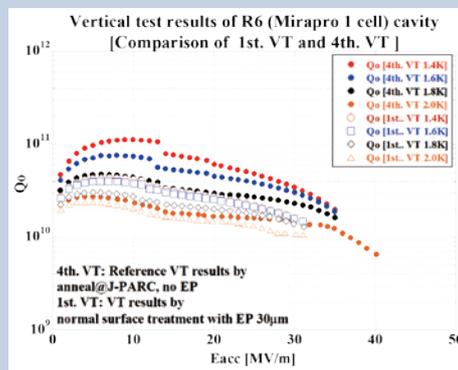


図 2 R6 空洞の測定結果 (VT-1、VT-4)

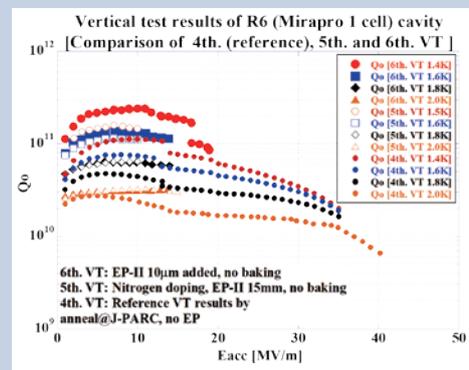


図 3 R6 空洞の測定結果 (VT-4 ~ VT-6)

加速器研究施設

第七研究系 Photon Factory, cERL



加速器第7研究系では放射光科学研究施設の大学共同利用を中心とした運営に沿い、物質科学および生命科学を中心とした基礎科学の発展に寄与するために2.5 GeV PF リング (PF リング) および6.5 GeV PF アドバンストリング (PF-AR リング) の2つの放射光専用リングの運転・維持・管理・開発を行い、ユーザーに対して紫外線からX線までの放射光を供給している。2015/2016年度はPF-AR リングに入射することで生じるSuperKEKBへの入射中断による影響を少なくするためPF-AR 直接入射路 (直接入射路) の建設が行われ、機器の設計・製作・設置及び調整運転まで滞りなく実施し、無事施設検査も合格した。コンパクトERL (cERL) では2015年度に平均電流1 mAを達成しその後も運転・維持・管理を行っている。また、次期放射光光源 (KEK-LS) の検討を始めた。



PF



cERL



PF-AR

業務概要

加速器第七研究系は光源第1グループから光源第7グループまで分かれており、それぞれ電磁石、高周波、真空・超伝導ウイグラー、ビーム診断、安全・基幹チャンネル、挿入光源等を担当している。2015年～2016年度においてはPF-AR 直接入射路の建設が完了した。

光源第一グループ (主に電磁石)

直接入射路建設に向けて2015年度はキッカーセプトラム電磁石・電源をテストベンチで通電テストと磁場測定を行い、2016年度は真空テスト等の準備を行い、キッカーセプトラム電磁石及び電源の設置、配線、通電テストを行った。2017年2月からのコミショニングでは立ち上げ調整を実施し、リモート制御系の初期不良に対処した。他にもキッカー充電用サイロン故障で予備品との交換や、キッカー電磁石電源で電圧が上がらないため蓄積ビームを削ることへの対処、ゴムホースからのオイル漏れへの処置、冷却水ストレーナーの詰まりや流量低下への対処、電磁石や電磁石電源の維持管理、立ち上げ時や入射不調時のビーム調整などを行ってきた。

KEK-LS 関連では、電磁石の概念設計や試作用の設計を開始している。

光源第二グループ (主に高周波)

PF、PF-ARのRF関係機器 (加速空洞、クライストロン、高圧電源、ローレベルコントロール機器、冷却機器等周辺機器) の運転維持管理、及びcERLのバンチャー空洞の運転維持管理を行った。PF-RFのローレベルコントロール機器は老朽化が問題となっており、CAMACモジュールのADC及びDACモジュールは予備が無い状態であったため、アナログ信号入出力の部分の横河PLCモジュールに置き換えた。また、クライストロンのフィラメント用電源モジュールも老朽化により修理が困難となってきたため、新型電源モジュールの1号機を開発し運転での使用を開始した。KEK-LS関連においては、新リングで要求される低エミッタンスを実現するために有利と考えられるTM020モードを加速電圧に使用した1.5GHzのTM020モード高調波加速空洞の実現性に関して解析を行った。

光源第三グループ（主に真空）

2016年7月から2017年2月にかけて直接入射路の建設、第3スイッチヤード及びPF-ARリングの改造を行った。新しいPF-ARリングの入射軌道は、第3スイッチヤードでPFリングの入射路と2度交差することになった為、PFリング入射路の改造も行われた。PF-ARリングの改造では、入射点の3台のキッカーと2台のセプタム電磁石を設置するため、約25mに渡る真空作業を伴うキッカー電磁石用セラミックダクトを含む偏向電磁石用ビームダクトの交換やセプタム電磁石部の特殊ビームダクトの設置を行った。また、新入射点となる場所では既存コンポーネントの移設、旧入射路から電磁石搬出通路を確保するためのビームダクトの一時撤去も行った。PFリングではセプタムチェンバー内の冷却水配管から真空域にリークが起きており冷却水配管に液体リークシーラーを注入する対処を何度か行った。

セプタムチェンバーを含む真空ダクトの抜本的な対策が必要となってきている。また超伝導ウィグラーにおいてもビームダクト及び断熱真空槽で真空リークが発生して液体リークシーラで対処してきたが、2016年秋にはビームダンプが起きた際のクエンチ発生時に振動が原因と思われる真空リークが再発した。12月までは粗排気の真空引きで応急的な運転を継続し、その後は2017年夏にビームダクトの交換作業を行うべく昇温作業に入り超伝導ウィグラーの運転は休止した。

光源第四グループ（主にビーム診断）

直接入射路の建設のため2015年度に機器の設計・製作を行い、2016年度に据え付けを行った。装置の一つであるスクリーンモニタには、cERLで使用されて画像取得後のデータ処理に実績のある、GigEカメラを採用した。ネットワーク接続によるカメラの中には100mを超えるケーブルで接続されたものもあったがカメラとの通信において支障は出ていない。但し、ノイズが原因と思われるハングアップが何度か発生した。また、直接入射路の立ち上げと調整運転を行うにあたり、ロスモニタを設置した。ロスモニタは光電子増倍管と高電圧回路を内蔵した光センサモジュールに固体シンチレータ(CsI(Tl))を組み合わせたものを検出部(センサ)として使用し、モジュール用電源とゲイン設定のコントロール電圧は遠隔制御可能とした。直接入射路への設置に先立ち、PFリングの入射点手前付近にセンサを設置し波形観測を行った。その後7台を直接入射路に設置し調整運転のビームロス低減に使用されている。他に、光位置モニター・PC・UPS等の機器は通年どおり運転維持管理を行った。

光源第五グループ（主に安全・基幹チャンネル）

加速器運転におけるインターロックの構築と運用を行い、定期的な保守点検を行って報告書を作成している。また、インターロックシステムの構築のために必要なネットワークや

各コンポーネント、ソフトウェア等の技術的研究開発を行っている。直接入射路については、LINAC、SuperKEKBおよび放射線部門の方々と協議・検討を行い、インターロック系機器の整備や放射線遮へいを施工した。PFの基幹チャンネルはユーザーへの放射光安定供給と放射線安全を担っている。新たな挿入光源の導入に伴い光路設計からビームラインの設計・建設を行った。真空中で可動する多くの機器を扱っているためロギングシステムを構築し、このシステムで可動装置の開閉動作時間の記録を取っていて、メンテナンスにおける予防保全を行っている。また、直接入射路の建設では第三グループと協力して第3スイッチヤードおよびSuperKEKB-BTと直接入射路の交差部のビームダクト部分を担当した。第3スイッチヤードでは既存の冷却水配管やピットを避けるための特殊形状の架台を製作し、SuperKEKB-BTとの交差部ではSuperKEKB側の保守性を考慮して天井から吊り下げる方法でビームダクトを設置した。

光源第六グループ（主に電子銃）

cERLの入射部と診断ラインの真空全般及びこれらに付随するインターロックやスクリーンモニタの制御を担当している。入射部で問題となっていたミラーのチャージアップでは対策を施したミラーへの交換を行い、入射ビームの測定ではスクリーンモニタを一部改造してファラデーカップの増設を行った。また、カレント増強により入射用マグネットの冷却水配管と流量センサの設置を行った。第二電子銃の開発では入射部やビームラインの設置、制御系の配線やコントローラの製作を行い、消耗品などの在庫管理を行ってきた。NEGコーティング装置では試料の交換作業や測定のサポートを行った。また、直接入射路の建設では第三グループと協力してビームダクトの寸法検査やリークチェックを設置前に行い、PF-ARリング入射部周辺のビームダクト入れ替えや真空機器の設置を行い、直接入射路ではビームダクトの設置やアライメントを実施した。

光源第七グループ（挿入光源）

挿入光源の設計・開発・リングへの設置・運転・維持管理及びFELを担当しており、技術職員は主に挿入光源の制御・フリーチューニング・運転・維持管理・磁場測定を業務として行った。2015年度はPFリングに新たに設置した2台の挿入光源ID13とID28（前年度に設置）の運転を順次開始した。挿入光源を自由に動かせる範囲を確立するためにはCOD補正データを取得する必要があるID13およびID28では夫々モードが6つ、モード遷移分が7つあり合計19セットのCOD補正データを取得した。2016年度は挿入光源制御システムの共通化に取り組んだ。手始めにPFにある制御システムでソフトウェア部分の見直しをスタートした。この共通化は、PFリングで12台、PF-ARで6台の挿入光源の制御

システムの維持管理や更新作業の容易化が目標である。また、KEK-LS へ向けて統一された挿入光源制御システムの一助となると考えている。

cERL は、2015 年度に放射線遮蔽の増強などを行い平均電流 1mA を達成したが、2016 年度に休止することになった。休止期間中も法定点検を含め必要な維持管理が担当者により

随時施されていたため、2017 年 3 月に 1 ヶ月間という短期間の運転が実施されたが、支障なく立ち上げることが出来、加速器の運転を無事に終了した。

上記に加え系全体に関わる業務として、施設関係（建屋、冷却水、クレーン、電気等）の連絡調整、化学薬品の管理、業務委託の監督、一部の機構ネットワーク・サーバーの管理や職場の巡視点検等を行ってきた。

TOPIC

AR 用キッカー電磁石及びセプタム電磁石の開発

上田 明

PF-AR 直接入射路プロジェクトの為、新たに 6.5 GeV 対応のキッカー及びセプタム電磁石を開発し 2016 年夏の直接入射路建設期間に設置した。セプタム電磁石は、直接入射路最終段に 2 台設置され、キッカー電磁石は PF-AR リングの新入射点近くに 3 台設置された。

このセプタム電磁石の特性は、パルス幅 100 μ s、最大電流 8000 A、最大繰り返し 12.5 pulse/s でパッシブ型のセプタム電磁石である。セプタム電磁石はリング側の蓄積電子に影響が出ないようにセプタム遮蔽板で漏れ磁場を防いでいるが、このセプタム II 電磁石（入射点側）は、セプタム遮蔽板を 40 mm 延長する事により、電磁石側面だけでなくセプタム開口部からの漏れ磁場の影響を防いでいる。図 1 に直接入射路最終段に設置されたセプタム電磁石を示す。セプタム I 電磁石は奥にある真空槽内に設置されているが、入射点に設置されるセプタム II 電磁石は、セプタム電磁石内のギャップに 0.3 mm の SUS 製薄肉ダクトを使用して大気中に設置した。ライナックからの入射ビームは、PF-AR 直接入射路を通過し、最終段のセプタム電磁石により 3° ずつ、合わせて 6° 偏向され蓄積リングへと導かれる。

キッカー電磁石の特性は、パルス幅 2.4 μ s、最大電流 3500 A、最大繰り返し 12.5 pulse/s のパルス電流を発生させるフェライトコアを使用したウィンドウフレーム型電磁石である。電磁石は大気中に設置され、電磁石 Gap 内にセラミックダクトを挟んでいる。このキッカー電磁石のパルス波形は、リング部のビームへの影響を最小になるようにマッチングボックスで敢えてミスマッチを起こし歪ませている。これら 3 台のキッカー電磁石は、入射時に蓄積電子にバンプ軌道形成する事により、入射ビームの振動を抑制するために使用する。キッカー電磁石の最大偏向角は 1.8 mrad である。図 2 にキッカー電磁石（左）及びキッカー電磁石の磁場測定の様子（右）を示す。キッカー電磁石の磁場測定は、シングルターンのサーチコイルにより行われた。電磁石単体の場合と、内側に金属コーティング（Ti 0.3 μ m）を施したセラミックダクトを電磁石ギャップに挿入した場合を比較して、渦電流効果による磁場の減衰を含めてキッカー電磁石の発生するパルス磁場を評価した。また、キッカー電磁石は、その周りをシールド板で囲う事により耐ノイズ性能を上げている。これらの電磁石は 2017 年 2 月から始まった AR 直接入射路のコミッショニングより使用を開始し順調に動作している。

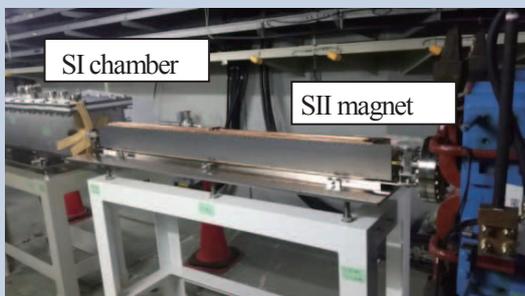


図 1 セプタム II 電磁石及びセプタム I 電磁石用真空槽



図 2 キッカー電磁石本体（左）及びキッカー電磁石磁場測定の様子（右）（キッカー電磁石はシールドボックス内に覆われている）

TOPIC

PF-AR 直接入射路（建設、コミッショニング） 長橋 進也

2012年からのPF-AR 直接入射路計画は、2017年2月までに建設作業を終え、同年3月までにコミッショニングを完了した。

完成したPF-AR 直接入射路を図1に示す。この入射路は、2013年に建設された専用のPF-AR 直接入射路トンネル（新トンネル）を通っているものの、LINACの第3スイッチヤード（SY3）ではPFリングの入射路やLINACのダンブライン、新トンネルよりも下流ではSuperKEKBの入射路と交差するなど、構造的にも運転スケジュール的にも複数の加速器と関わりを持っている。また、建設コストを削減するために、旧PF-AR入射路で使用していた偏向電磁石24台と四極電磁石11台をPF-AR 直接入射路でも再利用する設計となっている。2016年6月末までは、LINAC、PFリング、PF-ARの運転が行われていたことから、加速器の運転と並行して実施可能な新トンネルの電力ケーブルの配線と電源室の整理を行った。残りの大半の作業は、2016年6月末の全電子加速器停止と共に始められ、ここから約7ヵ月半の間に、PF-AR 直接入射路の建設と並行して、旧PF-AR入射路の解体と再利用電磁石の搬出、交差するPF入射路の改造、各機器の動作確認まで行った。電磁石精密アライメントの結果を図2に示す。真空チェンバーと干渉のあったセプタム電磁石2台を除き、水平垂直ともに全て目標値の±0.1 mm以内に据え付けることができた。dhは鉛直方向、drはビーム進行方向に対して水平面内で直角方向、dsはビーム進行方向で、それぞれ目標値との差を表している。

2017年2月13日より、PF-AR 直接入射路のコミッショニングを開始した。スクリーンモニターで電子ビームを確認しながら電磁石の微調整を行ったところ、初日の午後8時20分には蓄積リングのビーム位置モニター（BPM）で電子ビームを確認することができた。翌日には、蓄積リングのBPMでビームが周回していることが確認できたため、RFパワーを投入して調整を進めたところ、午後2時49分に電子ビームが蓄積リングへ蓄積できたことを確認した。その後も入射路の電磁石の調整、パルス電磁石のタイミング調整、ビームエネルギーや入射位相調整を続けたところ、80%以上の入射効率を達成し、2月20日の午後5時20分頃には、PF-AR 直接入射路建設前の初期ビーム電流である50 mAでの継ぎ足し入射に成功した。PF-ARでトップアップ運転を開始するためには、更にいくつかの課題を解決する必要があるものの50 mAでの継ぎ足し入射を行いながら、約3日半の真空焼き出しを行えたことから、将来のトップアップ運転に期待が持てるだけの運転パターンを得ることができた。

3月1日には、原子力規制庁の施設検査を受け、無事合格した。その後は、2017年4月から再開するユーザー運転に向けて各種調整を行い、コミッショニングを完了した。

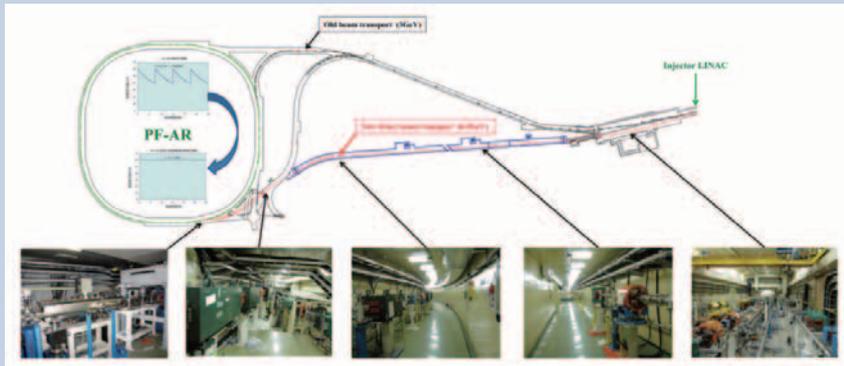
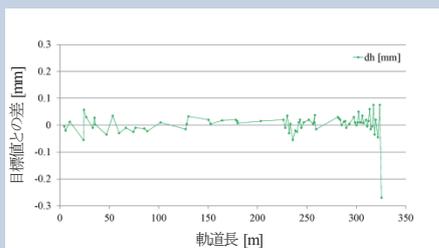
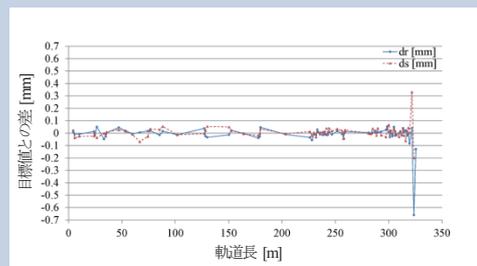


図1 完成したPF-AR 直接入射路



(a) 垂直



(b) 水平

図2 電磁石精密アライメント結果

共通基盤研究施設

放射科学センター

つくば勤務者：7名（左）
東海勤務者：3名（右）



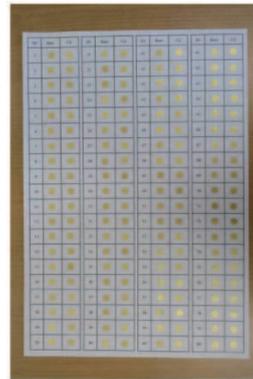
放射線科学センターは放射線に関する安全管理及び研究・開発を行う放射線管理部門と、化学物質の管理や分析・測定及び研究を行う環境安全管理部門で構成されており、共に加速器を使った実験の運転をする上でなくてはならない業務である。

放射線管理部門

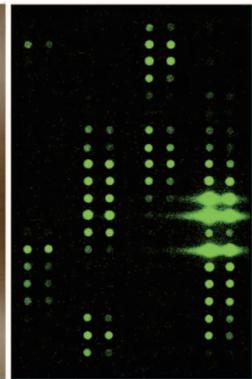
放射線管理部門は、放射線に係る業務全般を行っている。加速器の運転に伴い発生する放射線のモニタリング、放射性廃棄物・放射化物の保管・管理、加速器施設の残留放射線の測定など直接加速器に係るものから、放射線作業従事者の被ばく管理、RIの管理、測定機器の維持・管理など多岐に渡り業務を行っている。技術職員も多くの業務で責任者として主導的立場に立って業務を行っている。また福島原発事故における周辺市町村での環境放射線測定協力など機構外でも活動している。

【技術開発】

高エネルギー加速器の運転に伴い、加速器から発生する中性子によって空気中に生じる Ar-41 は、半減期が長く生成量も多いため、空気中の Ar-41 濃度を把握することは被ばく管



Gold foils taped on a sheet of paper.



Scanned imaging result of an imaging plate.

加速器トンネル内の Ar-41 濃度イメージング

理を行う上で大変重要である。そこで Ar-41 濃度を従来よりも高い精度で評価するために、2015 年度より中性子による金箔の放射化を利用したトンネル内の Ar-41 濃度分布測定を開始した。本測定で取得したデータは加速器施設の放射線遮蔽設計を行う際の基礎データとして活用されている。

この他にも様々な技術開発に技術職員が関わっている。

TOPIC

近年、SuperKEKB 増強のための改造に伴い管理区域からの物品搬出が増えており、その対応策の一つとして最新型の物品モニター（搬出物品放射線測定器）を導入して測定の簡易化と迅速化に対応している。

また個人被ばく線量計では従来のクイクセルに代わる新しい線量計として InLight®（インライト）を導入した。インライトは OSL（Optically Stimulated Luminescence：光刺激ルミネッセンス）を利用した線量計である。

これまで被ばくの測定は、外部に依頼していたため結果が判明するまでに多少の期間が必要であった。しかし今回は測定システムも同時に導入したことにより、機構内で測定が出来るようになったため、より迅速に対応することができるようになった。



新しく導入した個人被ばく線量測定システム
（左上の枠内は被ばく線量計）

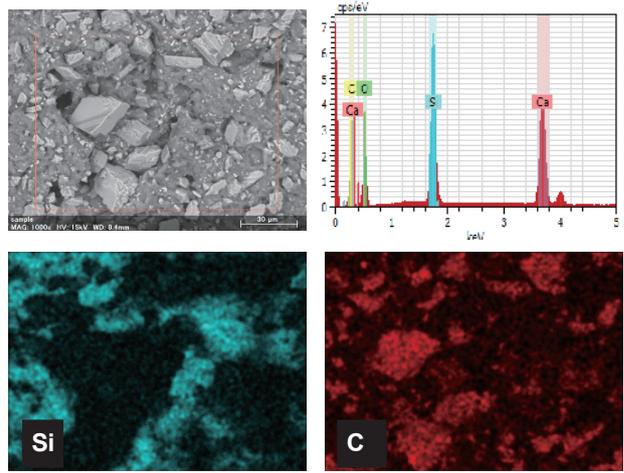
環境安全管理部門

環境安全部門は機構全体の化学安全、環境安全に関する実務を行っている。業務としては、排水管理、廃液処理、化学薬品管理、作業環境管理、環境安全管理等、多岐に渡っている。排水管理としては、法的義務のある3か所の公共下水道出口において月一回定められた項目の分析を行うと共に、主要な建物ごとに監視点を設けてきめ細かい管理を行っている。廃液処理としては、試験研究等により発生する廃液を回収し、実験廃液処理施設と2か所のRI廃液処理施設で処理を行っている。環境管理としては、有機溶剤、特定化学物質を取り扱う作業場に対して作業環境測定を行い、適切な作業環境であることを確認している。また、環境配慮促進法により義務付けられている環境報告書の編集作業を担当している。

2015年度にはカドミウム、鉛、ほう素及び1,4-ジオキサンの下水道排水基準が変更となったことを受け、定量下限値の再検討を行い、10月より新基準による管理を行っている。また、水質汚濁防止法の改正により、有害物質使用特定施設並びに有害物質貯蔵指定施設の管理が厳格になったことを受け、各施設の整理、改修を行った。更に各有害物質貯蔵指定施設に責任者を定め、責任者に対して施設の定期点検等の説明会を開催し、施設毎の管理要項を作成した。2016年度には労働安全衛生法が改正され、ラベル表示・SDS（安全データシート）交付義務対象物質について化学物質リスクアセスメントが義務化された。これに伴い、化学薬品等の入手時にSDSの確認を徹底させる他、使用状況に応じコントロールバンディング法によるリスクアセスメントの実施など、作業毎のリスクを低減するために管理・指導を行っている。

【依頼分析】

機構職員、共同利用者から種々の化学分析の依頼、相談を受け付けており、2015年度は13件、2016年度は25件の分析依頼を受け付けた。持ち込まれる試料は量が極端に少ないものが多く、ほとんどの分析で卓上電子顕微鏡及びEDX装置を使用した。分析結果は特に加速器の関連施設における装置の開発や、トラブルの原因究明等に役立てられている。



SEM/EDXによる元素マッピング

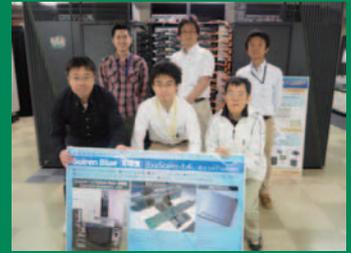
【環境報告書の作成】

2005年度以降の環境配慮の状況について毎年、環境報告書を作成し公表している。2014年度分を「環境報告2015」として、2015年度分を「環境報告2016」として機構HP上に公開するとともに、冊子版を関係機関に送付した。また、コミュニケーションプラザやつくば科学フェスティバルなどのイベントで冊子版を配布し、市民とのコミュニケーションを図っている。

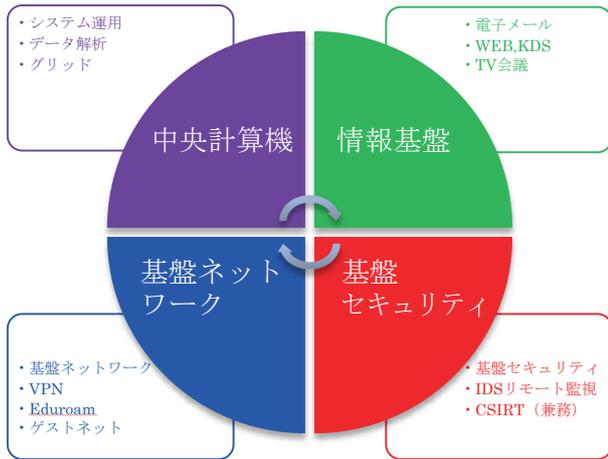


共通基盤研究施設

計算科学センター



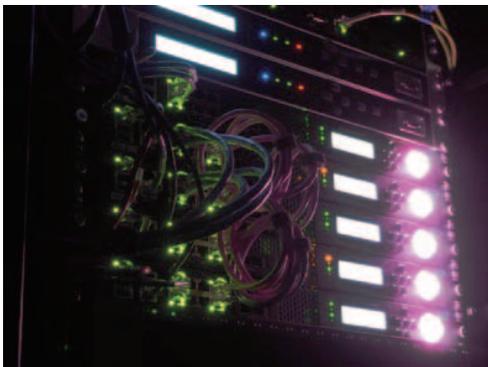
計算科学センター技術職員は、教員と共に、4つの基盤となるシステムの運用・管理に従事している。



基盤システム

中央計算機・情報基盤システム管理・運用業務

データ解析のための大規模クラスタシステムとペタバイトオーダーのストレージシステムからなる計算機システム、本機構と共同研究を行う研究機関との間でデータ及び計算資源を共有するための GRID システム、および電子メール、Web システム等の IT インフラの設計、構築、運用を担当している。



新中央計算機システム

中央計算機システムは、2016年9月からレンタルシステムの入替えを行い、運用を開始している。計算機システム

については、CPU が 2.4 倍の約 1 万コア、ディスク装置については 1.8 倍の 13 PB、データを保管するテープ装置については、4.4 倍の 70 PB に増強された。

基盤ネットワーク管理・運用業務

機構のイントラネットワークの整備、外部ネットワークの接続を担当している。その他に出張先や自宅等から機構内ネットワークに接続するための VPN 接続、大学間での国際無線 LAN ローミングを基盤とする eduroam のサービスも行っている。また、サイト間の情報交換の一環として多地点での TV 会議サービスも不可欠とされている。



ネットワークスイッチ

基盤セキュリティ管理・運用業務

機構内には、約 1 万台を越えるサーバとクライアントコンピュータ等がネットワークに登録され、機構内外との通信を行なっている。昨今、情報セキュリティに対する脅威は、外部公開のサーバから標的型攻撃としてフィッシングメール、情報漏洩を狙う内部のコンピュータまで幅広く攻撃のターゲットとされている。KEK CSIRT では、機構内外の通信において予防措置と啓蒙活動を実施し、インシデントの事象が発生した場合、インシデントレスポンスのハンドリングを行っている。

マルチユーザ環境下で IT サービスの監視をセキュアに行えるシステムの開発

KEK の研究を支える情報処理システムの一つである KEK 中央計算機システム (以下、KEKCC) は、450 台以上の計算機が相互に接続され協調し、その上で様々なサービスが動いている。大規模で複雑なシステムの安定性や信頼性を高水準に保つためには、稼働状況をリアルタイムで監視することが必要である。このため、KEKCC をはじめ、CERN IT 部門、フランスの原子核素粒子物理研究所である IN2P3 の計算センター (以下、CC-IN2P3) では、IT サービスの各種モニタリングを行うために、Elasticsearch[1] と Kibana[2] というツールを利用している。Elasticsearch は、蓄積データの中から素早く目的のデータを検索することを可能とする、規模拡張性の高い分散処理型の検索エンジンである。Kibana は、Elasticsearch 内のデータを可視化するためのツールであり、豊富な可視化手法により、時々刻々と蓄積されるデータをリアルタイムに監視・解析することを可能にする。モニタリング対象データを定期的に収集して Elasticsearch に格納し、Kibana により蓄積データ可視化用 Web ページ (以下、ダッシュボード) を必要な数だけ作成してモニタリングを行っている (図 1)。



図 1 Kibana ダッシュボードの例

両ツールは、利用者の認証・承認機能が標準では備わっておらず、複数利用者・グループ間 (以下、マルチユーザ環境下) で共有して使う場合には、誰もが Elasticsearch 内の全データにアクセスできてしまう問題があった。そこで、TYL-FJPL Computing platforms for future experiments プロジェクトのもと、CC-IN2P3 モニタリンググループ担当者との間で議論を重ね、利用者個人の人々のデータへのアクセスを制限し、所属グループ内でのみデータ共有を実現するシステムを考案した (図 2) [3]。特に、考案システムの核となる Kibana 用ブ

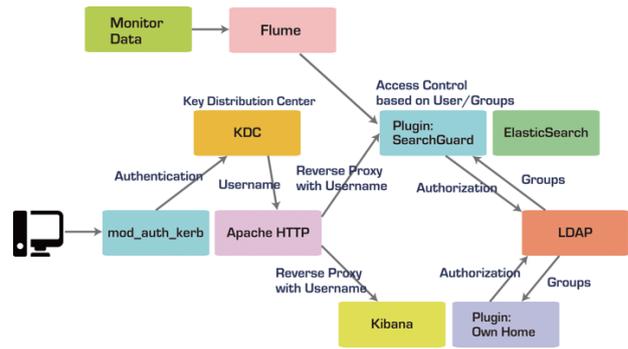


図 2 考案システム概要

ラグインの開発により、個人利用やグループ共有といった用途に応じて、作成したダッシュボードの保存先を利用者が任意に選択できるようにした [4]。Kibana の仕様上、作成した全てのダッシュボードは Elasticsearch 内の同じ入れ物に格納されるため、通常は全利用者間でのダッシュボードの共有を避けることができない。従来、利用者及び所属グループごとにダッシュボードの保存先を分けるためには、分離したい数だけ Kibana サービスを用意し、サービスごとに保存先を静的に設定するしかなく、計算機資源の増加や管理の煩雑化の問題があった。開発したプラグインの導入により、単一の Kibana サービス上においてもダッシュボード保存先を変更することが可能となった。

2016 年秋には、我々の考案したシステムについて興味を持った CERN モニタリング担当者から連絡があった。これまで CERN IT 部門内では、各グループが個別に両ツールを利用してモニタリング環境を構築し管理運用を行っていた。2016 年にこれらのモニタリング基盤を IT 部門で一本化するための準備が進められた。その中で考案システムの詳細な説明やテスト環境の構築、追加機能の実装を通して協力した。

- [1] Elasticsearch: <https://www.elastic.co/products/elasticsearch>
- [2] Kibana: <https://www.elastic.co/products/kibana>
- [3] Wataru Takase et al., "A solution for secure use of Kibana and ElasticSearch in multi-user environment," ISGC 2017, 2017.
- [4] wtakase/kibana-own-home:
<https://github.com/wtakase/kibana-own-hom>

共通基盤研究施設

超伝導低温工学センター



超伝導低温工学センターでは、つくばと東海の二つのキャンパス双方に人員を配し、連携しつつそれぞれの業務を遂行している。その中で技術職員は、冷媒供給及びヘリウム液化機、冷凍機等の高圧ガス機器の運転、維持管理、改修を主務とし、その上で超伝導電磁石開発等の開発研究にも参加している。

概要

つくばキャンパスでは、2014年度末に更新を行ったヘリウム液化機の営業運転開始、液化窒素供給設備の移転、富士回収ステーションの改修が行われた。東海キャンパスでは、冷媒利用者へ供給するための液体ヘリウム貯槽の増強、超伝導トロイダル冷却システムの整備（HD）、中性子源水素モデルータ冷凍システムのトラブルに対する技術支援（MLF）が行われた。

冷媒供給及び高圧ガス設備の運転・維持管理・改修

つくばキャンパスでは、2015年度より新ヘリウム液化機の営業運転を開始した。初期の三ヶ月ほど制御パラメータの微調整等に費やしたが、毎時400Lの液化能力がある本機の稼働で、多い週で4,000～5,000Lある液化ヘリウム供給の依頼を難なく処理できるようになった。また、液化窒素利用者への供給用に使用していた第一低温棟液化窒素貯槽の老朽化により同貯槽を廃止することとなり、液化窒素供給を第二低温棟の貯槽で行えるよう設備の改修を行い、合わせて液化窒素供給を監視室で管理できるよう制御システムの変更を行った。これにより、低温冷媒である液化窒素の安全管理が格段に向上した。更に、遠隔高圧ガス設備の整理・統合の一環として、富士回収ステーションの高圧圧縮機（約15MPa）を廃止し送ガス機（約0.05MPa）を設置する改修を行った。回収ガスの処理量は低下したが、この設備の今後の使用見通しと安全対策を考慮した改修工事となった。

東海キャンパスでは、液化ヘリウム需要の増加に対応するため2014年度にヘリウム液化機を導入したが、これは筑波大学から廃棄になる予定の機器を譲り受けた物で液化ヘリウム貯槽の性能が悪く、熱侵入による蒸発が既存設備の仕様に合わなかったため、貯槽を新規に購入し設置した。これにより、東海キャンパスのヘリウム液化回収循環システムが完成し、多い週で2,000Lほどある液化ヘリウム供給の要求に十

分応じられるようになっている。

研究開発・支援

つくばキャンパスでは、LHCアップグレード用超伝導双極電磁石の開発に大きく貢献した。2015年度から2016年度にかけては、第3低温棟で電磁石製作の基礎試験と試作機の製作、第4低温棟の試験設備で試作機の冷却・励磁試験を行った。この際の第3低温棟テストベンチの制御計測系や第4低温棟のデータ収集システムの整備は主に技術職員の役割となっており、特に計測制御プログラムは技術職員がLabViewを用いて自作した。また、第4低温棟での冷却・励磁試験は大型ヘリウム冷凍機を用いて一サイクル約三週間連続で行われるが、この冷凍機運転は、ほぼ全てを技術職員が担当して行った。この試験結果を基に、現在試作2号機を製作中である。

東海キャンパスでは、ニュートリノビームライン用ヘリウム冷凍機（NU1）や物質生命棟（MLF）のミュオン実験超伝導電磁石用冷凍機の運転維持管理を技術職員主導のチームで行なっている。更に2015年度から2016年度にかけてはハドロンホール（HD）の超伝導トロイダル冷却システムの整備、MLFの中性子源水素モデルータ冷凍システムのトラブルに対する技術支援等も行い、高圧ガス・冷凍機の専門家として大きく貢献している。特に水素モデルータ冷凍システムのトラブルは、連続運転中に徐々に冷凍機内圧が上昇し冷凍能力が低下してしまうという症状についての相談で、低温セクションにおいて技術相談および対処支援を行った結果復旧することができた。また、超伝導トロイダル冷却システムの整備については、一システムの構築に留まらず既存の冷凍機制御システムと統合することにより、ニュートリノ、ミュオン、トロイダルの3冷凍機システムを集中管理することが可能になった。この件で、2015年度のKEK技術賞を受賞した。



つくばキャンパス作業写真
低温棟（つくば）ヘリウム液化機点検作業（上、中）と液化回収システム制御室（下）。背景は第二低温棟ヘリウム液化機



東海キャンパス作業写真
液化機棟（東海）ヘリウム液化機点検作業（上）、液化回収システム（下）と液化冷凍機統合システム制御室（中）。背景はニュートリノビームライン用ヘリウム冷凍機

TOPIC

超伝導コースター

超伝導低温工学センターでは、一般公開を始め、「科学技術週間」や「つくば科学フェスティバル」、「大空マルシェ」で超伝導コースターの実演体験を行っているが、近年中学、高校や科学塾等の KEK 見学で、このコースター体験を希望されるケースが増えている。

以前は年に 1～2 件程度だったが、2015 年度は 5 件、2016 年度は 7 件の見学があった。これに対応しているのが、若手技術職員である。忙しい通常業務の合間に機材整備や資料準備を行い、相手の学習レベルに合わせた分かり易い説明をこころがけている。最近では口上も板につき、広報室から担当の指名も頂ける程になっている。今後も、KEK の社会貢献の一助となるよう努めたいと考えている。



KEK 見学の高校生（団体）に超伝導コースターの実演と説明を行う職員

共通基盤研究施設

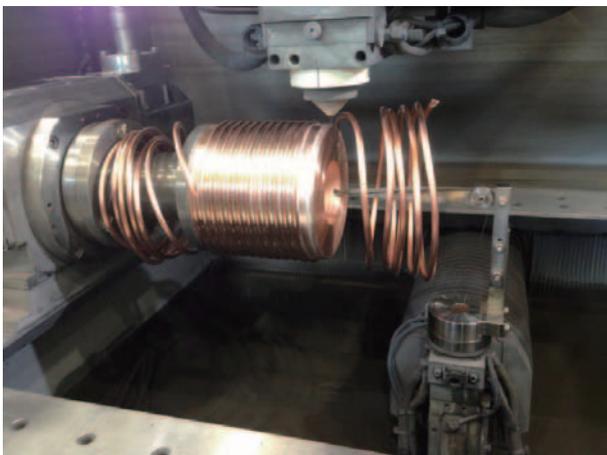
機械工学センター



機械工学センターは、機構内外のプロジェクトからの要請を受けて、依頼加工・製造業務や研究開発としての作業を行っている。機械工学センターに所属する職員は、技術職員が12名（2017/9/1現在、常勤10名、シニアフェロー2名）、他に教員5名、技術補佐員3名の計20名である。機械工学センターの技術職員の仕事は、まず、依頼図面に沿って機械加工を行う製造支援業務がある。2つの加工工場に設備されたマシニングセンタや旋盤、放電加工機などを使って、機構の研究に必要な部品の製作と実験機器の組立や測定を行う。次に、機構の研究所及び施設と一体となって、装置・設備の設計、製作および開発を行うエンジニアリング支援業務がある。SuperKEKB や CERN で行われている HL_LHC 計画などの国内外のプロジェクトに参加し、主に機械工学の分野を担当している。さらに機械技術講習会等を開催して、教育と人材育成も担っている。これらの中からいくつかをピックアップして紹介する。

1. フラックスコンセンレーターの加工

SuperKEKB で使用される新たな陽電子の収束系としてフラックスコンセンレーターが採用され、そのヘッドの加工をエンジニアリング支援として対応した。フラックスコンセンレーターヘッドには0.2 mm 幅のスリット加工を螺旋状に行う必要があり、既存のワイヤー放電加工機ではスリットを



フラックスコンセンレーターヘッドの加工

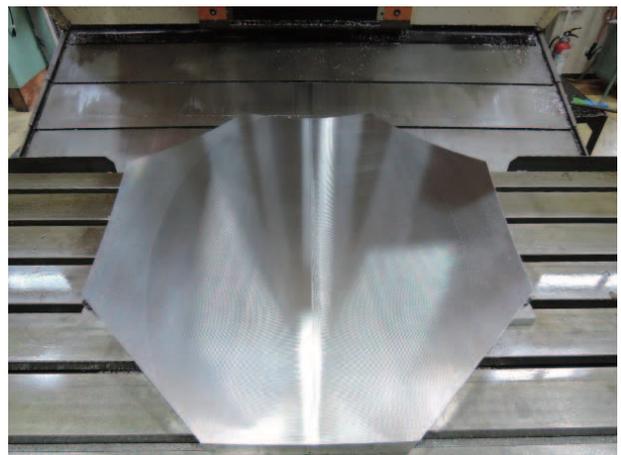
螺旋状に加工することができなかった。そのためワイヤー電極をクランクさせる装置を考案し、開発した。その結果ワイヤー放電加工機の能力を最大限に引き出し、安価で高精度な加工を行なうことに成功した。7年目の若手職員が担当した。この仕事は、平成28年度のKEK技術賞を受賞した。



フラックスコンセンレーターヘッドの外観

2. Polar Bear2 用ミラーの加工

Polar Bear2 の実験に使われる楕円曲面のミラーをマシニングセンタで製作した。幅680 mmの正八角形で、材料はアルミニウム合金であった。裏面は軽量化のための穴あけが126か所あり、約12.4 kg 軽くする事ができた。ミラー面の加工は10度傾けて行い、仕上げ加工の際は面粗度向上のために特殊なコーティングのエンドミルを使用した。5年目の職員が担当した。

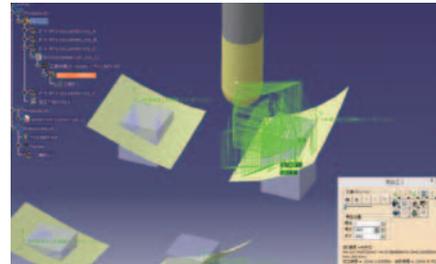


Polar Bear2 用ミラーの加工



Polar Bear2 用ミラーの外観

マシニングセンタを用いて空洞の曲面にフィットするように加工し、そのあと EBW（電子ビーム溶接）により接合した。赤道部 3 か所、アイリス部 6 か所と、センターセル、エンドセルで形状に違いがあるため、12 種類のプログラムで 9 セットの、計 36 本のサポート脚を加工した。2 年目の職員が担当した。



9 セルクーポン空洞のチタン支柱部品
(上図：CAD/CAM 画面)

3. Belle II VTX 用シールド部の製作

Belle II 測定器内部で使用するシールド部品を製作した。検出器の接続ケーブル部分を遮蔽する為の部品で、立体的な配線構造と放射線遮蔽性能の高いヘビメタルを使用している事が特徴である。特に、ヘビメタルはタングステンベースの材料である事から切削加工が難しいため、特殊なネジ切り工具・専用治具・5 軸加工機を駆使して加工を行った。2 種類×各 8 個の部品を製作した。2 年目の職員が担当した。



Belle II VTX 用シールド部品
(上図：Belle II 外観図)

4. 9 セルクーポン空洞のチタン支柱部品の製作

加速器でビームを加速するためにはマイクロ波を投入した空洞が必要であり、空洞の内面は滑らかな状態が求められる。その手法として、電解研磨技術が用いられるが、最適な研磨条件を探る必要がある。その研磨表面を観察するための Nb 試験片を取り付けたクーポン空洞の製作を行った。クーポン空洞に取り付けるチタンのサポート脚は、CAD/CAM と、3 軸

interview

インタビュー

今回は新企画として、普段から多くの技術職員と接しておられる教員の方に、技術職員に対して期待することや将来を語っていただきました。当日はインタビュアーとして田内一弥(素核研)と小山篤(物構研)がお話を伺いました。是非、読んでいただき、技術職員としての目指すところを考える一助としてもらえれば幸いです。



素粒子原子核研究所 エレクトロニクスシステムグループ
田中真伸教授

技術職員に関して

KT (田内) :今回はインタビューを受けていただきありがとうございます。技術職員報告集というものを作っていて、その目玉の記事として技術職員が多くいるグループの教員に技術職員の在り方とか今後など特に若い人向けに語ってもらおうという企画の第一弾ということで田中さんをお願いしました。

技術職員も世代交代が進んできて、ここ10年で若い人が4,50名入って来ています。

研究開発は密にインタラクションできるような連携があってこそうまくいく。研究会や論文からよりも多くのものが得られると思う。もちろん研究会も大事ですが。

T (田中) :放射光とか物構研の方は若いけれど素核研の方が上の方に寄っているんですよ。

K (小山) :加速器が上に寄ってますね。トリスタン加速器を作った時に思っきり入っているのが、50歳くらいにかたまってるんですよ。

T :素核研は技術職員が割とかたまって存在できるグループがまだあるからいいけど、加速器や物構研はどうなんですか？

K :放射光の実験ホール側は今11名技術職員がいるんですけど、X線のビームライン、VUVのビームライン、インターロック・制御の3つのグループに分けていて、それぞれのグループに年齢分布もきちんとするように人を取っていて…

T :あっそうなんですか、では個人でやっているという人は少ないんですね。

K :その11名+教員3,4名のグループがあるのですが、2週間ぐらいに1回そのグループミーティングがあって。

T :え、でも放射光の教員ってもっと人数多くないのですか。

K :放射光全体が研究分野などで8つのグループを作っているのですが、そのひとつにビームラインを作ったり基盤的なことをやるグループがあって、それに技術職員全部と教員2,3名が入っていて、グループで2週間に1回程度集まっています。

T :ああ、それじゃあ割と似た感じではあるんですか。

K :グループの中でも半年に一回ぐらいは今自分が何やっているかとか発表しています。ミュオンは5名しか技術職員いないのですが、マグネットやる人、低温やってる人と、けっこう分かれているんですよ。

T :そういう中でもちゃんと技術職員の意見も含めて、教員と一体となることができるような組織となっているのだったらいいのではないですかね。我々が行う研究開発は、最終的には使えなくちゃいけないですよ。そこには論文や研究会で

は伝わらない多くのノウハウの組み合わせとその改良があるでしょ？それらは実際に一緒に仕事をしてその連携の中で、お互いに自分のまかされた部分以外にもはみだして仕事をしていかないと良いものはできないですよ。つまり自分の責任範囲は明確にして仕事はするけれど、できるだけ関係しそうな他の仕事にも関心を払ってやってやろうっていう態度が基本にないとだめですよ。こういう態度が基本であればそれを高めていくことで自分の将来や組織の将来にも具体的なイメージが描けるようになると思うんですが。

K：放射光では将来計画の検討もいろいろグループ作ってやっているのですが、その中に技術職員もきちっと入っているし、技術職員も意見を持って考えていますね。

若い人たちの意見をどう取りいれるか、どうしたらもっと積極的になってくれるのが悩み。もう少し周りのことに関心を払う習慣をどのようにつけてもらうのか？

T：素核研の技術職員もそうなっているといいですね。

うちのグループは情報に関してはオープンにしているのだけど興味を持ってもらうきっかけがないとなかなか色々意見言ってもらえないではないですか。特に若い人、技術職員っていうか教員もそうなんですけど。そこが難しいですね。

若い人は今自分のやってるプロジェクトだったり、手近なことと手いっぱい、将来のことを考える余裕が少ないと思うのですよ。そのあたりをどのようにして一緒に変えていくか具体策が立てられればもっと明るいものになってくると思うのですが、残念ながらまだそのあたりの取り組みが足りないと感じます。どうすればいいのですかね。何かしら意見を持って積極的に言ってもらわなければならないと思うのですが。

K：素核研は全体会議というのはないのですか。

T：素核研は全体会議だけでなく、昔に比べかなり風通しを良くしようと多くの方が努力しているのですが、一方、プロジェクトベースでグループが出来上がっているの、なかなかプロジェクト間の連携を保つためには個人の努力がかなり必要になってきています。そのなかで技術職員がうまく教員と連携して、横糸として活動できるといいですよ。

K：放射光ではチームを作るのは教員と技術職員で

チームを作ってやりますけど、チームラインが出来たら、技術職員はそこから抜けて次のチームライン作る方に行くので、チームライン付きには今ほとんど技術職員はしてないですね。昔は誰先生関係のチームラインをずっと面倒見るみたいな・私は野村さんのところの面倒見をずっとしていたんですけど、今はそういうことにはなっていません。

T：ああ、昔はそうでしたよね。あのまんまだと技術職員が個別に存在しているだけで、きちんとうまい具合にマンパワーが結集できないから具合悪いのじゃないかなと思ったんですけど、変わったんですね。

K：ええ、意識的にそういう方向に変えていったんです。

T：でも逆にそうしないとまずいですよね。

K：素核研はグループに分かれてきちんとやってるんですよね。

T：そうですね。低温とエレクトロニクスとか J-PARC でチームラインっていうようにわかれていくつかのプロジェクトと連携をしています。

KT：あと個別に和光に一人とかニュートリノに一人とか・

T：個性ややっている仕事およびスキルに依存するので、一人でいけないことはないでしょうが、技術の引継ぎやその更新を長期的に考えるとある程度連携が取れていることが望ましいですよ。放射光はどうですか？



写真左が田中真伸教授、向かって右が田内先任技師、小山先任技師

interview

K：今はあまり一人ではやっていないし、できるだけそうならないようにしています。

教員、中堅技術職員が、若い人たちにとっての行動規範となるような仕事ができているのかが非常に重要でそれが実践できているかどうかはその組織のアクティビティを左右する。

T：少なくともお願いしたいのは教員でも技術職員でも中堅以上は若い人たちの規範になるような仕事のしかたをしてほしいということです。それは仕事への取り組みや考え方もそうですが、接し方もです。会社の場合ってマスが大きいので、とんでもない人がいてもなんとかなるんです。少なくともそういう話を複数の会社の方からは聞きました。ただ機構の規模を考えると会社組織程人数多くないから、その人が他に与える影響って結構大きいし、特に若い人が、あ、ああやってもいいんだって思うんですよ。昔はそれを変えるのに大分苦労しました。それは技術職員だけじゃなくて教員もそうなんですけどね。

K：うちの教員もやっぱり自分のサンプルの実験を中心に実験している方と、チームライン作りやユーザーの面倒を中心にしている方と結構わかれてるんですよ。実験ばかりしているんだったらうちの職員であってやる必要はなくて、大学行って大学から実験来てよって思う人もいます。

T：要は職業人になりきれていないんですよ。自分のミッションは何かというちゃんと理解して行動することが重要で、やりたいことをやればいいということとは、少しベクトルがことなることを体得できているかということだと思います。あと少し論点がずれるんですけど、よく見かける若手技術職員やスタッフ、学生で他人の仕事をまとめて仕事した気になっている人、論文を読んでわかった気になっている人多いですよね。そういう人って多分その人を指導している人がそうなんだろうけど、自分の頭で理解してないので、表面上派手なんですけど何かやらせてみたり、プレゼンで質問したりするとわかってしまいますよね。これはその人にも問題はあるでしょうけど、そうしてもいいと思わせたい側の問題を解決しないとその組織が長期的にだめになってしまいます。それを気にしながらグループ運営をするのでかなり疲れます。そういう観点からするとやはりちゃんとした評価制度は重要なのかなと思います。ただ難しいのは会社は会社の維

持や発展がそこで働いている人の給料や待遇に直接フィードバックをかけますが、機構だとそれが見えずらくなっていることでしょうか？ ただこの問題はさっきまでの話題だった自分のやっていること以外のプロジェクトや機構の将来に関して若い人がどれくらい広い視野で関与できるかという問題にも関係しますが。

若い人たち（技術職員に限らず）と連携して幅広い視野をもって研究開発するために草の根でできること

T：これを改善する方法としてやり方はいくつかあるでしょうけど、今私のレベルでできることは、プロジェクトや組織の壁を越えて仕事することかだと思います。特に技術職員のように同じような基盤技術を持っている人達が他の組織にいる場合は、このような実際の連携を通して、見方に多様性が出来て、柔軟な考え方ができ、より広範囲な物事を見渡せるようになるんです。ただここで重要なのは先に言ったように自分のミッションを十分理解していることと、実際の仕事を通しての連携です。でないと所属プロジェクトや組織に対してよいフィードバックをかけられませんし、ただの研究会のような場では得られない長期的な実際の連携ネットワークを構築できません。そういう観点でみると我々のグループに関しては、素核研だけでなく物構研や加速器等の方たち、他大学や海外研究所との連携で仕事を進めていければと思っています。この連携の中でためることが出来る将来に残していきたい知識や技術をため込むためには、具体的な連携の形がないとシステムティックにたまっていきません。そこでかなり前に多くの方を巻き込んで、OpenIt っていう呼ばれている計測装置開発関連の共同利用研究教育連携を行う研究者ネットワークみたいなのを立ち上げました。内容はWEBページ (<http://openit.kek.jp>) をみて欲しいのですが、その中ではいろんな分野の方が連携してそれぞれの出口を持って開発しているんです。将来はこういうアクティビティがもっといろいろ広まって、今はもやっとしていたネットワークがホントにいろんなレベルで横糸になって、例えば研究所内で、機構内で、国内で広まり国際的に連携できるように育てば、それは日本の国際競争力を幅広い分野で向上させることができることになるのだと思うんですが。

今、技術職員は立ち位置としてよい場所にいるから自分の武器を磨いて積極的にオープンに連携をしつつ多くの仲間ていろいろな仕事をシェアしていくと

新しい仕事のやり方が見えてくる。

KT：そのなかで技術職員はどんな立ち位置なのでしょう
か？

T：こういうことを考えると結構技術職員はいい位置に
いると思いませんか。ただ今後技術職員には出口のことも理解
できる能力がないといけないと思っています。例えば素核研
だったらどういうプロジェクトでこういうことやっていて、
それに対してこういうものが必要で、で技術的にこういうこ
とをやるべきって一連の流れがイメージできる。例えば外国
の研究所なんか見たら、国とか大学にもよるんですけど、エ
ンジニアと呼ばれてる人達がもう結構プロジェクトの内部に
入って IP として流れもコントロールできる立場にいたりし
ます。全員が全員じゃないんですよ。そういう人達が横糸に
なれるように組織に沢山いないと強くないと思うんです。
本当はこのような人たちをどのように養成して組織が
作れるかが、一つの転換点じゃないかと思ってるんです。例
えば天文台なんかは面白い例だと思うんです。天文台の職種
の分け方って、ご存知ですか。僕は天文台の先端技術セン
ターの運営方針を議論する委員会があって、その委員で、
過去何回かそういう議論したことがあって、天文台には技術
をベースに活動する教員みたいなもの、もしくは教員レベル
の技術職員みたいなものを用意して、そこに人を当て
はめて人事しているんですよ。でその人は僕が今言ったよ
うなミッション持ってて、きちんと両方わかってちゃんとあ
るグループを引っ張っていくことを任されてやっている。今
は何人いるかわからないんですけど、そんな人が増えてグ
ループができればかなり強いグループになりますよ。少なく
とも常田さんがセンター長をしているときはかなり危機感
を持ってやりました。

流れとして、別に僕がいる間じゃなくてもいいのですけど
ずうっと遠い将来でもいいのですけどそういう形でうまくま
とめられるようなコアな人がここで何人が育て、その育っ
た暁にはプロジェクトや組織へ横糸が通せるようになれば、
機構にとってもいいし、各研究所、施設にとってもいいし、
技術職員全体にとってもいいと思いますよね。そういう風
になった時のことを考えながら逆に言うと E-sys の人の育て方
とか運営、技術的なことを何をやるかということをもあ考
えているというのが現状ですね。やっぱり考え方としては今は
素核研メインで、技術としては幅広くやりつつも、少ないマ
ンパワーで済むように他の組織と補完しあいつつ横のつなが

りを徐々に強くしていくようなことは考えてます。ここ数年
で技術的には世界を先導できるレベルまでもっていきたく
いですね。ここ数年素核研の首脳部の皆さんから多くのサポ
ートをしていただいて徐々に体制は整いつつあるので楽しみに
しててください。もし興味がある人がいたら話をしておい
てくれませんか？ 一緒に世界の先頭を走りましょうよ。

若い人たち（技術職員に限らず）へ期待していること

KT：そろそろ時間なので、ちょっとまとめに入らせてく
ださい。

T：じゃあ若い人に言っておきたいことをひとつ。ここの
ミッションをはっきり理解していて、一緒にコラボレーショ
ンできそうな教員とペアを組んで技術の出口を更に広げてい
くというのが重要で、技術の観点から考えたら、この技術は
素核研にも放射光にも加速器にも役に立つというのが、一番
いい姿だと思うんです。そう言う風になれるように組織の壁
はあっても横のつながりを保てていけるようになっていけば
よくて、将来研究の多様性を保ちつつ機構や研究所が進んで
いった場合、近い将来マンパワーの関係から分野横断的仕事
をせざるを得なくなります。その時にキーマンとなれるよう
に、今のままじゃなくもっと自分を研鑽する目標を定義して、
自分を高めていってもらえればいいのだと思います。そのた
めには当然ですが自分のよって立つ技術は必要になります。
僕若い人にいつも言うんですが、技術を高めて面白いことが
できないようならば、ここ出ていっちゃっていいんですよ。
優秀な人たちにどれだけ魅力的な仕事を提案できるかは組織
のリーダーの仕事です。将来への考え方がしっかりしていれ
ば、絶対技術職員は有利なんだ僕は思ってます。だから若い
人は自分を活かす道を考えながら、技術を身につけていって
欲しいと思っています。

KT：私も若い人たちが将来を考えつつ、自己を高めてい
てもらえれば良いかなと思います。今日はどうもありがとう
ございました。

K：色々面白いお話どうもありがとうございました。

2.1 科研費

科研費の研究種目には文部科学省・日本学術振興会から交付される基盤研究、若手研究、奨励研究等がある。過去に応募の多い基盤研究は、期間が3年から5年で選択ができ、基盤研究(C)は500万円以下、同(B)は500万円から2000万円以下等と予算の範囲が決められている。研究機関に採用されたばかりの研究者や育児休暇から復帰した研究者等が1人で行う研究活動スタート支援は期間が2年以内で単年度当たり150万円以下、39歳以下の研究者が1人で行う研究である若手研究(A、B)は期間が2-4年でAが500万円から3000万円、Bが500万円以下となっている。採択率は年によって変化するが基盤研究(C)は、平成27年度、28年度ともに29.5%であった。

平成15年度以前は、技術職員は研究者番号を持っていなかったため、奨励研究を除く科研費の申請はできなかったが、

平成16年度に技術職員の研究者登録がなされ、平成17年度の申請以降、研究者として科研費申請を行うことが可能になった。

図1は平成27年度、図2は平成28年度の科研費の応募及び採択状況である。平成27年度に応募7件に対して採択1件、平成28年度は14件の応募に対して1件採択となっている。

(1) 平成27年度採択

基盤研究(C)「印刷技術を用いた飛跡検出器用集積回路高密度実装技術の開発」庄子正剛(素粒子原子核研究所)

(2) 平成28年度採択

基盤研究(B)「SiC複合材料による大強度パイオン・ミュオン生成標的の開発」牧村俊助(物質構造科学研究所)

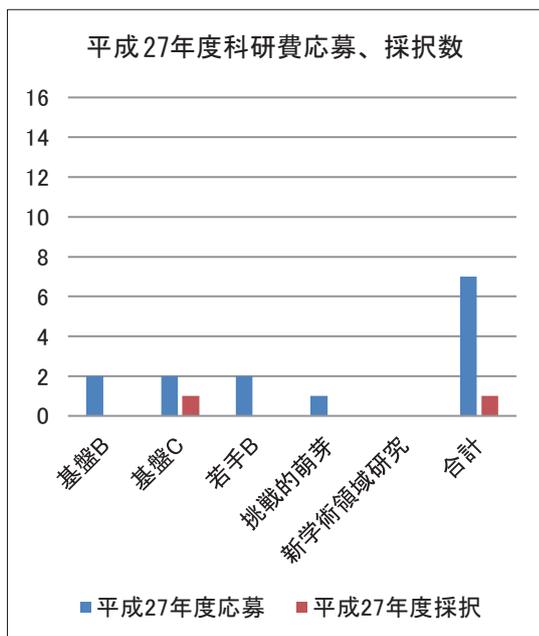


図1 平成27年度科研費応募数及び、採択数

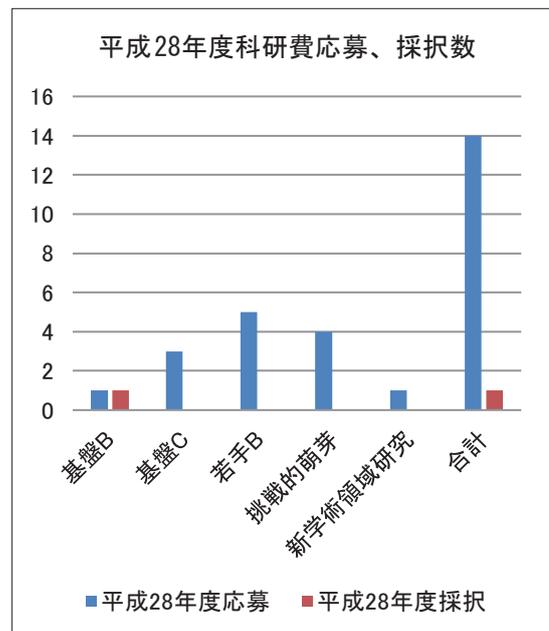


図2 平成28年度科研費応募数及び、採択数

2.2 特許等

発明届は特許出願の前手続きである。法人化後（平成 16 年度）から手続きが整備されたもので、毎年 20 件程度の届け出がある。表 1 は発明届、表 2 は著作権届の件数を示している。発明届は、平成 20, 23 年度は 0 名であった。それ以外の年度は 2～3 名の技術職員が関わっている。

著作権については、発明届同様法人化後に整備されたものである。全件数は年度によってばらつきはあるが、平成 20 年度から 28 年度においては技術職員が関わった件数の割合が過半数を超えるが、関わる人数はほぼ横ばいとなっている。

表 1 発明届

| 年度 | 全届出件数 | 内技術職員に係る件数 (技術職員のみ の件数) | 技術職員数 | 内訳 | |
|----|-------|-------------------------------|-------|-----|-------|
| | | | | 発明者 | 共同発明者 |
| 20 | 15 | 0(0) | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 19 | 1(0) | 1 | 0 | 1 |
| 22 | 18 | 3(1) | 3 | 2 | 1 |
| 23 | 33 | 0(0) | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 21 | 3(0) | 3 | 1 | 2 |
| 25 | 19 | 1(1) | 2 | 2 | 1 |
| 26 | 15 | 3(0) | 3 | 0 | 3 |
| 27 | 12 | 3(1) | 3 | 1 | 2 |
| 28 | 10 | 2(1) | 2 | 1 | 1 |

表 2 著作権届

| 年度 | 全届出件数 | 内技術職員に係る件数 (技術職員のみ の件数) | 技術職員数 | 内訳 | |
|----|-------|-------------------------------|-------|-----|-------|
| | | | | 創作者 | 共同創作者 |
| 20 | 4 | 3(0) | 3 | 3 | 0 |
| 21 | 6 | 4(2) | 4 | 2 | 2 |
| 22 | 1 | 3(0) | 3 | 0 | 3 |
| 23 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 24 | 4 | 3(1) | 4 | 2 | 2 |
| 25 | 6 | 6(1) | 4 | 2 | 2 |
| 26 | 5 | 3(2) | 2 | 2 | 0 |
| 27 | 3 | 3(2) | 3 | 3 | 0 |
| 28 | 2 | 2(2) | 2 | 2 | 0 |

注 平 25 年度は実用新案 1 件を含む

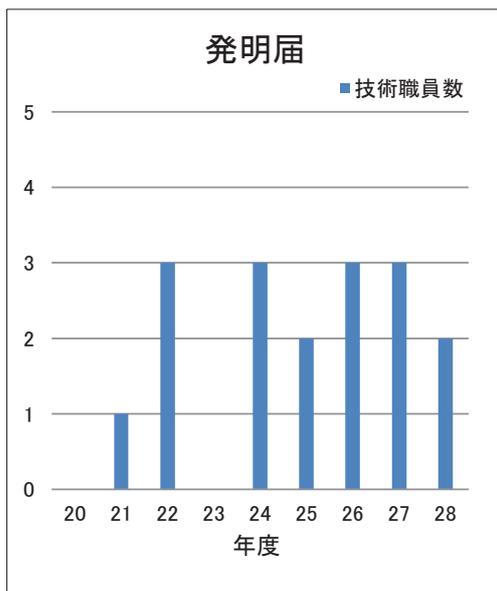


図 3 発明届（技術職員）

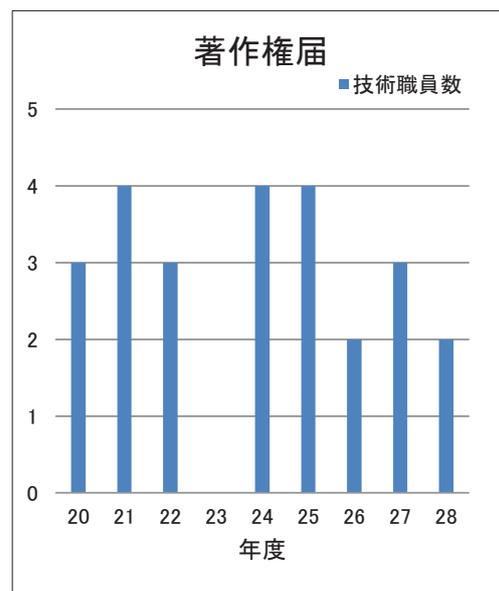


図 4 著作権届（技術職員）

2.3 イベント出展

イベントへの出展ではイノベーションジャパン、つくばテクノロジー・ショーケース（TXテクノロジー・ショーケース in つくばに名称変更）及びつくば産学連携推進市がある。特にイノベーションジャパンと TX テクノロジー・ショー

ケース in つくばには、KEK から平成 20 年度以降継続的に出展されている。これらの出展の多くは大学や公的研究機関の研究者であり、大学や公的研究機関の技術シーズを発表して技術移転を促すために行われている。

表 3 イベント出展

| 年度 | 全出展 件数 | 内技術職員に係る 件数（技術職員 のみの件数） | 技術 職員 | 内訳 | | イベント名 |
|----|-----------|-------------------------------|----------|-----|-----------|-------------------------|
| | | | | 出展者 | 共同 出展者 | |
| 20 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | いばらき産業大県フェア 2008 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | イノベーションジャパン 2008 |
| | 4 | 1 (0) | 2 | 0 | 2 | TXテクノロジー・ショーケース |
| | 1 | 1 (0) | 2 | 0 | 2 | つくば産産学連携推進市 |
| 21 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | イノベーションジャパン 2009 |
| | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | TXテクノロジー・ショーケース in つくば |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | つくば産産学連携推進市 |
| 22 | 1 | 1 (1) | 4 | 1 | 3 | イノベーションジャパン 2010 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | TXテクノロジー・ショーケース in つくば |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | つくば産産学連携推進市 |
| 23 | 1 | 1 (1) | 4 | 1 | 3 | イノベーションジャパン 2011 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | TXテクノロジー・ショーケース in つくば |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | つくば産産学連携推進市 |
| 24 | 1 | 1 (1) | 4 | 1 | 3 | イノベーションジャパン 2012 |
| | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | SATテクノロジー・ショーケース in つくば |
| | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | つくば産産学連携推進市 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | イノベーションジャパン 2013 |
| | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | SATテクノロジー・ショーケース in つくば |
| | - | - | - | - | - | つくば産産学連携推進市 |
| 26 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | イノベーションジャパン 2014 |
| | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | SATテクノロジー・ショーケース in つくば |
| | - | - | - | - | - | つくば産産学連携推進市 |
| 27 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | イノベーションジャパン |
| | 5 | 2 (1) | 2 | 1 | 1 | SATテクノロジー・ショーケース in つくば |
| | - | - | - | - | - | つくば産産学連携推進市 |
| 28 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | イノベーションジャパン |
| | 3 | 2 (2) | 2 | 2 | 0 | SATテクノロジー・ショーケース in つくば |
| | - | - | - | - | - | つくば産産学連携推進市 |

注：つくば産産学連携推進市の開催についてはテーマが KEK の業務と異なるため不参加（平成 25 年度以降）

2.4 共同研究

KEKで行われているいわゆる共同研究には民間等との共同研究、受託研究、共同開発研究、大学等連携支援事業など様々な形がある。

民間等との共同研究は、企業など外部機関の研究者と、産学の立場で独創的な研究を行う。共同研究に関する覚書は、共同研究のために研究機関の間で結ばれるものである。受託研究では民間や公的機関を問わず受けることができるが、共同開発研究は民間を除く公的研究機関研究者が共同して研究を行うことを目的とするものである。また、科研費、科学技術振興機構（JST）、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）など競争的資金に係る共同研究も広い意味での共同研究である。

これらの共同研究には以前から多くの技術職員が関わってきた。しかし、一部例外（共同研究に関する覚書）を除き、従来からこれらの研究の研究代表は教員のみだった。法人化前は、実質的に研究を代表しても技術職員は研究者番号を持っておらず、研究者の一員として認められなかったため、代表者にはなれなかった例もある。しかし法人化後、技術職員も研究者番号を持つことができるようになって状況は変化しつつあり、平成24年度に1件、技術職員が代表者となって共同研究が行われた。また毎年2人前後の技術職員が共同研究に関わっている。

表4 共同研究参加数

| | 共同研究件数 | 技術職員参加共同研究件数 | 参加技術職員数 |
|-----|--------|--------------|---------|
| H22 | 53 | 12 | 21 |
| H23 | 63 | 21 | 31 |
| H24 | 59 | 18 | 23 |
| H25 | 60 | 18 | 25 |
| H26 | 71 | 19 | 26 |
| H27 | 81 | 25 | 32 |
| H28 | 79 | 22 | 28 |

注：参加技術職員数は、各共同研究に参加している人数であり、同じ者が複数の共同研究に参加している場合は複数でカウント

3.1 KEK 技術賞

KEK 技術賞は、高エネルギー加速器研究機構における技術上の優れた業績を表彰し、広く技術の発展に資することを目的として平成 12 年度に創設された。推薦された技術賞候補案件は、各研究所、研究施設、技術部門及び管理局から選出された委員による「KEK 技術賞専門部会」において審査

される。審査は各推薦者によるそれぞれの技術内容紹介と技術開発現場における候補者本人によるプレゼンテーション、現場説明を必ず行なった上、部会において審議を行う。こうした審査を経て、技術賞は所長会議に答申される。

以下に、平成 27 年度、平成 28 年度技術賞の要旨を掲載する。

平成 27 年度技術賞

国際リニアコライダーのための低エミッタンス極小電子ビーム技術開発に必須な 加速器アライメント技術開発に対する貢献

加速器研究施設 荒木 栄

国際リニアコライダーのための技術開発を、KEK の先端加速器試験装置 (ATF) で行っています (図 1)。ダンピングリング (ATF-DR) で低エミッタンス電子ビームを実現させて、ATF2 ビームラインでは極小ビームの実現やナノメートルでのビーム安定化に向けた研究を進めています。加速器のビームラインは加速空洞や電磁石などがビーム光学系に基づき配置され、粒子の振動を抑えつつ、電子ビームを目標サイズに絞るためには、所定の位置に高精度でアライメントする必要があります。

ATF-DR では、電磁石の設置精度が横方向： $\sigma_x < 90 \mu\text{m}$ 、高さ方向： $\sigma_y < 60 \mu\text{m}$ 、ビーム軸回転： $\sigma_\theta < 0.2 \text{ mrad}$ で規定されています。ATF2 ビームラインでは世界最小 37 nm の極小ビームサイズを目指すために、より精密な軌道を要求します。ビームベースのアライメント法は、高精度の電磁石アライメントを仮定した上での補正方法であり、機械的なアライメントが重要で主要電磁石のベース架台には、共振しにくいコンクリート製が使用され、遠隔操作でマイクロン単位の位置調整が可能なアクティブムーバーも組み込まれています。その要求精度は ATF-DR と同程度です。

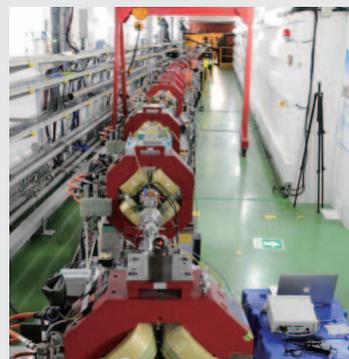
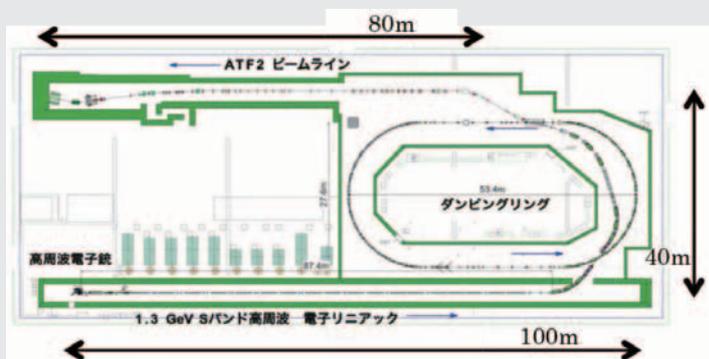


図 1 ATF 加速器のレイアウト (左図) と ATF2 ビームライン測量 (右図)

精密アライメントの実践には、(1) 高精度測量機材を使用する環境での実用校正および精度検証。(2) アライメント対象物と測定器に適した精密位置調整機構の設計。(3) 対象物の電磁石などに適切な工作精度で基準点や基準面の設置。これらを組み合わせて、必要とされる精度を達成する仕組みを構築することが重要なポイントです。

1990 年代半ばにレーザー干渉型位置測定装置 (レーザートラッカー：LT) として可搬型の 3 次元測量器が登場して、KEK で初めて加速器建設に採用しました。LT の動作試験や精度確認を行い、8 m の範囲を $50 \mu\text{m}$ の精度でアライメントできることを確認して DR 建設とアライメントに利用しました。また、ATF での電磁石アライメントに適応するように、SMR ターゲットホルダーや電磁石上の基準面のあり方を再検討して、バックラッシュの少ない中間調整台などの架台や機材も開発しました。高さ測量 (水準測量) には、チルティングレベル (Y レベル) を使用して目視視準できるアナログタイプとスタッフパーを用いるデジタル Y レベルを使い分けています。ビーム軸回転の計測には電磁石基準面上で気泡管 (0.02 mm/m) やデジタル傾斜計を使用しています。高精度が不必要な粗調整やビームチェンバーのラフアライメントには、セットアップ

が容易な直接目視が可能なローテーティングレーザーやレーザー下げふりを用います。使用機材は適材適所で使い分けして効率化を進めています。

ATF では、電磁石約 300 台を含む、総数 400 台余りの装置にアライメントが必要です。見通しがきかない規模のアライメントには電磁石基準点に加えて補助基準点の設置が必要です。電磁石基準点の等級分けをおこない、直線部と曲線部を分割して 6 つのエリアに区切り、六角形を重要な 3 次元基準点とした測量ネットワークを構築しました。そして、アライメントの手順として、(1) 基準点・高さ基準の変動の確認、(2) 適切な機材の選定 (測量範囲、精度)、(3) データベースの整備 (20~50 点 @ LT × 20 力所) を進めます。加速器の設計座標データや過去データと比較することにより、測定ミスと環境変化の影響なのか判断できます。

ATF-DR 曲線部は作業の効率化とアライメントのために、36 台の架台ユニットがあり、各ユニット定盤上の 7~8 台の電磁石を先に精密に配置しておきます。定盤は 3 つの脚で支持され全体の位置調整が可能な機構を持ちユニット毎に位置微調整ができます。架台ユニット上の電磁石アライメントの測定値と設計値の残差 (36 台分) を図 2 に示します。

加速器アライメント手順を確立すれば、再アライメントは比較的簡単です。2011 年 3 月の東日本大震災では、ATF 建屋も大きな被災を受けましたが、電力ラインなどユーティリティ復旧と合わせて、ビームライン復旧も順次進めました。ATF 加速器の入射部からビームダンプまで約 300m に渡る再アライメントを実施しました。架台ユニット間の接続部ベローズの一部破損などがあり、部分的に 5mm 程ビームラインが乱れましたが、滑らかにつながるように 1 次調整アライメントを進めて、作業開始からほぼ 1 ヶ月後にビーム運転が可能になりました (図 3)。

ATF ビーム運転において、DR は夏と冬で周長が変化するので、ビーム運転時には DR 周回の RF 基準周波数を振って軌道センターを維持するように調整しています。また、ビームライン変動は水平方向だけでなく、鉛直方向にも現れて、季節変動では戻らない、アライメントエラーが徐々に増加します。鉛直軸測定は Y レベルと LT を併用して設置精度を解析しています。周期的な変動成分を予測しながら、ビーム実験時に大きなズレが生じないように精密アライメントをします (図 4)。ビームラインを構成する電磁石以外のビームパイプ、小型装置やビーム位置モニタ (BPM) などのアライメントも重要です。基準座を持たない小型装置には LT が使用できないので、可搬型の 3 次元多関節測量器 (アーム) を新たに導入する事で、それらの局所的な測量もできます。その際、電磁石基準点や補助基準点を活用することにより加速器全体の測量データと融合させて設置位置の座標を定めて、加速器全体の精密アライメントを 0.1mm 精度以下に組み込むことが可能です。

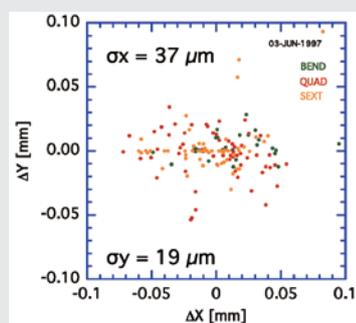


図 2 架台ユニット上の組立精度 (36 台分) 横方向: $\sigma_x=37\mu\text{m}$ 、高さ方向: $\sigma_y=19\mu\text{m}$

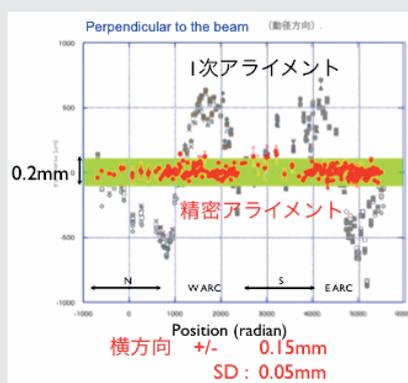


図 3 DR アライメント結果
横方向の精度: $\sigma_x=50\mu\text{m}$
(2011 年 9 月)

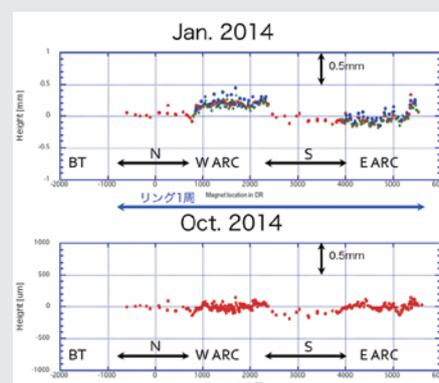


図 4 DR 精密アライメント結果
高さ方向の精度 $\sigma_y=54\mu\text{m}$ (下図)

ATF ビーム技術開発の基礎には低エミッタンスビームが必須です。加速器に於ける測量技術を確立して、ATF-DR で 2003 年当時に 4pm の世界最小低エミッタンス電子ビームの実現。そして、2016 年 2 月には ATF2 ビームラインの最終収束点で縦方向を 41nm の世界最小ビームの達成に精密アライメント技術で貢献しました。

これまで学生を含む ATF 共同研究者や業務委託業者と共にアライメント作業を進めて、レーザートラッカーや各種測量機器の取り扱いやデータ処理方法などの技術教育も進めました。ILC や ERL などの次世代の先端加速器では、更なる低エミッタンスビームの実現とその安定な維持が求められており、高精度アライメント技術が一層重要です。今後はこれら測定技術の高度化を進め、振動や周期的な変動の原因を探り、より安定で高精度な加速器開発に役立てて行くことが期待されています。

平成 27 年度技術賞

E36 超伝導トロイダル冷却システムの再構築ならびに J-PARC 内低温設備の集中監視システムの整備

共通基盤研究施設 大島 洋克

はじめに

J-PARC ハドロンホールで実施される E36 実験では、超伝導トロイダル磁石による磁場が利用された。この超伝導トロイダル磁石は、2004 年までつくばキャンパス北カウンターホールにて利用された後、同所に残置されていたが、再利用に向けて 2012 年度から 3 年越しで再生した。また再生にとどまらず、J-PARC の他のヘリウム冷凍機と連携する新たな制御・監視系を整備し、運転要員の増員を避けつつ安全な運転を確保した。同システムは、2015 年の 4 月に工事を終え、5 月より E36 実験に供用開始され、同年 12 月の実験終了まで安定に稼働した。その後、磁石は撤去し、冷凍機は COMET 実験での利用に向けて、整備を進めている。

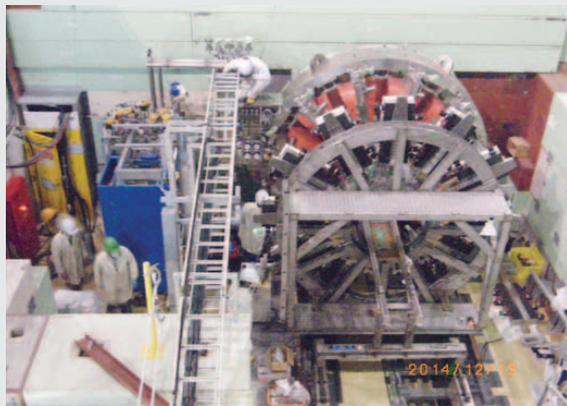


図 1 超伝導トロイダル磁石と冷凍機設置工事

タービン膨張系統 35 g/sec に分流する。このうちタービン膨張系への流れは、一度超伝導電磁石クライオスタット内の輻射シールドを巡って 80 K に冷却し、T1 に至る。一方 JT 膨張系はさらに分流し、7 g/sec が実際に電磁石冷却系に流れ、残り 8g/sec は貯液槽に直接 JT 膨張して液化する。電磁石に送られる 2 相流は、貯液槽中の液体ヘリウムと熱交換した後に JT 膨張するので、より高い液相の比率となる。なお、この冷却システムは、冷凍機と電磁石ともに液化窒素を必要としないので、液体窒素貯槽 (CE) は付設されていない。

冷却システムの構成

図 2 に冷却システムの構成を示す。冷却システムは、圧縮機、冷凍機、超伝導トロイダル電磁石 (以降「電磁石」と記す) 及び中圧タンクと、これら間を連結する常温配管もしくは真空断熱管(トランスファーチューブ)で構成されている。この他ユーティリティとして、冷却水設備、励磁電源や各機器の制御盤が設置されている。冷凍機の概略フローを図 3 に示す。2 台の膨張タービン T1、T2 と JT 弁を有するクロードサイクルの冷凍装置である。冷凍機の低温端には、ヘリウム気液 2 相流を効率的に生成して電磁石に送るため、貯液槽 (容量: 20 L) を内蔵している。圧縮機から供給される 0.9 MPa、約 50 g/sec のヘリウムガスは、戻りガスとの熱交換で約 80 K まで下がり、JT 膨張(液化)系統 15 g/sec と、

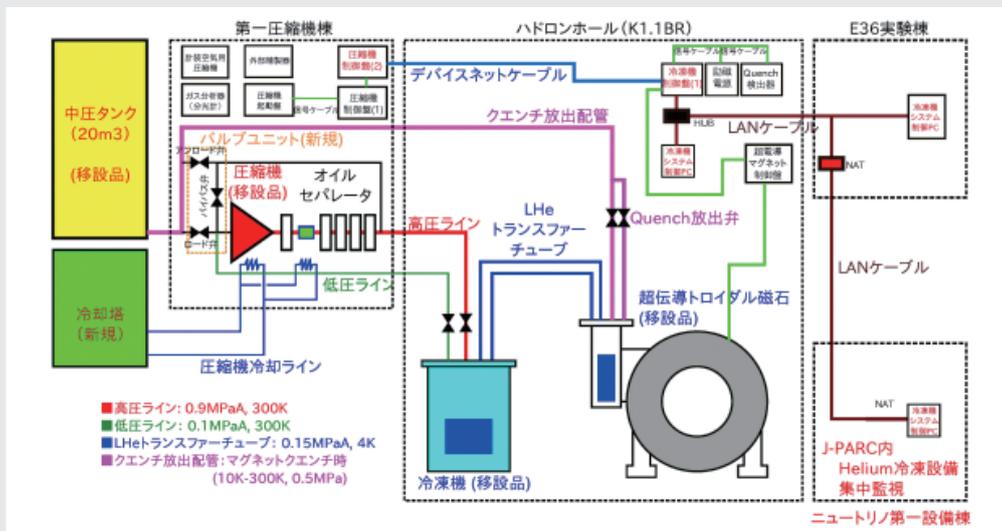


図 2 超伝導トロイダル電磁石冷却システム構成

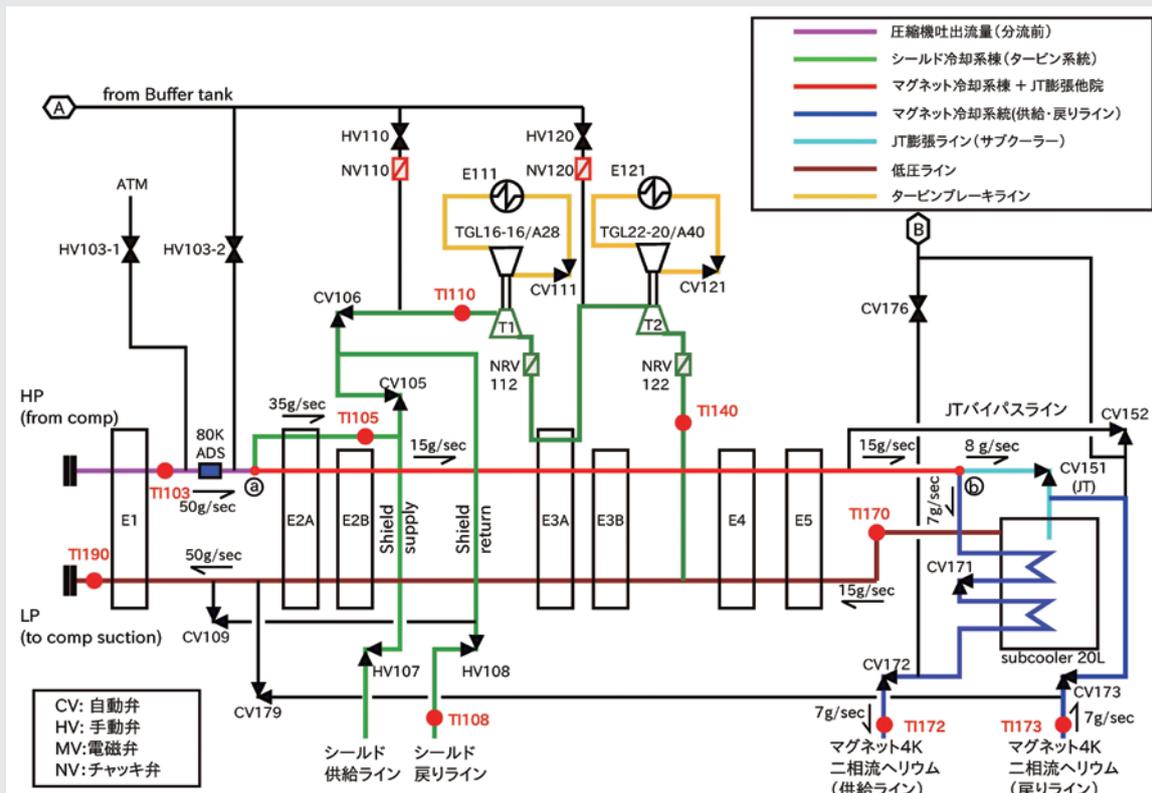


図3 コールドボックス (クールドサイクル) 概略フロー

制御システムとプログラミング

制御システムは、ミニコン (PDP11) 上で動作していた SULZER 社 SATTCON より J-PARC の他のヘリウム冷凍機で採用された大陽日酸製デジタル制御システム De-MPICS に置換えた。またその入出力信号処理 (AD/DA 変換、論理接点) 部は、M-SYSTEM 社の R3 シリーズ (デバイスネット) を用いて構築した。通常、制御システム内に組み込む運転プログラム (信号処理、ループ制御、シーケンス制御、インターロック、操作画面など) は、冷却システムハードウェア整備と一括で外部に発注する。今回、旧制御システムからの運転プログラム読み出しは外部委託したものの、De-MPICS への移植後のデバッグから、試運転中の修正に至るまで、自力で仕上げた。特に移植された制御プログラムが、J-PARC の他の冷却システムとは違う運転ロジックに基づいた箇所が多く、その理解とデバッグは相当苦労した。

他の冷凍機制御系との連携

他の冷却システムの De-MPICS と本制御システムは加速器 LAN を通じて連携が可能で、それぞれの制御システムが担当する設備の制御処理をしつつ、集中 (遠隔) 監視と操作が可能になる。本制御システムも J-PARC 低温セクション員や運転員が常駐するニュートリノ第 1 設備棟より、遠隔監視と操作ができるように整備し、運転員の増員や運転室の整備は不要とした。

まとめ

E36 実験用の超伝導電磁石システムを COMET への展開も含めて構築した。特に制御プログラムに関しては、旧制御プログラムの読み出しと制御内容の理解、新制御系への入力とデバッグ、追加機能のプログラミング、試運転での最終調整を貫徹し、安定した冷却運転を実現した。冷却システムの集中監視システムを構築し、運転操作員を増員することなく、既存のニュートリノ超伝導ビームライン、MLF ミューオン D ライン、液化ヘリウム供給設備と同時期に E36 超伝導トロイダル電磁石システムを運転することができた。

平成 28 年度技術賞

フラックスコンセントレータヘッドの螺旋スリット加工方法の開発

共通基盤研究施設 機械工学センター 岡田 尚起

SuperKEKB の陽電子生成量は KEKB のおよそ 4 倍であり、これまでの陽電子の収束に使用していたパルスコイルに代わる新たな収束系としてフラックスコンセントレータ型パルスソレノイド (図 1) を採用しました。陽電子はターゲットに電子ビームを当てることにより生成されますが、出来た直後の陽電子は大きな角度広がりを持ち、四方へ飛び散ってしまいます。これを抑え、効率よく陽電子を捕集し後段の加速管へ導くために、フラックスコンセントレータヘッドに強力な磁場を発生させ陽電子を収束させます。フラックスコンセントレータヘッドには 0.2 mm 幅のスリット加工を螺旋状に行う必要がありますが、このスリット加工をワイヤー放電加工機で行ないました。既存のワイヤー放電加工機ではスリットを螺旋状に加工することができないため、ワイヤー電極をクランクさせる装置を開発し、専用加工機を使用せずに、機械工学センターが所有しているワイヤー放電加工機の能力を最大限に引き出し、安価で高精度な加工を行なったので、それについて報告します。

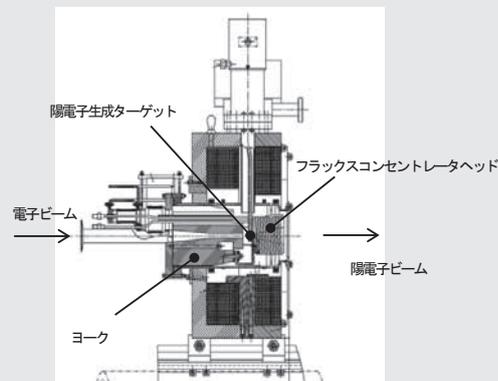


図 1 フラックスコンセントレータ型パルスソレノイド

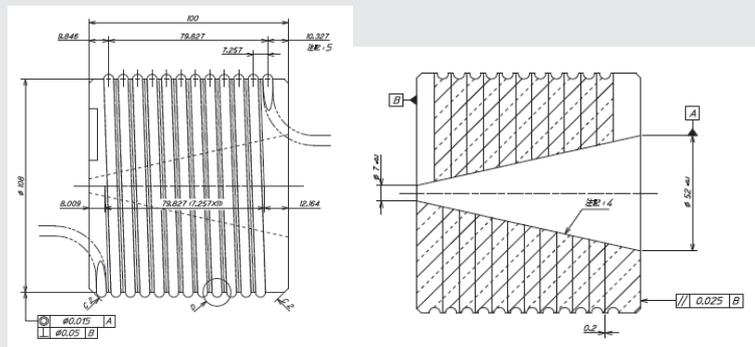


図 2 フラックスコンセントレータヘッドの形状

フラックスコンセントレータヘッドは外径 ϕ 108 mm、長さ 100 mm の無酸素銅の円筒中央にコーン状 (小径 ϕ 7 mm、大径 ϕ 52 mm) の穴があいています。ここに 0.2 mm 幅のスリットを 7.257 mm 間隔で螺旋状に加工しコイル状にします。外周部にはスリットに沿って溝が切られ、電流入力と冷却のため無酸素銅パイプが口ウ付けされています。この無酸素銅パイプに最大 12 kA のパルス電流を流すことで内部に強力な磁場を発生させる構造となっています。フラックスコンセントレータヘッドを加工する上で重要と考えるポイントを以下に示します。

- ① 磁場をコントロールするため、スリット幅及びピッチの精度を ± 0.1 mm 以下にする必要がある
- ② 放電を抑えるため表面粗さの向上とエッジ部のバリを抑える必要がある
- ③ スリット加工は無酸素銅パイプを口ウ付けした後に行なう必要があり、引出線の処理方法や加工方法を検討する必要がある



図 3 フラックスコンセントレータヘッド

フラックスコンセントレータヘッドに必要なスリットは、幅が狭く、深さも深いため、スリットを加工できる工具も無く一般的に知られている工作機械での加工はほぼ不可能です。そこで、機械工学センターで所有するワイヤー放電加工機を改良し加工を行なうこととしました。

図4は今回開発したワイヤークランク装置です。ワイヤー電極は ϕ 0.15 mmの真鍮ワイヤーを使用しました。ワイヤークランク装置は水中で使用されるためステンレス材を使用し、下ノズルのネジ部に取付ける構造として容易に交換可能としました。アーム部は円錐状の穴に通すため先端部を細くし、根元部は出来るだけ太くし剛性を上げました。アームの高さは回転中心に位置し、長さを130.9 mmとし、下側ワイヤーに角度をつけることで、ワイヤークランク装置とフラックスコンセントレータヘッドが干渉しないように設計しました。また、アームの先端部は ϕ 7 mmの内径に通すためプーリーが取り付けられないため、半割にしたガイドでワイヤー電極を曲げる構造としました。ガイドは摩擦による消耗を抑えるため、耐摩耗性のあるサファイヤを採用しアルルダイトにより接着し固定しました。後端部のガイドは、絶縁が必要と考えマシナブルセラミックスのプーリーを製作しすべり軸受のガイドとしました。しかし、摩擦によるガイド部や軸受部の摩耗によりワイヤーテンションが乱れ加工が困難となったため、プーリーの材質や軸受構造をいろいろ試した結果、ワークとワイヤー電極は絶縁されていて導電性があっても良いことがわかりステンレスのプーリーとボールベアリングによるガイドを採用しました。

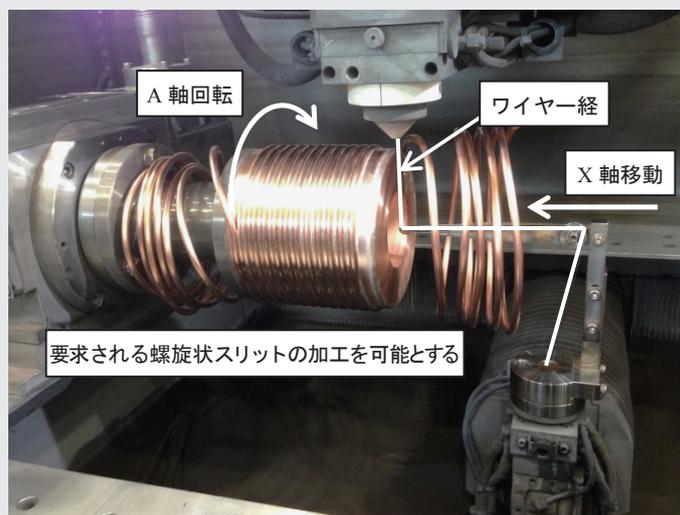


図4 螺旋スリット加工の概念

フラックスコンセントレータヘッドの加工に取組み、開発したワイヤークランク装置を用いることによって従来では加工ができなかった形状の製品を要求される加工精度で加工することが可能となりました。

フラックスコンセントレータヘッドは2012年から現在までに10台製作しました。3号機は陽電子生成標的や補助用のDCソレノイドなどを一体化したアセンブリに組み込み、実際のビーム運転に使用するために2014年4月に電子陽電子入射器トンネル内のビームラインに設置しました。続いて5月より運転を開始し所定の磁場強度を達成し陽電子ビームの生成に成功しました。測定結果からも定格電流の半分ではあるが問題なく磁場も発生し陽電子が生成されているのがわかりました。

2016年2月よりSuperKEKBはphase 1運転を開始しました。phase 1ではリングのビームパイプを蓄積した荷電粒子からの放射光で焼き出し、真空度を向上させるといことが大きな目標の一つです。そのためには入射器から安定で、十分な量のビーム供給が不可欠ですが、本件で開発したフラックスコンセントレータは約5ヶ月間の運転においてほぼ休むことなく、陽電子ビームを供給し続け、phase 1運転の目標達成に対し、中心的役割をはたすとともに、大きく貢献しました。

3.2 過去技術賞受賞者

平成 12 年度

アトラス・シリコンストップ・モジュールの開発

高力 孝 (素粒子原子核研究所)

PF ビームライン・インターロックシステムとその集中管理システムの開発

小菅 隆 (物質構造科学研究所)

ヘリウム液化冷凍機の連繋運転と制御システムの自動化

大畠 洋克, 飯田 真久 (共通基盤研究施設)

卓越した超精密加工技術

高富 俊和 (共通基盤研究施設)

平成 13 年度

中性子散乱用位置敏感検出器、PSD2K システムの開発

佐藤 節夫 (物質構造科学研究所)

LHC 用強収束超伝導四極電磁石の開発

寺島 昭男, 東 憲男 (共通基盤研究施設)

BELLE 検出器用鉄構造体の開発

山岡 広 (素粒子原子核研究所)

平成 14 年度

ニュートリノビームライン用電磁ホーンシステム

山野井 豊, 鈴木 善尋 (素粒子原子核研究所)

平成 15 年度

PF リング入射用 6.25Ω 伝送線型キッカーマグネット及び電源システムの開発

上田 明 (物質構造科学研究所)

Belle シリコンバレット検出器 (SVD) の構造設計と製作

工作センター SVD エンジニアリンググループ (小池 重明, 大久保 隆治, 佐藤 伸彦, 鈴木 純一)

平成 16 年度

該当なし

平成 17 年度

大電力高周波加速空洞の空気冷却装置の開発

戸田 信 (加速器研究施設)

パイプライン機能とネットワークインターフェースを持つ高速 CAMAC インターフェース

安 芳次, 井上 英二 (素粒子原子核研究所)

ブースター周辺のビームモニターの開発

染谷 宏彦 (加速器研究施設)

平成 18 年度

音波を用いたガス検出器の開発

近藤 良也 (素粒子原子核研究所)

K2K 実験サイバー検出器用フロントエンド読み出し回路の開発

村上 武 (素粒子原子核研究所)

マイクロチャンネル結晶の開発

内田 佳伯 (物質構造科学研究所)

粒子加速器・物理実験用超伝導低温機器における TIG 自動溶接技術の開発

安島 泰雄 (共通基盤研究施設)

平成 19 年度

MO 型フランジのアンテチェンバーへの応用

白井 満 (加速器研究施設)

長尺ビームダクト用 TiN コーティング装置の開発

久松 広美 (加速器研究施設)

4GHz 10bit ADC モジュールの開発

池野 正弘 (素粒子原子核研究所)

平成 20 年度

DAQ ミドルウェアを基盤としたネットデータ収集システムにおけるクラス及びデータベース設計と実用化

– MLF/J-PARC への DAQ ミドルウェアの適用 –

仲吉 一男 (素粒子原子核研究所)

マイクロパターンガス増幅検出器用フロントエンド ASIC の開発

藤田 陽一 (素粒子原子核研究所)

J-PARC 3NBT ビームライン電磁石及び高耐放射線性を有する M1, M2 電磁石の三次元詳細計算による設計の最適化

藤森 寛 (物質構造科学研究所)

J-PARC の MLF 中性子実験装置に於ける、ネットワーク化した NEUNET 中性子計測システムの開発

佐藤 節夫 (物質構造科学研究所)

平成 21 年度

J-PARC におけるミュオン生成標的の開発

牧村 俊助 (物質構造科学研究所)

水素炉を用いた金属接合技術の開発

工藤 昇 (共通基盤研究施設)

T0 チョッパー制御・計測システムの開発

下ヶ橋 秀典 (物質構造科学研究所)

EPICS on F3RP61 の開発と応用

小田切 淳一 (加速器研究施設)

J-PARC Main Ring のシステムコミッショニング

大越 隆夫 (加速器研究施設)

平成 22 年度

2 ギャップバンチャーを用いた鋸歯状波電圧による新バンチング技術の開発

岡田 雅之 (加速器研究施設)

International Linear Collider のための超高速キッカーの開発

内藤 孝 (加速器研究施設)

J-PARC ビームライン超伝導システム用ヘリウム冷凍設備・省電力運転モードの構築

大島 洋克 (共通基盤研究施設)

J-PARC ハドロンビームラインにおける大強度ビームダンプの開発

上利 恵三 (素粒子原子核研究所)

ギガビットネットワークを持つ時間測定システムの開発 – COPPER-LITE と FINESSE TDC –

田内 一弥, 齊藤 正俊 (素粒子原子核研究所)

メッセージ配信システム STARS の開発と放射光ビームライン制御システムへの応用

小菅 隆 (物質構造科学研究所)

平成 23 年度

高エネルギー加速器施設における放射線管理のための数え落としのない放射線モニターの開発

飯島 和彦 (共通基盤研究施設)

結晶格子コンパレータのための回転機構の設計と製造

高富 俊和 (共通基盤研究施設)

小型冷凍機を用いた粒子検出器用無冷媒超伝導ソレノイドの開発

川井 正徳 (素粒子原子核研究所)

BELLE II 中央飛跡検出器用フロントエンド集積回路の開発

島崎 昇一 (素粒子原子核研究所)

J-PARC ハドロン実験ホールにおける新型静電粒子分離装置の開発

皆川 道文 (素粒子原子核研究所)

平成 24 年度

KEKB の加速モードに起因する結合パンチ不安定を抑制するフィードバックシステム

吉本 伸一 (加速器研究施設)

J-PARC 一次ビームラインにおける即着脱冷却水コネクタの開発

広瀬 恵理奈 (素粒子原子核研究所)

二結晶型波長分散 XAFS システムの開発

丹羽 尉博 (素粒子原子核研究所)

平成 25 年度

該当なし

平成 26 年度

DAQ-Middleware の高度化と素粒子原子核・物質生命科学分野への普及活動

千代 浩司 (素粒子原子核研究所)

高輝度真空紫外軟 X 線ビームラインの建設・調整法と光学素子の in situ 炭素汚染除去法の開発

豊島 章雄 (物質構造科学研究所)

大強度陽子ビームの高ダイナミックレンジのハロー診断のための OTR/Fluorescence スクリーンを用いた 2 次元ビームプロファイルモニター

橋本 義徳 (加速器研究施設)

平成 27 年度

国際リアコライダーのための低エミッタンス極小電子ビーム技術開発に必須な加速器アライメント技術開発に対する貢献

荒木 栄 (加速器研究施設)

E36 超伝導トロイダル冷却システムの再構築ならびに J-PARC 内低温設備の集中監視システムの整備

大畠 洋克 (共通基盤研究施設)

平成 28 年度

フラックスコンセントレータヘッドの螺旋スリット加工方法の開発

岡田 尚起 (共通基盤研究施設)

3.3 技術賞募集要項

KEK 技術賞は毎年、受賞候補者の推薦を公募する。推薦は自薦、他薦を問わない。申請者（候補者）は必要書類を提出し、所長会議に於いて審査を受けなければならない。具体的

な手続きについての概要は本項（3.1）の冒頭に述べたとおりである。

以下に募集要項の一例を示す。

1. 目的

機構は、業務上特に有益な発明若しくは開発又は改良をした技術職員に対し、審査の上、KEK 技術賞として表彰する。

2. 受賞候補者の資格

技術職員（特別技術専門職、シニアフェロー、研究支援員等を含む）個人またはグループ。

3. 表彰の方法

審査のうえ、表彰状を授与し、併せて記念品を贈呈する。

4. 応募の方法

公募によるものとし、所属長からの申請による。本賞に該当すると思われる職員がいる場合は、推薦者は、所属長に推薦（自薦・他薦を問わない）するものとする。所属長は、推薦を参考とし、所属する職員が本賞に該当すると思慮されるときは、機構長に申請する。なお、一度申請して受賞しなかったものでも、再度応募して差し支えない。

5. 提出書類及び提出先

（1）提出書類

申請書

申請理由書

推薦技術の概要（以上、所定用紙あり）

関連する論文、技術報告書等のリスト、及び代表的なものについてコピーを添付すること。

（2）提出先

人事労務課福利厚生室専門職員（福祉担当）

所属長は、必ず申請書欄に書名すること。

機構長への推薦にあたっては、原則として所属長から人事労務課福利厚生室専門職員（福祉担当）へ提出すること。

ただし、所属長への了解が得られている場合は、推薦者から直接提出される場合も受け付けるものとします。

6. 提出締切日

平成〇年〇月〇日（〇）

（所属長への申請書締切は、〇月〇日（〇））

7. 審査

所長会議が審査する。なお、審査にあたっては、KEK 技術賞専門部会が具体的なヒアリングを実施し、推薦者が同席のうえ、原則として申請者の約 15 分の発表及び約 30 分の現場確認をしたうえで審査を行い、所長会議に結果を答申する。なお、選考の考え方は別紙のとおりである。（*）

8. その他

- ・受賞職員は、発表会（平成〇年〇月を予定）で報告すること。
- ・受賞職員は、その受賞内容をまとめた報告書を必ず出版すること。

(*) 選考の考え方について別紙に示されている内容を下記に示す。

KEK 技術賞選考の考え方

技術賞の選考においては、以下の4項目を基本として総合的に審査します。

1) 技術への取り組みが創造的である

技術開発への取り組みにおいて、技術的発想、創意工夫が明らかであること、キラリと光る技術、アイデアがあることを評価する。

2) 技術の具体化への貢献、成果が顕著である

主体的取り組みによって、技術の具体化における様々な困難を克服し、成果の実現に重要な貢献をしたことを評価する。

3) KEK の推進する研究計画への技術貢献が顕著である

KEK が推進する研究計画に、重要な貢献があることを評価する。但し、プロジェクトの成果ではなく、それに対して具体的な役割を果たした技術貢献を評価する。

4) 技術伝承への努力が積み重ねられている

積み上げられた技術が、自分だけのものだけでなく、今後も KEK のなかで伝承されていくための努力を評価する。成果に至る技術検討レポート、図面、写真、直接技術指導など様々な方法での技術伝承にむけた努力を評価する。

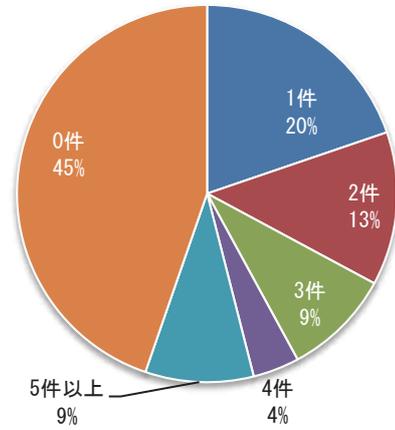
成果報告・技術指導などの活動に関する調査

4.1 調査の目的と分析

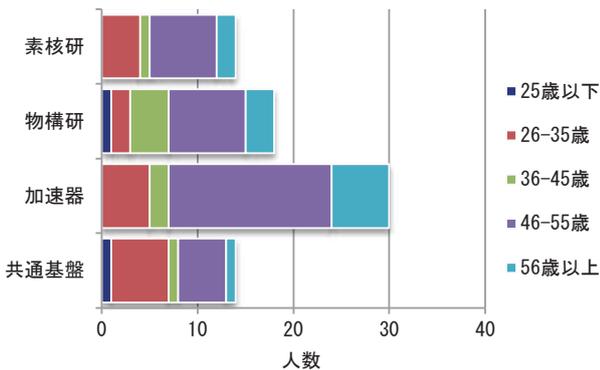
機構の技術職員は職務を果たすとともに、それらで得られた開発・研究及び業務の成果について、様々な機会をとらえて機構内外に発信しております。また、企業や他大学への技術指導・技術協力や機構内での技術の伝承などをおこなっています。

技術職員報告集を作成するにあたり、これらの現状について把握するため調査を行いました。調査内容は、「開発・研究および業務での成果報告」と「講師および技術指導・技術協力」についてで、機構の技術職員による成果報告等の学術的な貢献度と、講師および技術指導・技術協力など機構内外でおこなっている技術支援的な貢献度の調査を目的におこないました。

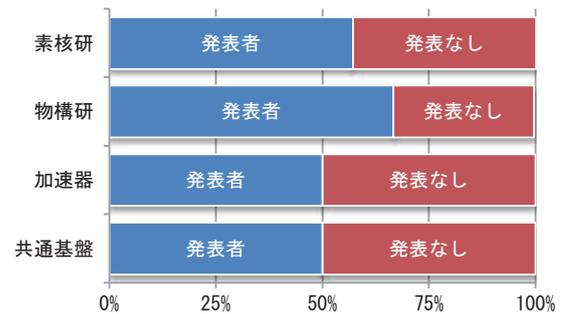
調査は平成 29 年 9 月 1 日～平成 29 年 9 月 30 日にかけておこないました。回答率は 47% でした。集計結果は平成 27 年と 28 年の 2 年分をまとめたものとなっております。



発表件数の割合



回答者の所属と年齢分布

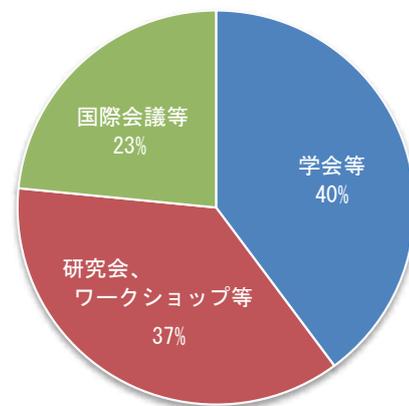


回答者の所属別発表者の割合

4.2 開発・研究および業務での成果報告について

Q1.1 国内外の各種学会研究会等で発表を行った方は、その会議名称をお書きください。

機構内外への成果報告や雑誌等への投稿状況など技術職員の成果報告について調査しました。調査の結果、回答者の 55% が国内外の各種学会研究会等で報告しており、二割の方は年に複数回の報告をしています。所属別での発表者数もそれぞれ 5 割を超えておりました。発表した会議としては 10 種類の学会をはじめ多くの国際会議や研究会、ワークショップ等でした。特に、国際会議の割合が二割を超えており、技術職員のグローバル化が求められていることがわかりました。



発表した会議の割合

発表した会議一覧

| 会等 | 件数 | 国際会議等 | 件数 | 研究会、ワークショップ等 | 件数 |
|-------------|----|----------------------------------|----|------------------------------------|----|
| 日本加速器学会 | 20 | AFAD2016 | 2 | 技術研究会 | 12 |
| 日本物理学会 | 11 | AOCNS 国際会議 | 1 | 総合技術研究会 | 7 |
| 日本放射光学会 | 8 | AWLC2017 | 1 | 量子ビームサイエンスフェスタ | 6 |
| 日本放射線安全管理学会 | 3 | BLAIRR forum at BNL | 1 | XAFS 討論会 | 3 |
| 原子衝突学会 | 2 | CHEP2015 | 1 | PF シンポジウム | 2 |
| 中性子科学会 | 2 | DeeMe collaboration meeting 2015 | 2 | 実験・実習技術研究会 | 2 |
| 日本中性子学会 | 2 | FJPL | 2 | 真空に関する連合講演 | 1 |
| 応用物理学会 | 1 | G-2/EDM collaboration meeting | 1 | International USMM & CMSI Workshop | 1 |
| 総合技術研究会 | 1 | HEPiX Workshop | 2 | Muon 科学と加速器研究 | 1 |
| 低温工学・超電導学会 | 1 | High Power Targetry Workshop | 1 | Open-It 若手の会 若手研究会 2016 | 1 |
| 合計 | 51 | HINT 国際会議 | 2 | メカワークショップ | 1 |
| | | IADiS-1 | 1 | 核融合・加速器科学分野合同計測技術ワークショップ | 1 |
| | | ICALPCS2015 | 2 | 機器・分析技術研究会 | 1 |
| | | IPAC' 17 | 1 | 計測システム研究 | 1 |
| | | ISGC 2017 | 1 | 新学術領域「超低速ミュオン顕微鏡」領域会議 | 1 |
| | | IWSMT-13 | 1 | 大学等環境安全協議会技術分科 | 1 |
| | | MEDSI2016 | 2 | 第31回大学等環境安全協議会技術分科 | 1 |
| | | NuFACT 2016 | 1 | 第7回 muon 科学と加速器研究 | 1 |
| | | PCaPAC2016 | 1 | 不規則系物理学研究会 | 1 |
| | | SOIPIX2015 | 1 | 負ミュオン研究会 | 1 |
| | | SRF2015 | 1 | 分子科学研究所技術討論会 | 1 |
| | | UCANS 国際会議 | 1 | 合計 | 47 |
| | | XAFS16 | 1 | | |
| | | 合計 | 30 | | |

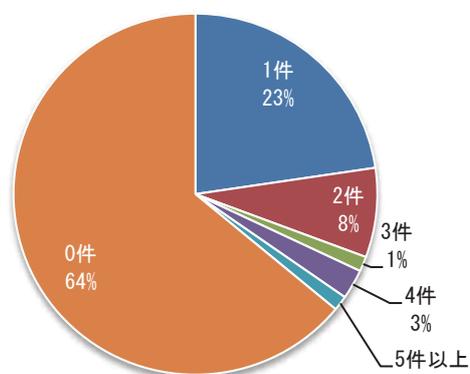
Q1.2 学術論文誌など査読を必要とする雑誌等に自著の論文が掲載された方は、雑誌名およびタイトル名をお書きください。

| 雑誌名 |
|--|
| AIP Advances |
| High Pressure Research |
| 日本中性子科学会誌 |
| Journal of Synchrotron Radiation |
| Journal of Physics |
| Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry |
| 加速器学会誌 |
| 環境と安全 |
| Optics Express |
| UCANS |

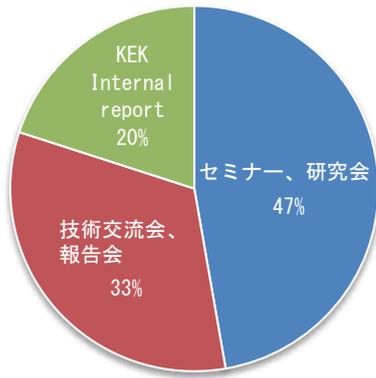
雑誌等に掲載された件数は 12 件でした。

Q1.3 その他（機構内、展示会など）での自著の成果報告・発表等を行われた方は、会議等の名称と発表タイトルをお書きください。

機構内、展示会などで発表された割合は 36% でした。内容はセミナーや研究会、技術交流会や報告会が 8 割を占めています。



発表件数の割合

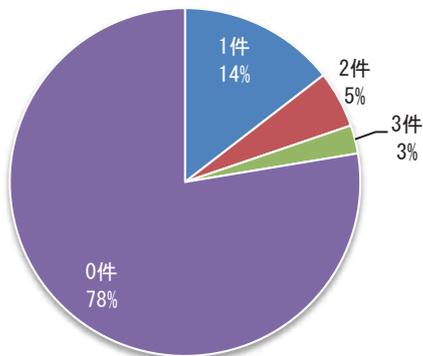


発表内容の割合

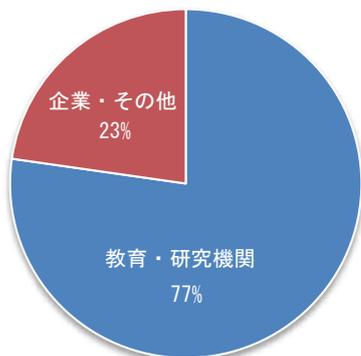
4.3 講師および技術指導・技術協力について

Q2.1 外部機関（大学/企業/研究所等）で講師、技術指導、技術協力を行った方は、その機関の名称およびその内容をお書きください。

外部機関（大学/企業/研究所等）で講師、技術指導、技術協力を行った方は2割強でした。内容としては大学や研究機関への講演や講義が8割弱で残りは企業への技術指導でした。



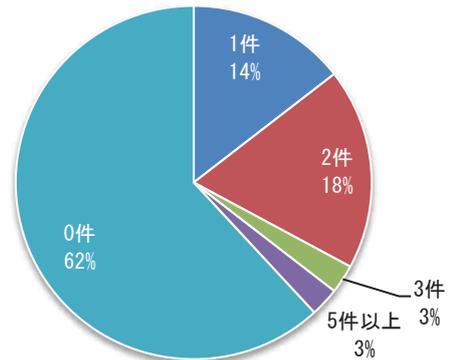
講師、技術指導、技術協力件数の割合



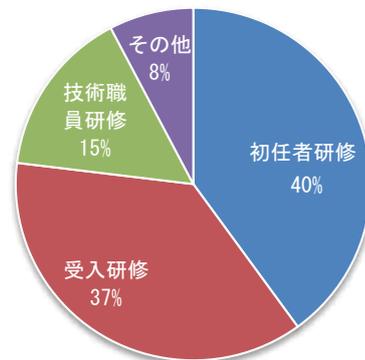
講師、技術指導、技術協力をおこなった外部機関の割合

Q2.2 機構内で研修（職場体験含む）等の講師、技術指導を行った方は、研修等の名称および技術指導の内容をお書きください。

機構内で研修（職場体験含む）等の講師、技術指導を行った方は4割弱でした。前回までの調査では2～3割で推移していたので増加傾向が見られます。ほとんどの方は3件以下でしたが5件以上の方も見られます。内容は初任者研修、受入研修、技術職員研修で9割を占めています。



機構内で研修等の講師、技術指導件数の割合



機構内での講師、技術指導内容の割合

4.4 考察

今回の調査の結果、各種学会や研究会で成果報告者の割合は半数程度と前回までの調査と同等の結果となっています。内容では国際会議での発表が増加傾向にあり、今後も増加していくものと思われます。外部機関への講師および技術指導・技術協力では、大学や研究機関への講演や講義が多く占めていました。機構内で講師、技術指導を行った方は4割弱で、前回までの調査では2～3割で推移していたので増加傾向にあります。内容は初任者研修、受入研修、技術職員研修で9割を占めています。回答詳細を次項に列記します。

調査へのご協力ありがとうございました。

4.5 各設問の回答詳細

Q1.2 学術論文誌など査読を必要とする雑誌等に自著の論文が掲載された方は、雑誌名およびタイトル名をお書きください。

1. E. Hirose, et.al., "J-PARC ハドロン実験ホールのためのシールド貫通信号線ダクトの開発", 加速器学会誌, 2015
2. E. Hirose, et.al., "J-PARC ハドロン実験施設における一次ビームライン分岐部電磁石のメンテナンスシナリオ", 加速器学会誌, 2016
3. 佐藤節夫, "高位置分解能な2次元位置敏感型中性子検出器のFRPシステムの開発", P 日本中性子科学会—波紋、Vol.27 No.1、2017年2月号, 2017
4. S. Satoh, "Development of wide area detector for the 2012 model of the 6Li time analyzer neutron detector system", in UCANS-V 2015 DOI 10.1393/ncc/i2015-15197-7, 2015
5. Y. Niwa, T. Sato, K. Ichyanagi, K. Takahashi, M. Kimura,, "Time-resolved observation of structural change of copper induced by laser shock using synchrotron radiation with dispersive XAFS", High Pressure Research, 36, 471-478 (2016)., 2016
6. Norihito Saito, Yu Oishi, Koji Miyazaki, Kotaro Okamura, Jumpei Nakamura, Oleg A. Louchev, Masahiko Iwasaki, and Satoshi Wadal, "High-efficiency generation of pulsed Lyman- α radiation by resonant laser wave mixing in low pressure Kr-Ar mixture", Opt. Express 24 7 (2016) 007566,2016
7. Oleg A. Louchev, Norihito Saito, Yu Oishi, Koji Miyazaki, Kotaro Okamura, Jumpei Nakamura, Masahiko Iwasaki, and Satoshi Wada, "Photoionization pathways and thresholds in generation of Lyman- α radiation by resonant four-wave mixing in Kr-Ar mixture", AIP Advances 6 (2016) 095018,2016
8. M. Taira, et.al., "高エネルギー加速器研究機構における労働安全コンサルタントの導入とリスクアセスメントへの取り組み", 環境と安全 (2016), 2016
9. A.Toyoshima, et.all., "In situ removal of carbon contamination from a chromium-coated mirror: Ideal optics to suppress higher-order harmonics in the carbon K-edge region", J. Synchrotron Rad.(2015),2015

10. Eitaro Hamada et al, "The Application of DAQ-Middleware to the J-PARC E16 Experiment", J.Phys.Conf.Ser. 664, 082016 2015, 2015
11. "Development of Muon Rotating Target at J-PARC/MUSE", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry (2015)305 811-815,2015
12. "KEK の長期海外派遣制度を利用した1年間の TRIUMF 滞在報告", 加速器学会誌 「加速器」 Vol.13、No.3、2016

Q1.3 その他（機構内、展示会など）での自著の成果報告・発表等を行われた方は、会議等の名称と発表タイトルをお書きください。

1. KEK-MSL Report 2014, KEK Progress Report 2015-4 (November 2015), Kicker System - Noise Reduced at D-line -, 14-15
2. KEK-MSL Report 2015, KEK Progress Report 2016-3 (October 2016), Kicker System - Noise Reduced at D-line -, 11-12
3. J-PARC Annual Report 2015, Development of Kicker System and Safety Measures for the Septum Power Supply at D-line, 126-128
4. KEK Internal 2015-3, 技術 Working Group 報告集 2013
5. KEK Internal 2016-8, 技術 Working Group 報告集 2014
6. 平成27年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会, 技術賞講演
7. 技術交流会, QCS 移動架台の設計と据え付け
8. 技術セミナー, CERN 研修の帰朝報告
9. 2015 真空展, 低コストピル積層型 NEG ポンプの開発
10. 2016 真空展, NEG ピル縦積層型 NEG ポンプの開発と排気速度測定
11. 技術交流会, 縦積層型 NEG ポンプの開発
12. 第8回加速器研究施設技術交流会, 高周波窓交換型アレス空洞用入力結合器の試作.

13. 素核研技術報告会, F M電磁石移設の進捗
14. 素核研技術報告会, High-p/COMET ビームライン分岐部電磁石のメンテナンスシナリオ
15. 平成 27 年度技術セミナー, CERN 派遣研修帰朝報告
16. 平成 28 年度 第 2 回共通基盤研究施設技術交流会, 大規模データ解析を実現する計算機技術
17. 第 18 回 高エネ研メカ・ワークショップ, 単セル空洞四分割試験管の製作
18. LC レビュー委員会, Main Beam-dump Study and the R&D Plan
19. 先基安グループミーティング, 真空ゲージシステムの導入について
20. 素核技術職員報告会, 高運動量ビームラインのホール内電源配置設計
21. 素核研技術報告会, 標的異常監視用ゲルマニウム検出器による核種解析
22. 素核研技術報告会, チェーンクランプ交換作業
23. 平成 28 年度 KEK 技術交流, 高エネルギー電子加速器のトンネル内に生成する Ar-41 評価法の検討
24. 加速器技術交流会
25. P-V-T-d ε /dt 構造物性研究会, 時間分解 XAFS とレーザーを用いた不可逆反応のダイナミクス研究
26. 日本中間子科学会誌めそん No.41 (2015) p.47-p.51, Professional へのスピリッツ: 若手紹介「液体金属からミュオンへの遷移に関する散文」
27. ニュースレター 4 号 (2015) p.25-26, 会議報告 International Advisory committee for Lyman-alpha laser 新学術領域「超低速ミュオン顕微鏡が拓く物質・生命・素粒子科学のフロンティア」
28. KEK Progress Report 2015-4 KEK-MSL REPORT 2014 18 (2015), Fluorescent Plate for Laser Diagnosis
29. CIC Tokyo Institute of Technology, 2015.2, Transport and Intensity measurement of Lyman- α radiation
30. 新学術領域「超低速ミュオン」評価委員会, “真空紫外コヒーレント光 (ライマン α 光) の輸送と強度測定”
31. LASER system, 「KEK Tokai, (2016.2.22-23)」
32. ミュオン技術 WG, MLF/J-PARC, 「レーザーの輸送・強度測定状況」
33. ミュオン技術 WG, MLF/J-PARC, 高校生等実習受入委員の報告
34. ミュオン技術 WG, MLF/J-PARC, PLD 装置の立ち上げとレーザーの運転状況
35. ミュオン技術 WG, MLF/J-PARC, 超低速ミュオン生成用コヒーレント光の作業状況
36. ミュオン技術 WG, KEK 東海 1 号館, “2016 年度技術職員初任者研修レーザーの講義の報告”
37. 平成 27 年度 KEK 技術交流会, “安全業務について (素核研・安全グループの活動)”
38. 技術交流会, 高エネルギー実験に必要なエレクトロニクス技術
39. 2016 メカワークショップ, “ILC 用超伝導加速空洞 KEK-R7, KEK-R8 の製作”
40. 共通基盤研究施設 技術交流会, 「製造支援」業務の紹介
41. 技術交流会, 技術セミナー報告書
42. KEK 技術賞, 高輝度真空紫外軟 X 線ビームラインの建設・調整法と光学素子の in situ 炭素汚染除去法の開発
43. PF 研究会, VW#14 の状況と対策
44. 放射光合同打ち合わせ, セプタムチェンバーおよび VW#14 の現状と今後
45. KEK 技術交流会, 「私の専門技術」物造りでささえる

46. 素核研技術職員報告会, COMET 実験ストロー飛跡検出器用読み出し回路の開発
47. 素核研技術職員報告会, “COMET 実験用ストロー飛跡検出器読み出しエレクトロニクス (ROESTI) の開発”
48. 19th COMET Collaboration Meeting, ROESTI/EROS Firmware Development
49. 17th COMET Collaboration Meeting, ROESTI prototype ver.3
50. KEK-Internal report KEK-MSL report 2014, “Quantitative Measurement by Spectrophotometer for Wastage of Stainless Steel Pipes and Copper Pipes at Highly Radioactive M2 tunnel”
51. KEK-Internal report KEK-MSL report 2014, Installation and Operation of Muon Rotating Target
52. KEK-Internal report KEK-MSL report 2014, Evaluation of thermal stress on SiC rotating target for DeeMe
53. KEK-Internal report KEK-MSL report 2015, Quantitative Measurements for Cooling Water at Highly Radioactive M2 Tunnel by Spectrophotometer
54. 機構内発表, 長期海外派遣 (TRIUMF) からの帰朝報告
55. 加速器学会誌「加速器」Vol.13, No.3, 2016, KEK の長期海外派遣制度を利用した 1 年間の TRIUMF 滞在報告

Q1.4 成果報告をおこなった後にあった反応や、自身が感じた事があればお書きください。

1. 日々の業務活動の中で直面した技術課題を共有し克服していくことは、技術の蓄積・継承に繋がる重要なプロセスだと思われる。
2. 多少の問い合わせがあったが、導入マニュアルの整備を怠っていて、説明が煩雑になってしまった。初心者に対しての説明書が必要と感じた。
3. 従来のアレス空洞用入力結合器に比べたメリットや、シミュレーションの具体的な内容についての質問があった。又、実際の空洞への取付け後に、RFコンタクト部の健全性に関する質問があった。この点に関しては、ローレベルでの測定では問題無い事を確認しているが、実際にRFによる大電力試験で確認する予定である。
4. 成果をまとめること・人に対して発表することは重要であるが、継続しなければ力が落ちると実感しました。
5. 26年度に技術賞に応募したが、担当される方の対応などにばらつきがあり違和感を持った。この件があっから、少なからず成果発表等に対し前向きになれない。(技術職員なので発表よりも実務が重要なのでは?)
6. 他の研究機関の人から専門的な質問があった。
7. 真空値ロギングシステムを導入するビームラインが増えた。自身が想定していた以上に導入が増えたため準備等に不手際があった。成果報告をすることで新たにコメントをいただく機会を得てとても勉強になった。
8. 様々な意見を聞くことにより次の課題や方針を見つけるきっかけになった。
9. 多くの質問とコメントを頂戴し、今後の研究開発を進めるうえでの励みとなった。
10. 学会に出続けると顔見知りが多くなるのはいいことではあるのですが、発表の新鮮さが失われてくることもありました。そこで、普段出ていない学会で発表したところ、雰囲気かわからないので大変でしたが、新鮮で初心を思い出したような気がします。
11. 加速器学会の発表においては、リニアコライダ推進の方より、「運転停止後の施設管理のために参考になった」とのコメントをいただいた。高湿度対策は、運転停止後のみならず、現役のマシン、施設においても有効である点を訴えた。技術交流会の報告では、職員を管理するのみでなく、「共に考え、行動」する素核研安全グループの姿勢を訴えた。価値観を共有する職員より、「共感した」とのコメントをいただいた。
12. 物理学会で紹介した技術について、問い合わせが複数あった。
13. 自分が進めてきた業務を立ち止まって整理して、改めて進むべき方向性を見直すことが出来た。また、専門家より受けたコメントも参考になった。
14. 技術職員の海外派遣といえば若手対象のCERN研修しか

ないと思われていた中堅以上の技術職員から、自分もまだ海外に研修に行ける可能性がある事が分かり、張り合いが出てきたと言われました事を大変嬉しく思います。

Q2.1 外部機関（大学/企業/研究所等）で講師、技術指導、技術協力を行った方は、その機関の名称およびその内容をお書きください。

1. 平成 27 年 3 月 分子研技術課セミナー, “PF リングにおける時間分解計測のための基盤整備 -- 軟 X 線パルスセレクトラ開発 -”
2. 東京大学素粒子センター, MEG II 実験で使用する冷凍機のセットアップ
3. 平成 28 年 5 月 AAA 協会の第 46 回技術部会, 先端大型加速器のアライメント技術
4. 平成 28 年 12 月 鴨沂高校 (KEK キャラバン), 超伝導コースター解説
5. 平成 27 年 9 月、呉高専, SKEKB トンネル内の加速器施設の振動測定講師
6. カネカ, 特許 (特許第 4783938 号 「量子ビームモニター用電極及び量子ビームモニター装置」) の電極の製作方法, 試験方法, 測定方法等に関する技術移転及び技術指導
7. 平成 28 年 6 月、富山高等専門学校, KEK キャラバン講師として高エネルギー物理実験を支える計算機技術について
8. 平成 28 年 9 月、新居浜工業高等専門学校, KEK キャラバン講師として高エネルギー物理実験を支える計算機技術について
9. 平成 29 年 3 月、東北大学, CERN 派遣研修体験について
10. 平成 27、28 年度株式会社トヤマ, 加速管製作技術指導
11. 平成 28 年 6 月、茨城大学, 理工学研究科量子線科学専攻集中講義「応用エレクトロニクス」
12. 2016 年 9 月 日本 XAFS 研究会 XAFS 夏の学校 講師「時間分解 XAFS」

13. 平成 28 年 10-11 月 茨城大学理工学研究科 量子線科学専攻 ビームライン科学コース, 講義「ミュオン技術特論」全 8 回 1 単位
14. 平成 27 年 9 月、平成 28 年 8 月 名古屋大学, ASIC 作成についての講習会講師
15. 機械技術講習会講師
16. 平成 27 年 9 月、平成 28 年 8 月、名古屋大学, ASIC トレーニングコース講師
17. 平成 28 年 6 月、呉高専, 出前授業「先端工学 (修養) 特講 II」講師
18. 平成 29 年 3 月、筑波山江戸屋, 実務における IT 活用の実例紹介
19. 19th Nov. 2015, APT Seminar @Fermi National Accelerator Laboratory, “Muon Production target at J-PARC & thermal diffusivity measurements”
20. 平成 27 年 8 月 17 日、大阪大学, MuSIC 陽子標的周辺改造計画レビュー委員長

Q2.2 機構内で研修（職場体験含む）等の講師、技術指導を行った方は、研修等の名称および技術指導の内容をお書きください。

1. 2015 初任者研修、真空実習、PF ビームライン
2. 2016 初任者研修、真空実習
3. 2015 6 系採用前研修、加速器第 6 系、ATF での研修 (アライメント技術の説明実習)
4. 2017 6 系採用前研修、加速器第 6 系、ATF 制御関係の説明実習 (電磁石のムーバーの構造と操作方法 / PLC プログラムの内容)
5. 2016 DIAdem 入門セミナー
6. 2015 初任者研修、測量
7. 2016 初任者研修、測量

- | | |
|--|--|
| 8. 2016 初任者研修、スクロールポンプメンテ | 27. 2015 KEK 生涯学習事業、高校生等実習受入委員 |
| 9. 2016 初任者研修、先輩の体験談 | 28. 2016 KEK 生涯学習事業、高校生等実習受入委員 |
| 10. 2016 サマーチャレンジ、蛍光 X 線分析装置説明 | 29. 2015 盛岡第一高校、講義「ミュオン科学」 |
| 11. 2016 初任者研修、電磁石 | 30. 富山高校、実習「ポケット分光器製作」 |
| 12. 2016 計算科学センター初任者研修、ネットワーク利用時のマナーについて | 31. サイエンスキャスティング、実習「ポケット分光器製作」 |
| 13. 2015 初任者研修、EPICS | 32. 2015.8 グーグル社、サイエンスジャム キックオフミーティング講評・中間講評・最終講評 |
| 14. 2016 初任者研修、EPICS | 33. 2015.10 グーグル社、サイエンスジャム キックオフミーティング講評・中間講評・最終講評 |
| 15. 2015 初任者研修、PLC について | 34. 2015.11 グーグル社、サイエンスジャム キックオフミーティング講評・中間講評・最終講評 |
| 16. 2016 初任者研修、PLC について | |
| 17. 2016 技術職員研修、「Linux 動作のワンチップマイコン・RaspBerry-Pi」 | 35. 2015 宇都宮高校、実習「ポケット分光器製作」 |
| 18. 茨城高専生による J-PARC 職場見学 OB 講演「中学校の理科で紹介する J-PARC MR 主電磁石」 | 36. 2015 ウィンターサイエンスキャンプ実行委員 |
| 19. 2015 初任者研修講師「高エネ研のインフラ」 | 37. 2016 技術職員初任者研修「レーザー」 |
| 20. 2016 初任者研修 | 38. 2016 川越高校、実習「全体説明」 |
| 21. 2016 インターンシップ受け入れ | 39. 2016 宇都宮女子高校、実習「霧箱製作」 |
| 22. 2015 高校生ウィンターサイエンスキャンプ、シンチレーションカウンターによる光速測定 | 40. 2016 気仙沼市教育委員会(中学生)、実習「ポケット分光器製作」 |
| 23. 2015 DAQ-Middleware トレーニングコース、DAQ-Middleware の概要講義、ネットワークプログラミング、開発講義および実習 | 41. 2016 富山高校、実習「霧箱製作」 |
| 24. 2016 DAQ-Middleware トレーニングコース、DAQ-Middleware の概要講義、ネットワークプログラミング、開発講義および実習 | 42. 2016.8 KEK サマーチャレンジ 2016 実行委員、演習 M01 担当 |
| 25. 2015 初任者研修、測量 | 43. 2016.11 KEK サマーチャレンジ 2016 実行委員、演習 M01 担当 |
| 26. 2016 初任者研修、測量 | 44. 2015 初任者研修(低温センター) |
| | 45. 2015 呉高専特講 KEK 見学(超伝導と低温) |
| | 46. 2016 初任者研修(低温センター) |

47. 工作棟設置の機械加工機の取り扱い説明
48. 2017 初任者研修 機械技術講習会（フライス盤、旋盤、ボール盤等の内、旋盤実習を担当）
49. 2016 初任者研修 機械技術講習会（フライス盤、旋盤、ボール盤等の内、旋盤実習を担当）
50. 2015 初任者研修、電子回路実習
51. 2016 ASIC トレーニングコース講師
52. 2016 初任者研修、電子回路実習
53. 知財セミナー 科研費と特許
54. 2016 工作技術講習会、フライス盤指導を担当
55. 2016 国立天文台職員に5軸加工機の加工技術指導を実施
56. 2015 DAQ-Middleware トレーニングコース講師
57. 2016 DAQ-Middleware トレーニングコース講師
58. 2015 センター会議サイエンスセミナー@ J-PARC 研究棟2階会議室「ミュオン標的報告&ビーム照射による材料劣化調査を行う PIE 倶楽部活動報告」
59. 2015 KEK技術職員新人研修「装置設計概論」
60. 2015 ハドロン実験施設における真空レビュー委員
61. 2015 放射化した陽子ビーム窓の保管作業に関する安全確認検討会委員
62. 2015 MLF ディビジョン水銀標的遠隔交換作業安全確認検討会委員
63. 2015 素核ディビジョン安全確認検討会「ニュートリノ電磁ホーン移動作業」委員
64. 2016 ハドロン実験施設の二次粒子生成標的についての会、委員
65. 2016 呉高等専門学校の学生相手に講義（機構内）

Q2.3 講師および技術指導・技術協力をおこなって自身が感じた事または要望等があればお書きください。

1. 協議会の会員向けに行い、検討されている事案について実際の装置に関わるアライメント分野からの視点を伝えた。また、講師として専門分野が異なる人に、分かりやすい説明や上手な話の進め方に難しさを感じた。
2. 民間会社で製品化するにあたり、より高品質で高耐久性のある装置にするために改良を行うなど、技術移転を通して得るものが大きいと感じました。
3. 自分が勉強になります。
4. 講師となって、人に教えることが難しいと感じた。時間を余らせるといけないと思い、大目に課題を用意すると出来なかったという要らぬ後悔を与えるということには講師になってはじめて気づいた。やはり、過不足なく課題を用意するということが重要だが、その見積もりをすることには色々な知識や経験が必要なのだと感じた。
5. 高校生に教えるため、理解する必要があったので、測定についての知識等が得られ非常にためになった。
6. 学会だとわかったふりで聞いてくれる人もいますが、学生さんは説明が分かりにくいとすぐに寝るので非常に勉強になります。業務を行っている中でも、そのうち学生さんに話すかもしれないと思うと、少し詳しく調べておこうと思う事があり勉強になります。
7. 他機関の設備機械状況や取得資格等の技術情報が詳しく共有されていれば、より相互協力しやすい環境になるのではないかと思います。
8. 講師や技術指導を行うためには、正確な理解が必要だったので自分のためにもなった。
9. 加速器や加速空洞が一般的ではないため、この分野に興味を抱かせるのがなかなか難しい。ただし、実験における苦労話や失敗談などは興味を持って聞いてくれます。加速器の仕事に是非とも就きたい!!と、若者の人生を決定づける立派な(?)講義をしたい…私の目標です。

5.1 技術交流会

技術交流会は機構内技術職員の技術交流を目的とした会合であり、毎年各研究所・研究施設による持ち回りによって開催されている。分科会が設定されている通常の学会・研究会と異なり、機構内の他分野の技術職員に自分の発表を聴いてもらう、あるいは発表が聴けるよい機会となっている。

平成 27 年度は「最近のトピックス」、平成 28 年度は「私の専門技術」というテーマで開催された。また、技術職員が一堂に集まる機会が少なくなっているため、平成 27～28 年度に入所された技術職員の方に自己紹介と現在行っている仕事の紹介をしていただいた。

5.1.1 平成 27 年度技術交流会

技術交流会では、「最近のトピックス」と題して発表者を素核研・物構研・加速器の各所属先から前述の 3 名の方々に発表を依頼した。

先の業務報告の前に、平成 27 年度採用の新人 4 名による自己紹介を行い、引続いて平成 26 年度採用の新人 2 名に

よる業務紹介を企画した。昨年度採用から発表までの短い期間の中で、各所属部署の先輩技術職員等から指導を受けつつ、協力して業務を遂行している様子がかがえた。出席者は 44 名であり、技術交流会・技術セミナー報告書は平成 27 年度版として出版された (KEK Proceedings 2015-12)。

テ ー マ：最近のトピックス

日 時：平成 27 年 9 月 28 日（月）13 時 00 分～14 時 40 分

場 所：つくば：4 号館 1 階セミナーホール・東海：東海 1 号館 324 室（TV 会議）

プログラム：

| | | | |
|----------------|-------|---------------------------------|------------|
| | 13:30 | 開会の挨拶 | |
| | 13:00 | 平成 27 年度新人紹介 | |
| 平成 26 年度新人業務紹介 | 13:10 | (1) 業務紹介 | 西田 麻耶（素核研） |
| | 13:25 | (2) J-PARC MR 主電磁石新電源用恒温ユニットの開発 | 三浦 一喜（加速器） |
| 最近のトピックス | 13:40 | (6) 素核研安全グループの活動 | 田中 伸晃（素核研） |
| | 14:00 | (7) MLF 非結合型モデレータにおける遅延時間の補正 | 大下 英敏（物構研） |
| | 14:20 | (8) QCS 移動架台の設計と据え付け | 山岡 広（加速器） |

(1) 業務内容紹介

平成 26 年度採用 西田 麻耶（素核研）

KEK 素粒子原子核研究所に着任し、研修を経た後ニュートリノグループへと配属された。配属後 T2K 実験の標的関連の業務を行ってきた。ニュートリノビームラインのビーム大強度化に向けて装置の開発、改良に従事し、業務に必要なソフトウェアを習得し、また最新技術獲得のための視察をしてきた。今回その内容を紹介する。



図 5.1.1 標的

(2) J-PARC MR 主電磁石新電源用恒温ユニットの開発

平成 26 年度採用 三浦 一喜 (加速器)

現在、J-PARC では将来計画であるビームパワー増強のために、主リングの運転周期を 2.5 秒から約 1 秒へと早める高繰り返し化の実現が求められており、その計画の一部として主電磁石用新電源の開発が進められている。新電源開発過程において製作されたプロトタイプ電源制御盤では、A/D 変換部用恒温ユニットを除いた全てが KEK 製となっているが、恒温ユニットに関しては現行電源予備品を使用している状態であり、今後、KEK 製の電源制御装置を新電源に用いる際、現行電源予備品ではコスト面、調達性での不都合が懸念される。そこで懸念の解消、電源制御装置の全てを KEK 製とすることを目的として、恒温ユニットの開発を行った。本発表では、恒温ユニットの設計・製作および、性能評価試験結果を報告する。

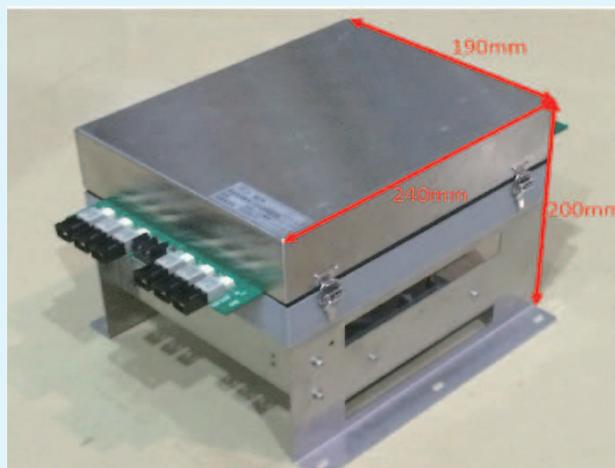


図 5.1.2 Structure of the thermostat.

(3) 安全グループの活動

田中 伸晃 (素核研)

平成 26 年 3 月の古川圭三教授着任とともに、素核研安全グループが発足し活動を開始した。私たちの任務は、機構が示した「安全最優先」の方針の具現化である。ここでは、巡回の実施、クレーン吊具点検、高湿度環境改善など、1 年半の活動について報告する。

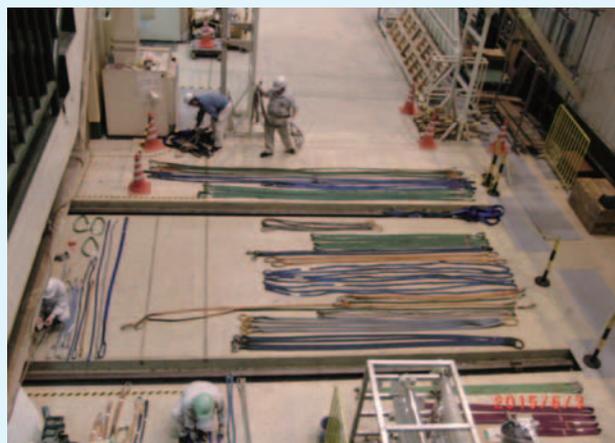


図 5.1.3 吊具点検の作業

(4) MLF 非結合型モデレータにおける遅延時間の補正

大下 英敏 (物構研)

J-PARC MLF に高強度中性子全散乱装置 (NOVA) が建設されている。NOVA では全散乱法によるガラス、液体などの不規則系物質の構造解析がおこなわれている。本論文においては、NOVA の非結合型モデレータにおける遅延時間の補正について考察している。その結果、T0 信号の遅延時間とモデレータにおける遅延時間を補正することで、広い中性子波長領域において一定の検出器位置が得られることが示された。このことは、T0 信号の遅延時間とモデレータにおける遅延時間の補正が適切におこなわれたことを示している。

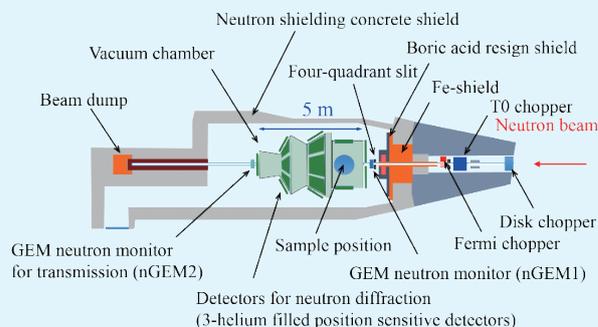


図 5.1.4 NOVA の概念図

(5) QCS 用移動架台の設計と据え付

山岡 広 (加速器)

本機構では KEKB 加速器の 40 倍のルミノシティを目標として SuperKEKB 計画が進行している。ビーム衝突点近傍では図 5.1.5 に示すように Belle 検出器を挟んで 2 台の QCS マグネット及び常伝導電磁石を支持するための QCS 用移動架台が設置される。2 台の内の 1 台、L 側の QCS 移動架台(図 5.1.5 中の左側) はすでに設置作業が終わっており、この設計では移動架台は約 20 トンの垂直方向荷重及び 7 トンの水平方向電磁力を支持すると共に、メンテナンスのためにレール上を精密に 3.35m 移動できる構造が要求された。又、L 側の移動架台を据え付けるにあたってはこの為の床改良工事もおこなわれた。

本報告ではこの L 側の QCS 移動架台の設計と据え付け、セルフレベリング工法を用いた床改良工事に関する報告及び各種試験結果について述べる事とする。



図 5.1.5 SuperKEKB 用移動架台完成図

5.1.2 平成 28 年度技術交流会

平成 28 年度は新人が 8 名と多く、会場は活気に満ちるものとなった。今年度のテーマは恒例となっている新人の業務紹介とは対照的に、経験豊富な先輩職員を対象に長年培った

技術について紹介をお願いした。本交流会の報告書は KEK Proceedings 2016-9 として出版された。

テ マ: 私の専門技術

日 時: 平成 28 年 11 月 7 日 13:30 - 16:20

場 所: 4 号館セミナーホール・東海 1 号館 2 階 227 室 (TV 会議)

参加者数: つくば 59 名、東海 8 名

プログラム:

| | | | |
|-------|--|--|-------------|
| 13:30 | 開会の挨拶 | | 野村理事 |
| 13:35 | 平成 28 年度新人紹介 | | 大越 技術調整役 |
| 13:45 | 平成 27 年度採用者業務紹介「初年度のアウトプット」 (15 分× 4 名) | (1) 1 年目業務報告 | 大中 政弥 (素核研) |
| | | (2) 高エネルギー電子加速器のトンネル内に生成する ⁴¹ AR 評価法の検討 | 大山 隆弘 (共通) |
| | | (3) 初年度のアウトプット | 保住 弥紹 (共通) |
| | | (4) アポートキッカー電磁石用真空セラミックダクトの Ti コーティングと評価 | 小玉 恒太 (加速器) |
| 14:30 | 休憩 | | |
| 14:40 | 「私の専門技術」 (20 分× 4 名) | (5) 高エネルギー実験に必要なエレクトロニクス技術 | 田内 一弥 (素核研) |
| | | (6) 物造りで支える | 鈴木 純一 (素核研) |
| | | (7) KEKB のルミノシティ向上のために | 吉本 伸一 (加速器) |
| | | (8) 縦積層型 NEG ポンプの開発 | 菊地 貴司 (物構研) |

(1) 1年目業務報告

平成 27 年度採用 大中 政弥 (素核研)

2015 年 4 月に技術職員として採用され、以来 J-PARC センター低温セクションにて冷凍機の保守・運転などに従事してきた。昨年度実施した E36 実験のエリア解体では冷凍機・マグネットの移設・移動作業を通して巨大かつ重量物の実験装置の取り扱いやその移動のノウハウについて学んだ。今年度実施したニュートリノ圧縮機の開放点検では、建設当時から約 7 年間の稼働を通して初めての開放点検を行い、そのマネジメントを任せられた。

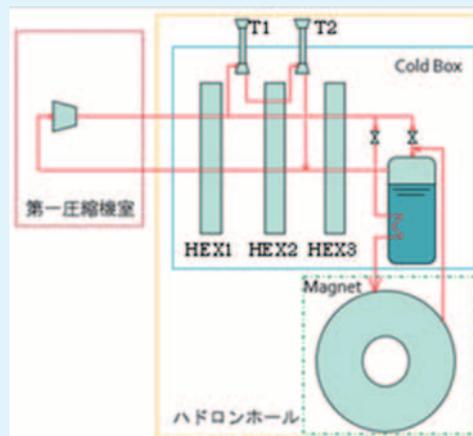


図 5.1.6 COMET 冷凍機概略フロー

(2) 高エネルギー電子加速器のトンネル内に生成する ^{41}Ar 評価法の検討

平成 27 年度採用 大山 隆弘 (共通)

KEK の電子・陽電子入射器 (Linac) では Super-KEKB 計画に向けた出力増強と陽電子ターゲット周辺の設計変更に伴い、運転中のトンネル内空气中放射能濃度のより正確な評価が必要とされる。特に、空気中に含まれる ^{40}Ar が熱中性子を捕獲することで生成する ^{41}Ar は、半減期が比較的長く、生成量が無視できないことから空气中放射能濃度評価において主要な核種の一つである。本報告では、Linac においてタングステンターゲットに 3.3 GeV 電子ビームを入射する場合の ^{41}Ar 生成量と熱中性子束を Ar ガスと金箔を用いて測定した。その結果、Linac の ^{41}Ar 生成量は熱中性子束から十分な精度で推定でき、熱外中性子の寄与は少ないこと、熱中性子束はターゲットから上下流 15 m 程度の範囲に分布すること、従来の評価法は ^{41}Ar 生成量を安全側に評価していること、が明らかになった。

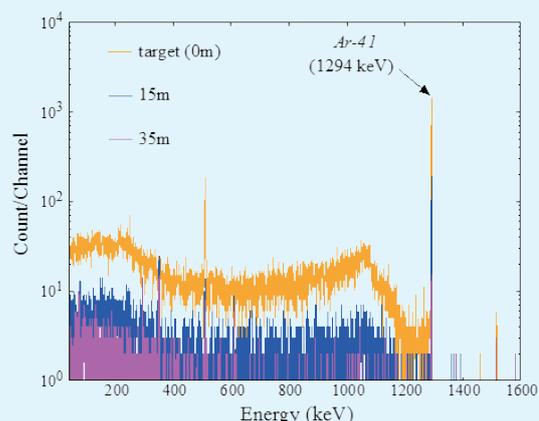


図 5.1.7 Ar ガスの X 線スペクトル

(3) 初年度のアウトプット

平成 27 年度採用 保住 弥紹 (共通)

機械工学センターに着任後、初年度に担当した製造支援業務を報告する。本報告の内容は、主に 5 軸制御マシニングセンターを使用した作業難度の高い案件 3 つの紹介である。ヘビーメタルの小物部品、大型リング部品、アルミ金型の作成を通して作業効率の向上方法や、ヘビーメタル等の特殊材料に関する加工知識、機械制限を超える特殊な段取り方法の経験等、多くの技術・知識を得る事が出来た。また、汎用機械操作、CAD・CAM 関連、溶接技能等、機械工学センター内での作業頻度の高い業務から順に、幅広く技能を習得した。



図 5.1.8 完成品と 3D CAD イメージ

(4) アポルトキッカー電磁石用真空セラミックダクトの Ti コーティングと評価

平成 27 年度採用 小玉 恒太 (加速器)

SuperKEKB 加速器、電子ビームリングのビームアポルトシステムを構成するアポルトキッカー電磁石では、磁場の立ち上がり時間 200 nsec 以下の実現を目指し改造が行われた。アポルトキッカー電磁石用の真空ダクトは誘導電流によって速い磁場の立ち上がりを遮蔽しないように絶縁体であるセラミックが採用されている。一方でビーム電流の鏡像電流を通すためにセラミックダクト内壁には金属伝導が必要であり、そのために Ti がコーティングされている。Ti コーティングには DC マグネトロンスパッタリング成膜法を採用した。Ti コーティングを行った真空セラミックダクトの Ti 膜厚測定、及びビーム運転時に真空セラミックダクトに通水された冷却水の温度測定から適切な Ti コーティングが実現されていることを確認した。

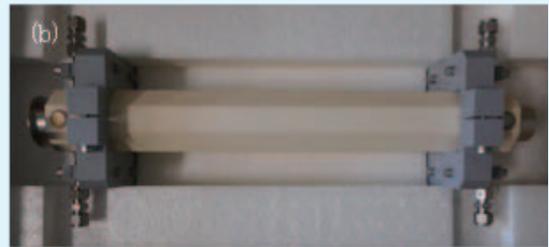


図 5.1.9 (a)アポルトキッカー電磁石用真空セラミックダクトの構造と (b) 実物写真。セラミックダクトはレーストラック型である。

(5) 高エネルギー実験に必要なエレクトロニクス技術

田内 一弥 (素核研)

高エネルギー実験を行う上で必要となるエレクトロニクス技術としては、検出器で得られる大量の信号を必要なデータだけ選び出しコンピュータに転送してストレージに記録することが求められている。この一連の流れを実現するためのエレクトロニクス技術は特殊なものであり、この専門技術を使い実験グループのサポート・教育を行っている。

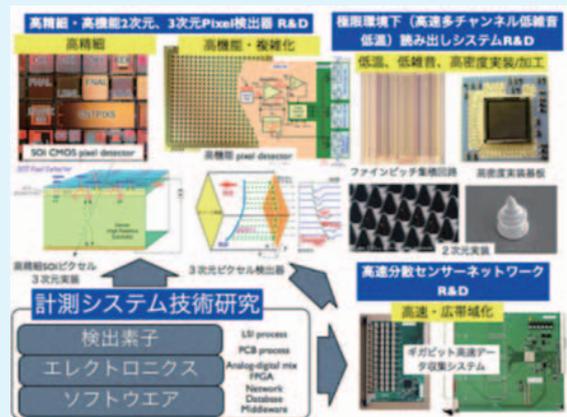


図 5.1.10 計測システム技術

(6) 物造りで支える

鈴木 純一 (素核研)

物造りに携わる技術職員として、異分野の技術職員からは“物作り＝物造り”のイメージがあるのではないかと常々思っていました。今回、「私の専門技術」とのタイトルで発表の機会を設けていただいたので、異分野の技術職員の方々にも分かりやすいように物造りとはどういうものなのか？今まで機構に対してどのように貢献してきたのか？を示したいと思います。また私事ですぐ H26.10 月に機械工学センターより素核研へ異動したので本日の報告は機械工学センター時代からの Project が中心になります。



図 5.1.11 物造りとは？

(7) KEKB のルミノシティ向上のために

吉本 伸一 (加速器)

KEKB 加速器のルミノシティを上げるためには、ビーム電流をできるだけ高くして、衝突点でのビームサイズを小さくする必要がある。ビーム電流を制限する要因の一つに空洞の加速モードに起因する結合バンチ不安定性があり、この不安定性を抑制するフィードバックシステムを開発してビーム電流を増やすことに成功した。また、KEKB Commissioning Group (KCG) に参加し加速器の調整を行うことで、ビーム・ビーム効果による衝突点のビームサイズの増大を改善してきた。このようにルミノシティ向上に関わる一方で、安定な加速器の運転を行うために、ビームアポートの原因の一つであるクライストロン電源のクローバー回路誤動作の対策も行ってきた。

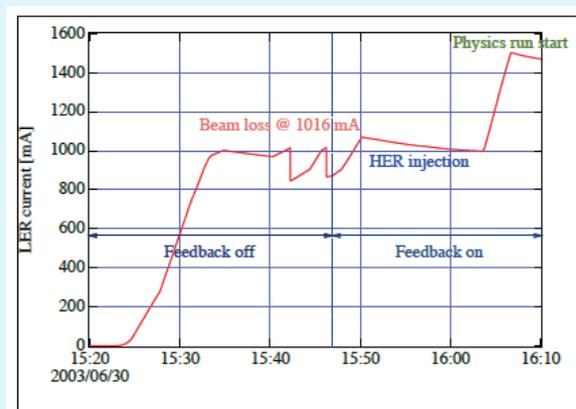


図 5.1.12 フィードバックを切った時と入れた時での LER のビーム入射の状況

(8) 縦積層型 NEG ポンプの開発

菊地 貴司 (物構研)

非蒸発型ゲッター (non-evaporable getter, NEG) ポンプは、油をまったく使用しない、 10^{-10} Pa 台まで排気できる、無振動無騒音、磁場を伴わない、小型軽量、蒸発・スパッターを伴わない、低コストで初心者でも製作できることから、ビームラインや表面研究用超高真空装置の超高真空ポンプとして最適である。我々は Si707[®] 合金ピル 60 個を実効的な表面積が最大になるように配置した低コスト高排気速度ピル縦積層型 ICF70 マウント NEG ポンプを開発し、オリフィス法に基づく排気速度測定装置を用いて NEG ポンプの性能測定を行なった。その結果、NEG ピル 1 個当たりの水素に対する排気速度は 2.0 L/s 程度となった。この値は従来型の平積型 NEG ポンプの場合の排気速度の約 4 倍に相当する。

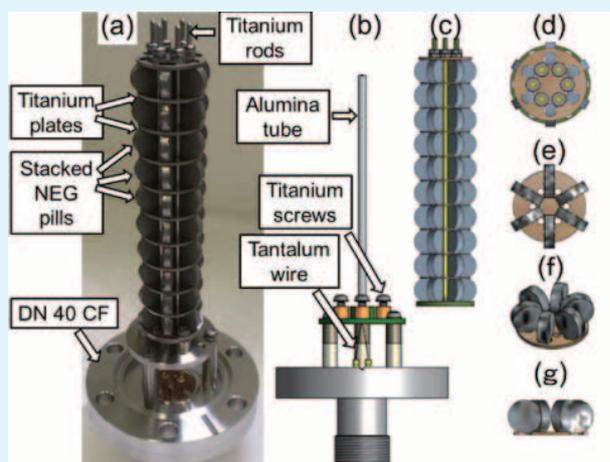


図 5.1.13 縦積層型 NEG ポンプとその構成要素
 (a) NEG ポンプ本体 (b) ヒーターユニット
 (c) NEG モジュール (d) NEG モジュール上面図
 (e-g) NEG モジュール中の NEG ピル配置

5.2 技術セミナー

技術セミナーは技術職員の技術の研鑽や幅広い知識の習得を目的としている。外部の専門家等を招いて開催する講演会

や技術職員の海外派遣（CERN）研修の帰朝報告なども本セミナーにおいて行われている。

5.2.1 平成 27 年度技術セミナー

CERN 派遣研修の帰朝報告では、2名の技術職員の派遣期間が異なり帰国時期が6月末と7月末に合わせて、技術セミ

ナーを7月と8月の2回に分けて開催した。

テーマ：欧州合同原子核研究所（CERN）への日本人職員（技術職）派遣研修

日時：平成 27 年 7 月 17 日（金）14：00～15：30

場所：つくば：3号館セミナーホール・東海：1号館 247 室（TV 会議）

講師：高瀬 亘（共通基盤）

日時：平成 27 年 8 月 24 日（月）13：30～15：00

場所：つくば：3号館セミナーホール・東海：1号館 227 室（TV 会議）

講師：川村 真人（加速器）

(1) 平成 26 年度 CERN 派遣研修報告書

高瀬 亘（共通基盤）

平成 26 年度 CERN への日本人職員（技術職）派遣研修のもと、平成 26 年 6 月 1 日から一年間 CERN に駐在した。IT 部署 OIS グループ CV セクションで提供する OpenStack を利用したプライベートクラウドサービスは、5000 台の物理サーバ上に、12000 台の仮想マシンが稼働している大規模なサービスであり、計算機資源利用状況、サービス稼働状況を容易に確認するための枠組みが必要であった。本研修では、CV セクションにて、OpenStack のデータベースから計算機資源の利用状況を取得して表示する openstack-db-reporter、openstack-db-logger の開発、資源情報閲覧の際のアクセス制御を行う ElasticSearch プラグインの開発、クラウドサービス稼働状況確認のためのベンチマークツール Rally のデプロイを行い、プライベートクラウドサービスのモニタリングパートの改善に貢献した。本研修の経験を、KEK でのクラウドサービス提供に活かしていく。

(2) 平成 26 年度 CERN 派遣研修報告書

川村 真人（加速器）

2014 年度技術職員 CERN 研修について報告する。クライストロンのテスト、CCDTL 空洞のコンディショニング等滞在中行った業務内容についての他、主に作業をした SM18 等の施設について、現地で受けた新人職員向けの研修等について、CERN と KEK の職場環境の違い等についても述べる。

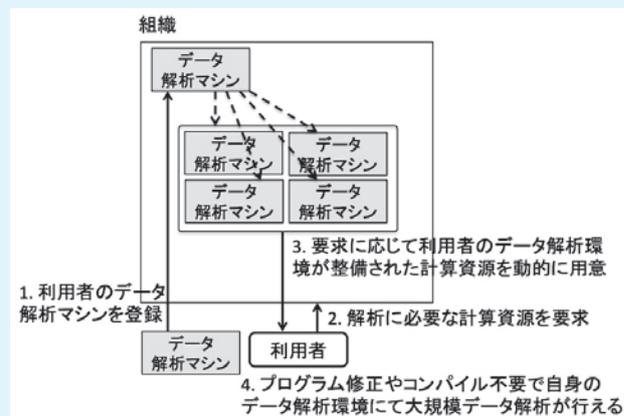


図 1 クラウドサービス



図 2 CERN で試験を行ったクライストロン

5.2.2 平成 28 年度技術セミナー

機構では先端技術に接する機会を提供するべく、欧州合同原子核研究機構（CERN）への海外派遣研修を実施している。本年度の募集説明会では平成 27 年度に帰朝報告を行った高瀬氏を講師として招き、研修を検討する職員との懇談の機会を得ることができた。

CERN 研修は原則として 1 年間の期限つきであるが、これ

に対し 1 年を超えた滞在も可能となる制度として機構に所属する常勤の職員を対象とした長期海外派遣が実施されている。この制度によりカナダの国立研究機関である TRIUMF へ派遣された職員が今年度戻っていることから帰朝報告会を開催した。

(1) テーマ：欧州合同原子核研究所（CERN）への日本人職員（技術職）派遣研修

講師：高瀬巨（共通基盤）

日時：平成 28 年 6 月 24 日 13:30 - 15:00

場所：つくば：3 号館 3 階会議室（325 室） 東海：1 号館 2 階 227 室（TV 会議）

参加者数：18 名

プログラム：

1. 手続きの流れ（スケジュール、書類、条件など）
2. 派遣経験者の体験談、アドバイス（コンタクトパーソン、アパート、車、お金、家族など）
3. 派遣経験者との懇談、質疑

(2) テーマ：長期海外派遣（TRIUMF）からの帰朝報告

講師：穴戸寿郎（加速器）

日時：平成 28 年 7 月 14 日 13:30 - 15:00

場所：つくば：3 号館セミナーホール 東海：1 号館 2 階 227 室（TV 会議）

参加者数：31 名

報告内容：

1. KEK における海外派遣制度
2. 派遣先
3. 派遣までの準備
4. TRIUMF 滞在
 - － 出国～初出勤
 - － TRIUMF の施設、ISAC、ISAC-II Exp.Hall、ARIEL
 - － 空洞処理の比較
 - － ARIEL3 表面処理からモジュール化まで
 - － ARIEL4
5. その他 色々
6. 海外派遣を考えておられる方へ、既に海外派遣を体験された方々へ
7. 終わりに

5.3 技術研究会

技術研究会は、大学・高等専門学校・大学共同利用機関の技術職員が、日常業務で携わっている研究支援活動について発表する研究会である。成功例に限らず失敗談等の報告も歓迎しており、技術者の技術向上ならびに交流を目的としてい

る。分子科学研究所、核融合科学研究所、高エネルギー加速器研究機構の3研究所と、国立大学が交互に隔年で開催している。

5.3.1 平成27年度技術研究会

平成27年度は、平成28年3月17日（木）、18日（金）の両日、高エネルギー加速器研究機構つくばキャンパスにて「高エネルギー加速器研究機構技術研究会」が開催された。開催分野は、1) 機械工作、2) 実験装置、3) 計測制御、4) 真空・低温、5) 情報処理の5分野であった。口頭発表およびポスター発表件数は表5.3.1の通りである。また、当機構の発表者を掲載する。

表 5.3.1 発表件数

| | 口頭発表 | ポスター発表 |
|-----|------|--------|
| 全体 | 44 件 | 28 件 |
| KEK | 19 件 | 6 件 |

口頭発表

- ・超伝導加速空洞用模型クライオスタットの製作 原和文
- ・Belle II 測定器用SVD4L6ラダーの開発 佐藤伸彦
- ・LHC アップグレード用マグネット部品の試作について 川又弘史
- ・「製造支援」依頼業務の紹介 東憲男
- ・パルスレーザー堆積装置の立ち上げとレーザーの運転状況 中村惇平
- ・高放射化物の遠隔操作交換コミショニング報告 牧村俊助
- ・KEK PF におけるビーム変動改善のための床補強工事とその評価 松岡亜衣
- ・大強度ニュートリノビームの実現に向けた電磁ホーン用バスバーの冷却方式の改良 西田麻耶
- ・MPPC を用いた中性子2次元検出器の開発 瀬谷智洋
- ・ゲートアレイ開発ソフト、ISE から Vivado への変更 佐藤節夫
- ・新しいビームラインインターロックシステムと導入の効率化 小菅隆
- ・投影型イメージング質量分析用半導体検出器の開発 藤田陽一
- ・J-PARC MR 主電磁石新電源用恒温ユニットの開発 三浦一喜
- ・高性能ピル縦積層型 NEG ポンプの開発と排気速度測定 菊地貴司
- ・高エネルギー加速器研究機構における電子メールサービスの整備 橋本清治
- ・クラウド環境における仮想マシンとコンテナの性能評価 高瀬亘
- ・アカウント更新システムの構築と更新後の評価と課題 中村貞次
- ・HTML5 による Web ページの様態替え 八代茂夫
- ・一時来訪者向けネットワークの構築 石沢裕

ポスター発表

- ・KEK におけるフォトカソード電子銃の製作について 高富俊和
- ・EK-PF BL-11A の更新とその調整および性能評価 田中宏和
- ・AR-NE1 での間接冷却分光結晶開発 内田佳伯
- ・KEK PF BL-15A2 STARS をベースとした溶液試料用サンプルチェンジャーを用いた自動測定ソフトウェアの開発 永谷康子
- ・J-PARC ミュオンキッカーノイズ対策のためのノイズフィルター取り付け作業 藤森寛
- ・ビーム実験用 CF4 標的の開発と運用 鈴木祥仁

5.3.2 平成 28 年度技術研究会

平成 28 年度は、平成 29 年 3 月 9 日（木）、10 日（金）の二日間にわたり、東京大学本郷キャンパスにて「東京大学総合技術研究会」が開催された。開催分野は 1) 機械工作・ガラス工作技術、2) 装置関係・実験装置・大型実験技術、3) 回路・計測・制御技術、4) 極低温技術、5) 情報・ネットワーク技術、6) フィールド計測・農林水産海洋技術、7) 生命科学技術、8) 分析・評価技術、9) 実験・実習・社会貢献技術、10) 建築・土木・資源開発系技術、11) 施設管理・環境安全

衛生管理技術、12) 文化財保存技術の 12 分野であった。口頭発表およびポスター発表件数は表 5.3.2 の通りである。また、当機構の発表者を掲載する。

表 5.3.2 発表件数

| | 口頭発表 | ポスター発表 |
|-----|-------|--------|
| 全体 | 170 件 | 230 件 |
| KEK | 5 件 | 6 件 |

口頭発表

- ・電磁石精密位置調整ムーバ架台の電動化 荒木栄
- ・電子加速器入射部のビーム特性の設計及び測定 西田麻耶
- ・高位置分解能な位置 2 次元中性子検出器の開発 佐藤節夫
- ・タブレットを使用したインターロック集中管理システム用可搬操作パネル 小菅隆
- ・「高圧ガス容器管理システム」の導入 荒岡修

ポスター発表

- ・PF BL15 液体窒素分光器評価 内田佳伯
- ・実環境における二結晶型 X 線分光器の平行度測定 松岡亜衣
- ・J-PARC 高線り返し電源における高精度電流制御のための恒温槽開発 三浦一喜
- ・cERL におけるインターロック用高速ロスモニタシステムの開発 下ヶ橋秀典
- ・STARS を利用した真空計測定データの収集と活用システム 石井晴乃
- ・STARS Python インターフェイスの開発 永谷康子

5.3.3 今後の開催予定

平成 29 年度 核融合科学研究所技術研究会
期 日：平成 30 年 3 月 1 日（木）、2 日（金）
開催分野：工作技術、装置技術、計測・制御技術、極低温技術、情報・ネットワーク技術

平成 30 年度 九州大学総合技術研究会
期 日：平成 31 年 3 月

5.4 技術職員シンポジウム

技術職員シンポジウムは大学、高等専門学校、大学共同利用機関等における技術職員の一層の技術向上と活性化に向けて、自らの組織運営や将来計画といった中長期展望について

議論するための場であり、年一回当機構が主催している。各機関における組織の運営体制、業務の効率化や課題に対する取り組みなど情報共有と意見交換の場となっている。

5.4.1 平成 27 年度 第 16 回 KEK 技術職員シンポジウム

本年度のテーマは「技術職員のプレゼンスの向上」とし、さらにテーマに関する二つのサブタイトル「一人ひとりの努力と機関における位置づけ」、「技術研究会などを通じたスキルアップの施策」を設けた。本シンポジウムは、例年、2日間の開催となっているが、本年度は KEK において技術研究会が開催されることから、技術研究会開催日の前日、13:00 から 16:50 までの半日開催となった。

短い時間ではあったが、多くの方に参加していただき、技術職員の職務に応じた適切な評価はどうすべきか、今後、技術職員は技術の専門家として、いかにして創造性・独自性に富み、かつ高度な技術・技能を目指すのか、技術者組織の上位ポストに期待される役割は何か等の課題について報告及び活発な意見交換が行われた。

開 催 日：平成 28 年 3 月 16 日

開 催 場 所：高エネルギー加速器研究機構 研究本館 1 階小林ホール

シンポジウムテーマ：技術職員のプレゼンスの向上

- ・一人ひとりの努力と機関における位置づけ
- ・技術研究会などを通じたスキルアップの施策

参 加 人 数：33 機関から 97 名（内、機構から 27 名）



図 5.4.1 第 16 回 KEK 技術職員シンポジウム

プログラム：

| 平成28年3月16日(水) | | |
|--------------------------|------------------------|--|
| 12:00～13:00 | 受付 | |
| 13:00～13:10 | 挨拶 | 実行委員長 KEK 平 雅文 |
| 状況報告 座長：大越隆夫 (KEK) | 13:10～ 13:35 | ユニバーサル段階の大学における技術職員の役割と機会 横浜国立大学 理工学部数物電子情報系 学科 長谷川 紀幸 |
| | 13:35～ 14:00 | 能力や実績に裏打ちされた存在感ある技術職員になるために －様々な役割と大きな方向性の理解、機会の有効活用－ 北陸先端科学技術大学院大学 産学連携 本部技術サービス部 東嶺 孝一 |
| | 14:00～ 14:25 | 技術職員のプレゼンスの向上 高エネルギー加速器研究機構 山野井 豊 |
| 14:25～14:40 | 休憩 | |
| 状況報告 座長：平 雅文 (KEK) | 14:40～ 15:05 | 東北大学における職群と職群研修について (研修＝スキルアップ＝プレゼンスの向上という視点で) 東北大学 多元物質科学研究所 技術室 猪狩 佳幸 |
| | 15:05～ 15:30 | 技術支援センター発足から4年間の研修体制整備について 長岡技術科学大学 技術支援センター 渡邊 高子 |
| | 15:30～ 15:55 | 技術研究会の変遷と役割 分子科学研究所 鈴木 光一 |
| 15:55～16:05 | 休憩 | |
| 16:05～16:45 | 意見交換会 進行：田中 賢一(KEK) | |
| 16:45～16:50 | 閉会挨拶 | |

(1) ユニバーサル段階の大学における技術職員の役割と機会
長谷川 紀幸 (横浜国立大学 理工学部数物電子情報系学科)

日本における高等教育への進学率が50%を超え、マーチン・トロウが提唱した大学のユニバーサル段階に入ったとともに、日本では進学者数に比して大学等の募集定員が上回る、いわゆる「大学全入時代」にも突入している。ユニバーサル段階の大学では、入学者の「多様性」の広がりによって、従来では、必要のなかった様々な新しい課題が発生しており、とりわけ、教育分野においては顕著となっているのみならず、喫緊の課題となっている。

実験・実習技術研究会において発表数が増大しているだけでなく、対象分野も広がってきていることから明らかなように、近年、技術職員にとっても関りが深い課題となっているが、ユニバーサル段階の大学では従来の技術職員がかか

わってきた実験・実習分野だけではなく、広く大学の教育にかかわる機会も非常に多くなってきている。

本報告ではそのようなユニバーサル段階の大学における技術職員が果たすることができる新しい役割と機会について報告するとともに、新しい役割に対応する能力開発についても報告する。

(2) 能力や実績に裏打ちされた存在感ある技術職員になるために－様々な役割と大きな方向性の理解、機会の有効活用－

東嶺 孝一 (北陸先端科学技術大学院大学 産学連携本部技術サービス部)

北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) は、学部のない、独自のキャンパスと教育研究組織を持つ大学としては、我が

国で最初の国立大学院大学である。平成7年に発足した技術室は、平成17年に技術サービス部に改称されて事務局から独立した。以降、特にマテリアル系技術職員は、企業の試料を有償で測定するJAIST独自の制度や、当時のナノテクノロジーネットワーク事業、その後のナノテクノロジープラットフォーム事業において、企業や他大学等の研究に貢献してきた。また、こうした事業の公開講座の講師を務めて企業の技術者と意見交換をしたり、研修に参加して専門家から直接指導を受けたりすることで、スキルアップにもつながっている。他方、大学のフェスティバル等、地域の一般の方々と親睦を図る機会での貢献も求められ、一風変わったアミューズメント企画を実施したり、もちろん学内での依頼測定や設備の維持管理、学生へ講習をしたりする業務もある。こうしたなか、平成26年に技術サービス部は産学連携本部に再編された。例えばJAISTが主催する産学官金連携マッチングイベントへ技術サービス部として参加し、各企業の現況の調査や、提供している各種分析の提案を行うなど、今後さらなる産業界への貢献が求められている。

(3) 技術職員のプレゼンスの向上

山野井 豊 (高エネルギー加速器研究機構)

本機構では技術部を2004年4月に改組してから12年目を迎える。昨年は改組後の制度について振り返ると同時にこれからのあり方をワーキンググループで議論してきた。改組によって技術職員一人ひとりが見えなくなるとの意見があったことを踏まえてどのようなことを行ってきたか、また今後何を進めるべきかWGの議論を通して報告する。

(4) 東北大学における職群と職群研修について

(研修=スキルアップ=プレゼンスの向上という視点で)

猪狩 佳幸 (東北大学 多元物質科学研究所 技術室)

東北大学の技術職員は、総合技術部という全学組織に所属し、同時に担当する技術業務が近いもの同士を集めた職群に所属している。職群は、「加工・開発群」「電子回路・測定・実験群」「分析・評価・観測群」「生物・生命科学群」「情報・ネットワーク群」「安全・保守管理群」の6つがあり、それぞれ、所属する技術職員のスキルアップを目的とした研修を企画・実施している。今年度、実施されたこの職群研修について紹介する。

(5) 技術支援センター発足から4年間での研修体制整備について

渡邊 高子 (長岡技術科学大学 技術支援センター)

長岡技術科学大学 技術支援センターでは、技術職員の存在感(プレゼンス)を向上するため、仕事の質を向上する取り組み、仕事の幅を広げる取り組み、研究費獲得のための取り組み、プレゼン技術向上の取り組みという大きく分けて4つの取り組みを行なっている。今回の報告では、本学が実践しているこれらの具体的な内容を報告するとともに、技術職員組織の大学内での位置づけについて報告する。

(6) 技術研究会の変遷と役割

鈴木 光一 (分子科学研究所)

全国的な規模で展開している「技術研究会」もスタートしてから40年経過した。この研究会の発足した経緯や現在までの軌跡を振り返り、その「技術研究会」が技術職員にもたらした効果や今後のあり方について考察してみる。

総括

前年度のシンポジウムでは、「法人化10年と今後」というテーマで組織、業務内容の変化、評価と処遇について議論が行われた。KEKにおいては、10年間を振り返るワーキンググループ「技術部門検討WG」による議論が平成26年12月にスタートし、計14回の議論を経て、平成27年8月に答申が提出された。答申において、技術・技能の継承、成果の可視化の重要性について触れられているが、本年度のシンポジウムにおいては、技術職員のプレゼンスを向上させるため、機関における技術職員の位置づけ、技術研究会などを通じたスキルアップに関して、各機関の現状、取り組み状況について報告があった。

KEKからは山野井技術調整役が、技術部門検討WGでの議論を通して、改組による問題点、今後何を進めるべきかについて報告があった。また、分子科学研究所からは、技術研究会の変遷と役割についての総括と多様化する技術職員の業務スタイル、大学や研究機関の性格の違いの中、技術職員にとって有益な研究会であり続けるための課題について報告があった。

半日開催のため6件の報告にとどまったが、最後の意見交換会では、活発な議論が行われた。

5.4.2 平成 28 年度 第 17 回 KEK 技術職員シンポジウム

第 17 回目を迎える今回は 30 機関から 80 名の参加があり、「技術職員関連の見える化活動」と「若手の育成とシニア層の活躍」という 2 つのテーマで報告が行われた。シンポジウムの冒頭では KEK 技術賞受賞者の機械工学センターの岡田尚起氏による講演があり、引き続いて、各機関からの 11 件の報告あった。また今回は初めての試みとしてそれぞれの日の最後

に発表者をパネラーとした意見交換会が行われた。

2 日間を通して、技術職員を内外に見えるようにするための「組織化」、「ホームページ作成」、「研究会開催」などの「見える化」の方法、「技術職員の採用」などの「見える化の効果」、若手育成のための研修制度とそれを支えるシニアなどについて活発な意見交換がされた。

開催日：平成 29 年 1 月 19 日、20 日

開催場所：高エネルギー加速器研究機構 研究本館 1 階小林ホール

シンポジウムテーマ：「技術職員関連の見える化活動」と「若手の育成とシニア層の活躍」

参加機関・人数：30 機関 80 名（内、機構から 22 名）



図 5.4.2 第 17 回 KEK 技術職員シンポジウム

プログラム：

| 1 月 19 日（木曜日） 1 日目 | | | |
|--------------------------|---------------|------------------------------------|---------------------------|
| 11:30 ~ 13:00 | | 受付 | |
| 13:00 ~ 13:05 | | 挨拶 | 高エネルギー加速器研究機構 野村 昌治 理事 |
| KEK 技術賞講演 進行：平雅文（KEK） | 13:05 | KEK 技術賞について | |
| | 13:15 ~ 13:55 | フラックスコンセントレータヘッドの 螺旋スリット加工方法の開発 | 共通基盤研究施設 機械工学センター 岡田尚起 |
| 13:55 ~ 14:00 | | 休憩 | |
| 状況報告 座長：大越隆夫（KEK） | 14:00 ~ 14:30 | 沖縄高専における若手の育成とシニア層 （中堅）の活躍 | 沖縄工業高等専門学校 技術室 釣 健孝 |
| | 14:30 ~ 15:00 | 京都大学における技術職員組織の評価制度に ついて | 京都大学工学研究科 技術部 西崎 修司 |
| | 15:00 ~ 15:30 | 地震研における研修制度の概要 | 東京大学地震研究所 芹澤 正人 |

| | | | |
|-------------------------------|---------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 15:30 ~ 15:40 | | 休憩 | |
| 状況報告 座長：大越隆夫（KEK） | 15:40 ~ 16:10 | スタッフの育成と組織のプレゼンス - 電通大の取り組み - | 電気通信大学 教育研究技師部 高田 亨 |
| | 16:10 ~ 16:40 | 九州大学工学部技術部の取り組み | 九州大学 工学部技術部 村上 幸治 |
| 16:40 ~ 17:40 進行：小山 篤（KEK） | | 意見交換会（若手の育成とシニア層の活躍） | |
| 17:40 ~ 18:00 | | 宿舍移動等 20分 | |
| 18:00 ~ 20:00 | | 懇親会 会場：KEK レストラン | |
| 1月20日（金曜日）2日目 | | | |
| 状況報告 座長：平 雅文（KEK） | 9:20 ~ 9:50 | 高知大学岡豊キャンパス技術職員の現状と 今後の取り組み | 高知大学 教育研究部病理学講座 林 芳弘 |
| | 9:50 ~ 10:20 | 名古屋工業大学技術部の歩み | 名古屋工業大学 技術部 玉岡 悟司 |
| | 10:20 ~ 10:50 | テクニカルセンター機器開発技術Gの現状に ついて | 東北大学金属材料研究所 テクニカルセンター 本郷 健一 |
| | 10:50 ~ 11:20 | 技術情報ネットワーク 10年を振り返って | 自然科学研究機構 分子科学研究所 水谷 文保 |
| 11:20 ~ 13:00 | | 昼食 | |
| 状況報告 座長：平 雅文（KEK） | 13:00 ~ 13:30 | 宇都宮大学工学部技術部の現状について | 宇都宮大学工学部 技術部 菊池 幸市 |
| | 13:30 ~ 14:00 | 技術職員関連の見える化活動 | 高エネルギー加速器研究機構 山野井 豊 |
| 14:00 ~ 15:00 進行：中村 一（KEK） | | 意見交換会（技術職員関連の見える化活動） | |
| 15:00 ~ | | 閉会挨拶 | 中村 一（実行委員長） |

(1) 沖縄高専における若手の育成とシニア層（中堅）の活躍 釣 健孝（沖縄工業高等専門学校・技術室）

沖縄高専技術室では、開校まもない平成24年から若手技術職員の育成に力を入れてきた。その結果、自発的な技術研修等への参加や学外との共同研究、新技術を導入したシステム構築など、培った専門的な技術を発揮し、積極的かつ責任感を持って業務にあたるようになってきた。また、シニア層（中堅）も積極的に長期研修へ参加し、継続的に自身の技術の向上を目指している。本報告では、沖縄高専技術室で行われた取り組みとその成果について発表する。

(2) 京都大学における技術職員組織の評価制度について

西崎 修司（京都大学 工学研究科 技術部）

平成3年に設置された京都大学総合技術部は、全ての部局の技術職員を横断した全学組織である。その主な役割は、全学に分散する技術職員への情報共有や、研修による専門技術の研鑽のサポートであった。しかしながら、人事権がなかったため、ポスト削減の際には、全く対応する事が出来ず、立場の弱い技術職員のポストが削られ、急速に技術職員の数が減

少した。この危機に対し、平成18年の改組を切欠に各部局である程度の人事権を有した技術部の発足により、ポストを確保し、技術職員の数の減少に歯止めを掛けた。ポストの確保には一定の成果を得たが、組織の階層構造が曖昧だったため、技術職員の地位はかなり低かった。これら処遇改善を目指して、新たな技術職員向けの勤務評価基準の導入により、平成28年に改組が行われた。発表では、現状について報告する。

(3) 地震研における研修制度の概要

芹澤 正人（東京大学地震研究所）

当所には技術職員を対象とした独自の研修制度があり、運用も技術職員が主体となった委員会で行っている。その仕組みについて実際の研修事例や毎年開催している職員研修会の内容とともに紹介する。

(4) スタッフの育成と組織のプレゼンス - 電通大の取り組み -

高田 亨（電気通信大学・教育研究技師部）

本学では技術職員という呼称を教育研究技師と改め、平成22年度より現在の体制に移行している。この意図するとこ

ろの1つは、教育への関与を深化させることにあり、その範囲は授業担当、機器の保守に留まらずにテキストの作成や講義そのものの運営、母体となる組織の運営に及ぶ。このような流れの中で技術職員個々のプレゼンスをどのように組織のプレゼンスに繋げるかは未解決の課題である。本報告ではこういった流れの中で、教育研究技師がどのように活動しているのか、教育研究技師部がどのような方向に進もうとしているのか、その中で改組された後の取り組みについて紹介したい。

(5) 九州大学工学部技術部の取り組み

村上 幸治（九州大学・工学部技術部）

九州大学では技術職員の全学的な組織構想は表立って検討されていないこともあり、技術に関する若手の育成と年配者が持つ特殊技術の継承方法については、各部局の判断に委ねられている。工学部は平成28年4月より工学部技術部（3室9班、84名）を発足させた。この背景には教室系技術職員の減少に関わらず、教員数の増加、要求技術の高度化があり、個々人の習得スキルのみ依存した現行の業務形態に疑問を感じたからである。本報告では、工学部技術部における若手の育成と技術継承への取組みを周知方法も交えて紹介しつつ、同時に皆さまからもご意見を賜りたい。

(6) 高知大学岡豊キャンパス技術職員の現状と今後の取組み

林 芳弘（高知大学教育研究部病理学講座）

全国の国立大学法人等では、技術職員組織の見直しや再編成が急速に推し進められ、より効率的な技術支援体制の構築が実現しているが、高知大学岡豊キャンパス（医学部等）技術職員の組織化は進展していない。数年前、医学部技術職員の「高知大学全学部技術職員研修会の開催」という事務局への働きかけをきっかけに、岡豊キャンパス技術職員と事務局職員との対話が進むとともに、平成27、28年度学長裁量経費「高知大学岡豊キャンパス（医学部等）、全学部技術職員技術支援体制の構築」というプログラムが採択された。それに加え、平成28年度中国四国国立大学等技術職員研修会・マネジメント研究会・代表者会議を高知大学が主催することもあり、技術職員と事務局との対話が活発化し、技術職員の存在感と重要度は増しつつあるが、全学部の組織化については困難を極めている。今回、高知大学岡豊キャンパス（医学部講座および設備サポート戦略室）技術職員の現状と今後の取り組みについて報告する。

(7) 名古屋工業大学技術部の歩み

玉岡 悟司（名古屋工業大学 技術部）

名古屋工業大学は平成5年に技術部が組織化されたが、現在からみれば必ずしも組織としての活動をしているとは言える状況ではなかった。技術職員の新規採用が見送られた時期もあり、これまでの技術部の歩みを踏まえて組織の見える化について考察する。

(8) テクニカルセンター機器開発技術Gの現状について

本郷 健一（東北大学金属材料研究所テクニカルセンター）

東北大学金属材料研究所テクニカルセンター機器開発技術グループでは、研究者等からの依頼に基づき研究機器の製作及び、研究試料を作製している。モノ作りを主とした業務を行っている機器開発技術グループの現状について報告する。

(9) 技術情報ネットワーク10年を振り返って

水谷 文保（自然科学研究機構 分子科学研究所）

2006年6月から公開を開始した技術情報ネットワークは、SNSプラットフォーム上で、技術職員の業務成果の集大成とも言える各技術研究会報告集を網羅したデータベースを公開するWeb環境である。公開10年目を迎え、過去40年分の論文を集録した本データベースの活用状況について報告する。

(10) 宇都宮大学工学部技術部の現状について

菊池 幸市（宇都宮大学工学部技術部）

工学部技術部は教育支援・研究支援を基盤として各種委員会及びプロジェクトを設置して活動している。教育支援・研究支援については、研修やセミナー等の参加により技術向上を目指している。また、各種委員会の中には地域貢献に関わるものもある。そして、プロジェクト活動においては技術の向上や共有（継承）の役割も持っている。これらいくつかの活動について、技術職員の関わり方や成果報告について述べる。

(11) 技術職員関連の見える化活動

山野井 豊（高エネルギー加速器研究機構）

私たちの仕事は、裏方仕事、といっても専門家としての一流を目指すことが私たちの目標です。そのためにも優れた技術、優れた技術者をどのように評価するか、また、後輩の目標となる技術者となりうるかが、技術職の将来にかかっています。高エネ研における、技術職員一人ひとりの仕事を見えるようにする取り組みを報告します。

シンポジウムを終えての実行委員長の感想

この技術職員シンポジウムは講演だけでなく、意見交換会の場を設けている。意見交換会の進行は今までは座長一人に行われていたが、今回は講演者に登壇していただきパネルディスカッションの型式で行った。この方式はある課題、例えば今回の場合では「技術職員関連の見える化活動」について各機関の取組みについて整理して比較することができた。また、参加者にとってもわかりやすくなり、また司会者にとっ

てもやりやすいものになった。まだ改良点はあると思われるが、今後もこの形式を続けてみたい。

「技術職員関連の見える化活動」のやり方も各機関によって違いがあり、技術職員の組織化を新たに行う、技術職員の組織による独自の活動を行うなど、各機関の技術職員の置かれている状況が様々で、KEK との違いを知ることができる良い機会であった。

(実行委員長 中村 一)

5.5 受け入れ研修

文部科学省大学共同利用機関の各研究所、各研究施設に蓄積された優れた技術は大きな財産である。同一機関内に必要とする技術があり、それを若手技術者に継承していくことができる組織は理想的といえる。しかしそのような環境にない場合、技術の習得を希望する技術者にとって、他機関が持つ技術の指導を受けられる機会はとても貴重となる。それぞれの機関が持つ技術を他機関の技術職員に伝承することで互いの技術力を向上させ、また人としての交流が生まれることで新たなつながりが期待できる。

受入研修はこのような目的から、分子科学研究所、核融合科学研究所、国立天文台、宇宙科学研究本部（旧大学共同利用機関 宇宙科学研究所）、高エネルギー加速器研究機

構（KEK）の5機関で始まり、全国の国立大学、高等専門学校まで研修を受けられる対象者は広がった。当機構技術部門ではそれ以降継続して本研修活動を行っている。その中でも KEK においては色々な意味での高精度が必要な装置及び位置決めなど最先端の加工機械及び先を見越した回路設計技術、He 温度での低温技術や放射線に関する技術など、特に KEK の特色を出せるような技術に関して研修を行っている。

前回の報告以降平成 26 年度まで素核研工レクトログループを中心に行っていた ASIC（エーシック）に関する研修は新たに Open-It という方式を設け、KEK に限らず他研究機関・大学等で開催することになり、ここ 2 年は KEK での受け入れ研修という形では開催を行っていない。

5.5.1 平成 27・28 年度受け入れ研修

前述したとおり回路設計に関する受入研修が開催されなかった結果、溶接及び機械加工など工学的な研修が増えたように見える。その他、KEK 内専門課程研修「Python 言語によるプログラミング」（2015/10/20 - 10/24）を機構外部へも

案内したが受講者はゼロであった。

今後の課題としては受入研修の機構外の研究機関及び大学等への継続的な周知をどのように行っていくのが挙げられる。

(1) 「真空容器の溶接技術の基礎習得」の技術職員受け入れ

研修題目：Tig 溶接機を用いたステンレス製真空容器の溶接技術の基礎習得

研修概要：TIG 溶接の概要、真空容器の製作所に関するビデオ。

試験片を用いて練習。（突合せ溶接・開先形状のものに溶加棒を用いて溶接・隅肉溶接・実際に溶接する真空容器のダミーを溶接、胴管とフランジ）

真空容器の溶接

リークチェック（リークが発生した場合は再溶接）

工場内の見学

受講者：長谷川 達郎（名古屋大学全学技術センター工学 副技師）

研修期間：2015 年 7 月 23 日～24 日（2 日間）

世話人：東 憲男

受入部門：共通基盤研究施設 機械工学センター

講師：川又 弘史

受講報告：・溶接によって生じる歪みを考慮することが重要であることが分かった。

- ・チャックに挟んで回転させながら溶接することで、通常手で溶接した場合より滑らかなビードで溶接することができた。
- ・内面での溶接は外面で溶接する時よりも難しく、溶融池が見えにくいいため、注意して溶接をしなければならない。
- ・1 回目はリークしてしまったが、目視で溶接不十分な個所を見つけ、最終的には漏れがなく真空を引くことができた。
- ・2 日間を通して、溶接知識の習得、技術の向上さらには、他研究機関の方との交流を深めることができ、大変貴重な経験をさせていただくことができた。



(2) 「5 軸マシニングセンターを用いた加工技術の習得」の技術職員受け入れ

研修題目：5 軸加工用機能の使用法習得と加工練習の実施

研修概要：5 軸加工用機能の使用法習得と、部品製作を兼ねた加工練習の実施。

タップ加工関連機能の使用法習得と加工練習。

ワーク自動測定装置と回転軸中心測定機能の使用法習得。

工具長自動測定装置の使用法習得。

受講者：福嶋 美津広、福田武夫（国立天文台 先端技術センター 技術職員）

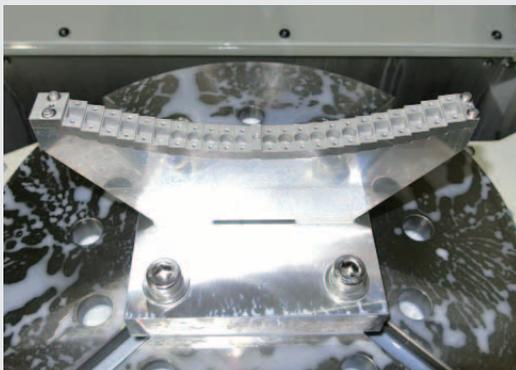
研修期間：2016 年 6 月 23 日～ 24 日（2 日間）

世話人：東 憲男

受入部門：共通基盤研究施設 機械工学センター

講師：保住 弥紹

受講報告：本研修は2日間の日程で行われた。1日目は天文台から持ち込んだ部品について、加工手順の説明を受けながら、加工を行っていただいた。2日目は1日目の加工の復習を兼ね、加工データの作成時の注意点、5軸加工機の機能、操作手順の講習を受け、加工練習（機械操作）を行った。研修を受けるにあたり、先に加工をしていただいたことで、機械動作に対する説明が理解しやすくなり良かったと感じた。また、講師である保住氏の説明は、経験と知識に基づくものとなっており、とても参考となる内容でした。



5.6 専門課程研修

専門課程研修は主として機構内技術職員を対象に実施される技術研修であり、現場で直接役立つ技術者のための研修として位置づけられるようになっている。研修内容は技術職員

で構成される委員会によって企画・立案され、年に数件実施される。研修終了後は受講者にアンケートを実施し、今後の研修実施に役立っている。

5.6.1 平成 27 年度専門課程研修

昨年度に実施したアンケート「技術専門研修のテーマに関するアンケート」をもとに研修項目を決定した。今年度は共通研究施設（計算科学センター）の鈴木次郎氏に講師を依頼して、「Python 言語によるプログラミング」研修を実施した。以下に、研修の概要、日程等を示す。また、昨年と同様に受

入研修と共同で募集を行い、外部からの応募も受け入れた。

専門課程研修委員会ではその他の研修も実施に向けて検討を行ってきたが、日程等で折り合わなかったため、検討された研修は次年度以降に先送りとした。

(1) 研修題目 「Python 言語によるプログラミング」

講師： 鈴木 次郎（共通）

研修期間： 平成 27 年 10 月 20 日（火）～ 11 月 24 日（火） 毎週火曜日 10：30～12：00（全 5 回）

受講者数： 9 名

平木雅彦（物構研）、大山隆弘（共通）、岡田雅之（加速器）、下ヶ橋秀典（加速器）、永谷康子（物構研）、小菅隆（物構研）、川本崇（加速器）、佐藤節夫（物構研）、福井佑治（加速器）

研修概要：

Python は簡単で最小限の文法ルールを使ってプログラムを記述できる言語であり、近年では google やソフトバンクをはじめとする IT 企業の多くが主要な言語として利用している。また MIT をはじめとした大学などの教育機関でもプログラミング学習に Python を採用しており、KEK の J-PARC MLF においてもビームラインにおける実験制御、データ解析環境に Python 言語が採用されている。

このように様々な場面で Python が使用されているのは、プログラミングの「初めの一歩」から大規模プログラミングまでサポートしており、「誰でも簡単に」、「素早く」、やりたいことを実現できる言語だからである。

本研修はプログラミング初心者者を主な対象として、実際にプログラムを作成する実習形式で講義を行った。Python の実行環境を PC 上に作成することからはじめて、大量の実験データを加工、処理し得られた数値データを可視化（グラフ出力）するまでの一連の方法を学ぶことで、プログラミング技術に加えて、日常業務をより効率的に自動化することなどを学習した。

研修内容

- 1) Python 環境のインストール
- 2) Python の構文のルールについて
- 3) 数値、文字列、変数、リストの取扱い
- 4) 制御構文 (if ～、while ～)
- 5) 関数の作成、呼び出し
- 6) 巨大なサイズのテキストファイルの読み込み、バイナリデータの読み書き
- 7) 2次元ランダムウォークを用いた統計処理
- 8) 統計データの可視化 (gnuplot によるグラフ作成)
- 9) Python から C 言語のライブラリを呼び出す方法

プログラム：

| | | |
|-----|-------------|---|
| 第1回 | 平成27年10月20日 | Python 開発環境のインストール |
| 第2回 | 10月27日 | 数値、文字列、変数、リストの取扱い 制御構文 (if～、while～など) |
| 第3回 | 11月10日 | 関数の作成、呼び出し 巨大なファイルの読み込み、バイナリデータの読み書き |
| 第4回 | 11月17日 | 2次元ランダムウォークを用いた統計処理 統計データの可視化 (gnuplot によるグラフ作成) |
| 第5回 | 11月24日 | Python から C 言語のライブラリを呼び出す方法など |



5.6.2 平成28年度専門課程研修

2014年に実施した専門研修の要望アンケートを元に実施可能な研修項目を検討し、「放射線計測」と「ワンチップマ

イコンLinux」に決定した。

(1) 研修題目「放射線量とは -実用量の考え方-」

講師：高橋 一智 (放射線科学センター)

研修期間：平成28年7月11日(月) 10時～16時

受講者：受講者 5名、聴講 1名 (機構外受講者 0名)

放射線量は、単純な物理量として表される吸収線量に、様々な要素が係数として掛け合わせられて求められる実用量である。生物影響の指標となる放射線量を理解することは、放射線に対する正しい理解に役立つ。また、放射線測定器がどのようにして物理量から実用量を算出するかを理解することで、正しく検出器を選択し、安全な研究開発環境を構築する

ために寄与することができる。

加速器の運営をより安定して行なうため、放射線管理を行なう組織のみでなく、機構に所属する方に広くこれらの知識を理解してもらうことを本講義の目的とした。

研修は講義90分、実習150分行なう。講義は放射線による人体影響を理解するために必要な放射線量についての講義

を行なった。また、放射線量や、放射線源となる放射エネルギーはどのような原理で測定され、実際に放射線管理に使われる量を算出しているかの基礎知識を知ることによって放射線についての理解を深めた。

実習では、 β 線を実際に測定することで、その結果から β 線

の最大エネルギーを推定する実験を行なった。ある一定の磁場を通過する間に β 線が受けた運動量から最大エネルギーを推定する方法と、吸収体を用いて対象とする β 線の吸収曲線を求め、最大飛程からエネルギーを算出する方法の二通りで行なった。

(2) 研修題目 「データベース入門」

講師： 佐藤 節夫（物質構造科学研究所） 初期設定・開発環境の整備

瀬谷 智洋（物質構造科学研究所） Web カメラの制御

橋本 清治（共通基盤研究施設） デジタル信号の入出力や i2c インターフェースの通信制御

研修期間： 平成 28 年 10 月 4 日（火）～ 10 月 18 日（火） 14：00～16：30 全 3 回

受講者： 8 名

研修総括：

募集人員 10 名のところ、申し込み期間内に 4 名しか集まらず、追加募集を行った。原因として次の 2 点が考えられる。講師との打ち合わせが遅くなってしまい、募集期間が短くなってしまったこと、また受講のメリット等の情報がうまく伝えきれなかった点である。Raspberry Pi は広い用途で仕

事に応用できるものなので、そのメリットをうまく伝えていきたい。

受講後のアンケート結果では、研修内容について「概ね理解できた」という回答が多かったが、LinuxOS の経験の有無で難易度に差があったように感じられた。

5.7 語学研修

近年、技術職員は国際会議などへの参加や、海外の研究者・技術者と英語で討論する機会が増加している。このような現状を鑑み、専門研修委員会では英語のスキルを必要とする技術職員向けの英語研修を検討してきた。本研修の目的は、国

際会議でのプレゼンテーションや討論するに足る英語力の習得、また英語論文の書き方などを想定したものであり、日常の英会話や、TOEIC で点数を取るためのものではない。

5.7.1 語学研修の背景と現状

まず、CERN 研修などで利用している国際アカデミーにこちらの要望を伝えて見積もりを取った結果、一例として以下の金額が示されている。

<例>：2 時間／週で全 15 回、5 名の場合、約 50 万円

上記の例を参考に検討を行ったが、高額な費用をどこで捻出するかという予算上の問題、研修希望が多かった場合の選抜基準をどう設定するかといった問題点が指摘された。結果、外部機関に依頼する方法は諦め、KEK の職員に講師を依頼する方向で検討していくことになった。また、現状の予算では難しいが、国際アカデミーなどの外部機関には、調査、値段交渉を継続していくことも確認された。

後日、素粒子原子核研究所の大須賀 関雄氏に講師を依頼して、快く引き受けて頂いた。過去に英語研修の講師をされ

ており、国際会議でのプレゼンテーションの機会も豊富なことから、KEK 職員の中では最も適任と判断された。また、講師と研修委員の間で研修内容を検討した結果、以下の 4 項目について重点的に行うことにした。

- ・国際会議への参加や、海外に派遣されて仕事をする時に役に立つ英語
- ・英語で論文を書く際のコツ
- ・誤解を招きやすい発音の改善
- ・文化の違いに起因する誤解を避けることの重要性

実施時期は平成 28 年の 5 月開催を目標に準備を進めることとして、27 年度の研修委員会活動は終了した。

5.8 初任者研修

「本研究機構技術職員としてのあり方を体得させるとともに、配属される組織、グループ以外の職場を体験すること」を目的として、新しく採用された技術職員を対象にした技術職員初任者研修を実施している。平成 27、28 年度の採用者、講義タイトル、主な講師は以下の通り。また、技術職員初任

者研修の日程表を表 5.8.1、5.8.2 に示す。

なお、「加速器概論」は総合研究大学院大学の学生を対象とした講義を受講した（加速器以外の初任者は自由参加）。また、経験者採用で採用された初任者は、希望する講義のみ受講する事とした。

表 5.8.1 平成 27 年度、28 年度採用者

| | |
|-------------|---|
| 平成 27 年度採用者 | 大中政弥（素核研）、大下英敏（物構研）、小玉恒太（加速器）、大山隆弘（共通） |
| 平成 28 年度採用者 | 秋山裕信（素核研）、石井晴乃（物構研）、阿部慶子・保住弥紹（共通）、野島健大・佐武いつか・森川祐（加速器） |

表 5.8.2 講義のタイトルと主な講師

| 年度 | 講義タイトル | 主な講師 |
|-------------|-----------------|--|
| 平成 27 年度 | 高エネ研のインフラ | 小山篤、施設部企画課、施設部設備課 |
| | 電気安全 | 豊島章雄 |
| | 真空（講義） | 久保田親 |
| | 真空（実習） | 豊島章雄、田中宏和、菊地貴司 |
| | 放射線安全 | 穂積憲一、飯島和彦、豊田晃弘、平雅文 |
| | 計算科学センター | 高瀬巨、橋本清治、中村貞次 |
| | 電源 | 中島啓光 |
| | 低温 | 田中賢一、超伝導低温科学センター技術職員 |
| | E P I C S | 佐々木信哉 |
| | P L C | 佐藤健一 |
| | 電磁石 | 山野井豊、広瀬恵理奈 |
| | 電子回路実習 | 藤田陽一、庄子正剛、濱田賢二 |
| | 機械技術講習会 | 高富俊和、井上均、小林芳治、大久保隆治、東憲男、渡辺勇一、岡田尚起、牛谷唯人、齋藤信二、川又弘史 |
| | 製図講習会 | 岩井正明、平木雅彦 |
| | 測定誤差と位置モニタ | 石井仁 |
| | R F に関わる実習 | 吉本伸一 |
| | ANSYS を用いた熱構造解析 | 牧村俊助 |
| | 測量 | 山岡広、大澤康伸 |
| | 加速器概論 | 総研大授業 |
| | 平成 28 年度 | 高エネ研のインフラ |
| 放射線科学センター | | 穂積憲一、飯島和彦、豊田晃弘、大山隆弘、平雅文 |
| 真空・電気安全 | | 久保田親、豊島章雄、田中宏和、菊地貴司 |
| 計算機科学センター | | 西口三夫、高瀬巨、柿原春美、石沢裕 |
| P F ビームライン | | 松岡亜衣、多田野幹人 |
| 測量 | | 山岡広、大澤康伸 |
| レーザー | | 中村惇平 |
| P L C | | 佐藤健一 |
| 電磁石 | | 広瀬恵理奈、山野井豊 |
| E P I C S | | 佐々木信哉 |
| R F 計測 | | 江木昌史、片桐広明 |
| 超伝導低温工学センター | | 田中賢一、超伝導低温科学センター技術職員 |
| 機械技術講習会 | | 高富俊和、井上均、牛谷唯人、大久保隆治、保住弥紹、阿部慶子、渡辺勇一、岡田尚起、小林芳治、東憲男 |
| 製図講習会 | | 山中将、平木雅彦 |
| 電子回路実習 | | 藤田陽一 |
| プラント制御 | | 槇田康博、大中政弥、大島洋克 |
| 加速器概論 | | 総研大授業 |

5.8.1 研修日程

技術職員初任者研修の前に、管理局の初任者と合同で2～3日間の初任者研修を実施している。

合同研修の最終日午前中には、技術職員のみの「技術職員分科会」があり、先輩技術職員4名より「先輩職員の体験談」

を、前年度採用の技術職員から採用後1年間の業務について話していただき、機構の技術職員のイメージをつかめるようにした。

表 5.8.3 平成 25 年度 管理局の初任者と合同の初任者研修

平成25年4月初任者研修日程表(案)

H25.2.21

対象者：新規採用の事務職員及び技術職員(他機関からの転入職員、有期雇用職員 一部参加可)

| 日 | 9:00 | 9:15 | 9:30 | 9:45 | 10:00 | 10:30 | 10:45 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 14:15 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 17:15 |
|----------|------|--|-----------------|--------------|----------------|------------------|-------------|----------------|-------------------|--------------------|-----------|-------|--------------|-----------------|-----------------|-------|
| 4月10日(水) | | 受付・シオリエンテーション | 開講式(部長挨拶) | 機構職員としての心構え★ | 管理局長(1:00) | 休憩 | 技術職員の役割について | 技術調整役(1:00) | 休憩 | 広報活動について★ | 国際連携について★ | 休憩 | 施設見学①★(0:30) | 施設見学②★素核研(1:00) | 施設見学③★物構研(1:00) | 懇親会 |
| 4月11日(木) | | 管理棟前集合・移動 | 施設見学④★加速器(0:45) | 見学 入射器・KEKB | 施設見学⑤★共通(0:45) | 見学 放射線・計算低温・機械工作 | 移動 | 休憩 | J-PARCについて★(1:00) | 施設見学⑤★J-PARC(2:00) | 移動 | 移動 | 移動 | 移動 | 移動 | 移動 |
| 4月12日(金) | | <管理局職員分科会> 機構の予算 共同利用受入 管理局の情報 システム について 体制について <技術職員分科会> 先輩職員の体験談 等(2:30) | | | | | | 先輩職員の体験談(1:00) | 休憩 | 職場のコミュニケーションの基礎 | | | | 閉講式 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

1. 講義日程等については、一部変更になる場合があります。
 2. 筑波大学等からの転入職員、新規採用の有期雇用職員の方は、★印が付いている講義を受講できます。
 3. 4月10日(水)の講義終了後(17:45～)レストランにおいて懇親会を行います。
 4. 4月11日(木)の午後は東海キャンパスにて行います。(11:00管理棟前発 マイクロバス使用)東海で昼食となりますが、昼食は各自ご用意くださるようお願いします。

<講義場所>
 4月10日(水) 2号館会議室大
 4月11日(木) 管理棟玄関前集合
 4月12日(金) 2号館会議室大・中

表 5.8.4 平成 25 年度 技術職員分科会日程表

| 4月12日(金) | | 初任者研修 | | | 技術職員分科会 | |
|----------|---|--|------------|-------|--|-------------------|
| 対象技術職員 | | 濱田英太郎 (素核研回路Gr.) 田中聡香 (加速器第五研究系) 高橋直人 (共通基盤 超伝導低温工学センター) | | | 上條亜衣 (物構研放射光科学第二研究系) 佐々木信哉 (加速器第三研究系) 牛谷唯人 (共通基盤 機械工学センター) | |
| 9:30 | ～ | 9:50 | 先輩職員の体験談-1 | 15年 | 広瀬 恵理奈 | 素粒子原子核研究所 技師 |
| 9:50 | ～ | 10:10 | 先輩職員の体験談-2 | 24年 | 内田 佳伯 | 物質構造科学研究所 技師 |
| 10:10 | ～ | 10:30 | 先輩職員の体験談-3 | 29年 | 原 和文 | 加速器研究施設 技師 |
| 10:30 | ～ | 10:50 | 先輩職員の体験談-4 | 3年 | 岡田 竜太郎 | 超伝導低温工学センター 技術員 |
| 11:20 | ～ | 12:00 | 体験談懇談会 | | 全 員 | |
| 12:00 | | ～ | | 13:00 | | 休憩 (KEKレストランで食事会) |

表 5.8.5 平成 25 年度 技術職員初任者研修日程表

| | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|-----|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------|
| 4月 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | 辞令交付 8:30集合 | | | | | |
| | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | | 新任職員講習会 (教員/事務/技術) 13:00-15:25 | 新任職員講習会 (教員/事務/技術) 13:00-15:55 | 初任者研修 9:15-17:15 懇親会 | 初任者研修 9:15-17:15 PM東海見学 | 初任者研修 9:30-17:15 AM技術分科会 | |
| 5月 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| | | 放射線講習 13:30-17:00 | | 放射線健康診断 9:30-11:00 | 加速器の 基本概念 10:30-15:00 | | |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| | | パソコンでの データ収集 13:00-17:00 | パソコンでの データ収集 9:00-12:00 | パソコンでの データ収集 13:00-17:00 | 加速器概論 I 放射線と物質の相互作用 10:30-17:00 | | |
| 6月 | 28 | 29 | 30 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | 昭和の日 | | | | 憲法記念日 | みどりの日 |
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | こどもの日 | 振替休日 | | 高エネ研の インフラ 10:00-12:00 | 加速器概論 I ビーム物理 10:30-17:00 | | |
| 7月 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| | | 回路実習 13:30-17:15 | 回路実習 13:30-17:15 | 回路実習 13:30-17:15 | | 放射線 13:30-17:00 | |
| | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| | | 材料力学 13:00-17:00 | ANSYS入門 14:00-17:00 | ANSYS入門 14:00-17:00 | 加速器概論 I ビーム物理 10:30-17:00 | ANSYS入門 14:00-17:00 | |
| 8月 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 |
| | | | | | 加速器概論 I 放射光源加速器 10:30-17:00 | | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| | | | | 真空 9:00-12:00 | | | |
| 9月 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | | | | | 加速器概論 I 磁石 II (超伝導) 10:30-17:00 | | |
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| | | 機械講習 9:00-16:00 | 機械講習 9:00-16:00 | 製図 9:00-16:00 | 加速器概論 I 磁石 I (常伝導) 10:30-17:00 | 低温 13:30-17:00 | |
| 10月 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | | | | | 加速器概論 I ビーム物理 10:30-17:00 | 計算機 13:30-17:00 | |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| | | | 磁場測定と解析 8:10-16:35 (東海キャンパス) | 磁場測定と解析 12:00-19:31 (東海キャンパス) | 磁場測定と解析 8:10-16:35 (東海キャンパス) | 磁場測定と解析 8:10-16:35 (東海キャンパス) | |
| 7月 | 木曜日 | 4 | 11 | 18 | 25 | | |
| | | 加速器概論 I 真空 10:30-17:00 | 加速器概論 I RF I 10:30-17:00 | 加速器概論 I RF II 10:30-17:00 | 加速器概論 I J-Parc 10:30-17:00 | | |
| 9月 | 木曜日 | 5 | 12 | 19 | | | |
| | | 総研大 加速器開発のための機械工学 10:30-17:00 | 加速器概論 I ビームモニター 10:30-17:00 | 加速器概論 I ビームハンドリング 10:30-17:00 | | | |

表 5.8.6 平成 26 年度 管理局の初任者と合同の初任者研修

平成26年4月 初任者研修日程表

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|-----------|-----------------------------------|----|----|-------|-------------------------------|--|---------------------------|------------------------|----------------------|--|-------|-----|
| | 9:00 | 15 | 30 | 45 | 45 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 30 | 14:00 | 15 | 17:15 | 17:45 | |
| 4月7日(月) | 受付・シオリエンター | 開講式(部長挨拶) | 機構職員としての心構え★ 管理局長(1:00) | | | 休 | 技術職員の役割について 山野井技術調整役(1:00) | 休 | 国際連携について★ 国際企画課長(0:30) | 広報活動について★ 広報室(0:30) | 休憩・移動 | 施設見学★(3:00) コミュニケーションプラザ BELLE展示室 筑波実験棟 PF実験準備棟 放射光実験施設 | | 懇親会 |
| 4月8日(火) | 管理棟前集合・移動 | 計算機棟 | 施設見学★(1:30) 富士実験棟 超伝導リニア試験棟 | | | 移動 | 休 | J-PARCについて★ J-PARCセンター副センター長(0:50) | 施設見学★J-PARC(2:00) | | 移動 17:10頃管理棟前到着予定 | | | |
| 4月9日(水) | 【管理局職員分科会】 ★機構の予算について主計課長 ★共同利用受入体制について共同利用実務室長 ★管理局の債権システム情報基盤管理室 | | | | | 休 | 先輩職員の体験談(1:00) | 職場のコミュニケーションの基礎 外部講師(株)フォーブレン(4:00) | | | | 閉講式 | | |
| 【技術職員分科会】 先輩職員の体験談 等(2:30) | | | | | 休 | | | | | | | | | |

1. 講義日程等については、一部変更になる場合があります。
 2. 他機関からの転入職員、新規採用の有期雇用職員の方は、★印が付いている講義を受講できます。
 3. 4月7日(月)の講義終了後(17:45～)レストランにおいて懇親会を行います。
 4. 4月8日(火)の午後は東海キャンパスにて行います。(11:00管理棟前発 マイクロバス使用)
 5. 安全衛生教育については、別途実施済み。
- <講義場所>
 4月7日(月) 2号館会議室中
 4月8日(火) 2号館会議室中
 4月9日(水) 2号館会議室中(事務)・会議室小(技術)

表 5.8.7 平成 26 年度 技術職員分科会日程表

| 4月9日(水) | | | 初任者研修 | | | 技術職員分科会 | | |
|---------|---|-------|--|------|---------|---|--|--|
| 対象技術職員 | | | 西田麻耶(素粒子原子核研究所) 池戸豊(物質構造科学研究所、ミュオン科学研究系、欠席) | | | 三浦一喜(加速器研究施設、加速器第一研究系) 篠江憲治(加速器研究施設、加速器第七研究系) | | |
| 9:30 | ～ | 9:40 | 自己紹介など | | | | | |
| 9:40 | ～ | 10:00 | 先輩職員の体験談-1 | 3年目 | 北川 潤一 | 共通基盤研究施設 安全ディビジョン 放射線安全セクション(東海) 技術員 | | |
| 10:00 | ～ | 10:20 | 先輩職員の体験談-2 | 4年目 | 中村 惇平 | 物質構造科学研究所 ミュオン科学研究系(東海) 准技師 | | |
| 10:20 | ～ | 10:40 | 先輩職員の体験談-3 | 4年目 | 佐藤 健一 | 加速器研究施設 加速器第二系(東海) 技術員 | | |
| 10:40 | ～ | 11:00 | 先輩職員の体験談-4 | 16年目 | 広瀬 恵理奈 | 素粒子原子核研究所(つくば) 技師 | | |
| 11:00 | ～ | 11:20 | 昨年度採用者から | 2年目 | | 上條、佐々木、牛谷、瀧田、田中(1人3分程度) | | |
| 11:20 | ～ | 12:00 | 体験談懇談会 | | 全員(18名) | 今年度採用者 : 西田、三浦、篠江 前年度採用者 : 上條、佐々木、牛谷、瀧田、田中 体験談講演者 : 北川、中村、佐藤、広瀬 初任者研修委員 : (瀧田、中村、)宮尾、古宮、小山 技術調整役 : 山野井、大越、平 | | |
| 12:00 | ～ | 13:00 | 休憩 | | | (KEKレストランで食事会) | | |

表 5.8.8 平成 26 年度 技術職員初任者研修の日程表

| | 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|----|-------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|---|-------|
| 4月 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 辞令交付 8:30集合 | 病院健康診断 | | | |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| | | 初任者研修 9:15-17:15 懇親会(夜) | 初任者研修 9:15-17:15 PM東海見学 | 初任者研修 9:30-17:15 AM技術分科会 | 産業医問診 東海 | | |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |
| | | 放射線講習 つくばPM | | 産業医問診 つくば13:30 放射線講習 東海10:00-15:00 | 加速器概論 10:30~15:00 加速器の基本概念 | | |
| 5月 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| | | 新任職員講習会 (教員/事務/技術) 9:30~17:00 | | 高エネ研のインフラ 9:00~12:00 放射線安全 13:30~16:30 | 加速器概論 10:30~17:00 放射線と物質の相互作用 | | |
| | 27 | 28 | 29 | 30 | 1 | 2 | 3 |
| | | | 昭和の日 | | 加速器概論 予備日 | | 憲法記念日 |
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | みどりの日 | こどもの日 | 振替休日 | | 加速器概論 10:30~17:00 ビーム物理 | | |
| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| | | | 回路実習 9:00~16:30 | 回路実習 9:00~16:30 | 加速器概論 10:30~17:00 ビーム物理 | | |
| | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| | | | PCでデータ収集 9:00~16:30 | PCでデータ収集 9:00~12:00 | 加速器概論 10:30~17:00 ビーム物理 | | |
| 6月 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| | | | 測定 9:00~16:30 | PLC (東海キャンパス) つくば発8:10,着16:35 | 加速器概論 10:30~17:00 ビーム物理 | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | | | 加速器概論 予備日 | | |
| | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| | | 装置設計 (東海キャンパス) つくば発8:10,着16:35 | 装置設計 (東海キャンパス) つくば発8:10,着16:35 | 装置設計 (東海キャンパス) つくば発8:10,着16:35 | 加速器概論 10:30~17:00 磁石(常伝導) | 高圧ガス 9:00~12:00 計算科学センター 13:30~16:30 | |
| | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| | | 工作技術講習会 8:40~16:00 | 工作技術講習会 8:40~16:00 | 製図講習会 8:40~16:00 | 加速器概論 10:30~17:00 磁石(超伝導) | | |
| | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| | | | 極低温の温度計測 9:00~16:30 | 真空 9:00~16:30 | 加速器概論 10:30~17:00 真空 | | |
| 7月 | | 3 | 10 | 17 | 24 | 31 | |
| | | 加速器概論 10:30~17:00 RF I | 加速器概論 10:30~17:00 RF II | 加速器概論 10:30~17:00 加速器開発のための機械工学 | 加速器概論 10:30~17:00 J-Parc | 加速器概論 10:30~17:00 放射光源加速器 | |
| 9月 | | 4 | 11 | 18 | 25 | | |
| | | 加速器概論 10:30~17:00 ビームモニター | 加速器概論 10:30~17:00 ビームハンドリング | 加速器概論 予備日 | 加速器概論 予備日 | | |

5.9 技術部門ウェブサイト

ウェブサイト運用委員会は、前身の技術部 SMG グループ (Server Management Group) が平成 8 年からサーバ運用していた技術部門の Web ページを引き継ぎ、平成 23 年度に名称を標記に変えて、引き続き、技術部門連絡会議の下部委員会として活動しています。技術部門連絡会議メンバーからは平技術調整役が参加しています。本委員会ではサーバ管理業務を行わないことにし、技術部門 Web ページは、機構としての準公式情報発信と位置づけられて、以下にアドレスが変更になりました。

- (現) <http://www2.kek.jp/engineer/>
(平成 27 年度 1 月より)

- (旧) <http://www-eng.kek.jp/> (現在はアクセス不可)
関連 Web ページの更新や各年度ページの制作を他の委員会と連携して進めています。平成 27 年度技術研究会の開催案内より、新しいページに移行しました。皆様には、技術部門ホームページリンク先の変更に関して感謝します。また、技術職員募集ページですが、平成 30 年 4 月採用に合わせてリニューアル作業が進んでいます。なお、情報発信は引き続き TOPICS、NEWS、おしらせ (所内向け情報) のページを随時更新しています。平成 27 年度および平成 28 年度の技術部門 Web ページの代表的なページの追加記録を次に示します。

表 5.9.1 技術部門 Web ページの代表的なページ追加記録

| 年月 | 更新内容 |
|-------------|---|
| 平成 27 年 4 月 | 求人情報に KEK 技術職員募集 2016 /4 採用予定を追加 |
| 6 月 | 平成 27 年度 KEK 技術研究会開催を追加 |
| 7 月 | 平成 26 年度 CERN 研修から帰国された 共通基盤研究施設 高瀬巨氏による技術セミナーを追加 |
| 7 月 | 専門課程研修「Python 言語によるプログラミング」を追加 |
| 8 月 | 平成 26 年度 CERN 研修から帰国された 加速器研究施設 川村真人氏による技術セミナーを追加 |
| 9 月 | 平成 27 年度 KEK 技術交流会開催を追加 |
| 10 月 | 平成 27 年度 KEK 技術職員シンポジウム開催を追加 |
| 平成 28 年 1 月 | 平成 27 年度技術セミナーに CERN 派遣研修 (技術職) 募集説明会を追加 |
| 4 月 | 求人情報に KEK 技術職員公募 2017 /4 採用予定を追加 |
| 5 月 | 平成 28 年度技術セミナーに CERN 派遣研修 (技術職) 募集説明会を追加 |
| 6 月 | 専門課程研修「放射線量とは -実用量の考え方-」を追加 |
| 7 月 | 平成 27 年度長期海外派遣で TRIUMF から帰国された 加速器研究施設 穴戸寿郎氏 による技術セミナーを追加 |
| 8 月 | 専門課程研修「Linux 動作のワンチップマイコン Raspberry-Pi」を追加 |
| 8 月 | 平成 28 年度 KEK 技術職員シンポジウム開催を追加 |
| 9 月 | 研修に CERN への日本人職員 (技術職) 派遣研修の募集を追加 |
| 10 月 | 平成 28 年度 KEK 技術交流会開催を追加 |
| 平成 29 年 3 月 | 求人情報に KEK 技術職員募集 2018 /4 採用予定を追加 |

5.10 機構委員会への参加

表 5.10.1 機構の運営上必要な会議

| 委員会名 | 平成 27 年度 | 平成 28 年度 |
|-----------|----------|----------|
| 人事制度検討委員会 | 4 | 4 |
| 機構会議 | 1 | 1 |
| 連絡運営会議 | 4 | 5 |
| 技術部門連絡会議 | 8 | 8 |

表 5.10.2 法令などにより設置が必要な会議

| 委員会名 | 平成 27 年度 | 平成 28 年度 |
|-------------------|----------|----------|
| 男女共同参画企画推進委員会 | 1 | 2 |
| 環境・地球温暖化・省エネ対策連絡会 | 2 | 2 |
| 情報セキュリティ技術検討委員会 | 3 | 3 |
| ハラスメント防止・対策委員会 | 1 | 1 |
| つくばキャンパス衛生委員会 | 4 | 4 |
| 東海キャンパス衛生委員会 | 2 | 2 |

表 5.10.3 機構の活動上必要な会議

| 委員会名 | 平成 27 年度 | 平成 28 年度 |
|--------------------|----------|----------|
| 福利厚生委員会 | 4 | |
| 施設点検・評価専門部会 | 2 | 2 |
| エネルギー調整連絡会 | 3 | 3 |
| 図書・出版委員会 | 0 | 1 |
| 計算機・ネットワーク業務委員会 | 10 | 9 |
| 一般公開実行委員会 | 5 | 4 |
| 知的財産委員会 | 1 | 1 |
| 安全委員会 | 2 | 2 |
| 化学専門部会 | 4 | 4 |
| 機械専門部会 | 6 | |
| 高圧ガス専門部会 | 1 | |
| 高圧ガス・クレーン専門部会 | | 7 |
| 電気専門部会 | 3 | 3 |
| レーザー専門部会 | 2 | 2 |
| 交通専門部会 | 4 | |
| 防災・防火専門部会 | 3 | |
| KEK コンサート企画（実行）委員会 | 0 | 2 |
| 遺伝子組み換え実験安全委員会 | 1 | 1 |
| 環境報告書作成ワーキンググループ | 3 | |
| 低温委員会 | 3 | |
| 工作委員会 | 5 | 5 |

5.11 技術部門の諸活動に関する委員会名簿

表 5.11.1 平成 27 年度委員会名簿

| | 技術部門連絡会議 への窓口 | 素粒子原子核研究所 | 物質構造科学研究所 | 加速器研究施設 | 共通基盤研究施設 |
|---------------------|------------------|-------------------------|---------------|----------------|----------------|
| 技術研究会 技術職員シンポジウム | 平 雅文 | 鈴木 祥仁 笠見 勝祐 | 瀬谷 智洋 | 佐藤 吉博 山岡 広 | 田中 賢一 川又 弘史 |
| 技術職員報告集 | 田内 一弥 | 田内 一弥 広瀬恵理奈 | 内田 佳伯 | 丸塚 勝美 橋本 義徳 | 穂積 憲一 高瀬 亘 |
| 研修委員会 (含 語学研修) | 山野井 豊 | 岩崎 るり 濱田英太郎 | 佐藤 節夫 | 川本 崇 福井 祐治 | 飯島 和彦 高橋 直人 |
| 受入研修委員会 | 山野井 豊 | 千代 浩司 | 豊島 章雄 | 柿原 和久 | 中村 一 |
| 技術交流会 技術セミナー | 大越 隆夫 | 近藤 良也 | 池戸 豊 | 岡田 雅之 | 豊田 晃弘 東 憲男 |
| 初任者研修 企画委員会 | 小山 篤 | 西田 麻耶 | 竹谷 薫 | 金枝 史織 | 穂積 憲一 |
| 技術部門 HP 運用委員会 | 平 雅文 | 鈴木 祥仁 | 斎藤 裕樹 | 荒木 栄 | 渡邊 勇一 |
| 採用情報ページ更新 | 山野井、大越 | 川井 正徳 濱田英太郎 西田 麻耶 | 小菅 隆 瀬谷 智洋 | 佐々木信哉 佐藤 健一 | 北川 潤一 高富 俊和 |

表 5.11.2 平成 28 年度委員会名簿

| | 技術部門連絡会議 への窓口 | 素粒子原子核研究所 | 物質構造科学研究所 | 加速器研究施設 | 共通基盤研究施設 |
|---------------------|------------------|----------------|-----------|----------------|----------------|
| 技術研究会 技術職員シンポジウム | 平 雅文 | 牧 宗慶 笠見 勝祐 | 瀬谷 智洋 | 南茂今朝雄 山岡 広 | 中村 一 川又 弘史 |
| 技術職員報告集 | 田内 一弥 | 千代 浩司 広瀬恵理奈 | 内田 佳伯 | 吉野 一男 橋本 義徳 | 田中 賢一 高瀬 亘 |
| 研修委員会 (含 語学研修) | 山野井 豊 | 濱田英太郎 | 佐藤 節夫 | 田原 俊央 福井 祐治 | 渡邊 勇一 高橋 直人 |
| 受入研修委員会 | 山野井 豊 | 鈴木 純一 | 豊島 章雄 | 高橋 毅 | 東 憲男 |
| 技術交流会 技術セミナー | 大越 隆夫 | 藤田 陽一 | 池戸 豊 | 大澤 康伸 | 東 憲男 |
| 初任者研修 企画委員会 | 小山 篤 | 大中 政弥 | 松岡 亜衣 | 佐々木信哉 | 石沢 裕 |
| 技術部門 HP 運用委員会 | 平 雅文 | 鈴木 祥仁 | 斎藤 裕樹 | 荒木 栄 | 渡邊 勇一 |
| 採用情報ページ更新 | 小山 篤 | 川井 正徳 大中 政弥 | 小菅 隆 | 佐々木信哉 佐藤 健一 | 中村 貞二 高富 俊和 |

編集後記

Annual reportがあるのに技術職員報告集をなぜ作るのか、という問いに心底納得ゆく答えは多分出てこないのではないかと思います。私は160名からなる人々が機構の役に立っていない訳がないはずだと思います。その答えがこの報告集の内容となるべきであり、内容も常に進化していくべきなのではとの思いで作っています。

今回の目玉としてインタビュー記事を載せてみました。技術職員はどのようにあるべきかなどを語ってもらったのですが、ここに載せることが多少憚れることも含めて、長い時間を割いていただき、田中真伸教授には深くお礼申し上げます。やはり他人とは話をしてみないとわからないというか、より深く知るには話をすべきであると思いました。若い人の比率が増えてきて技術職員はどのようにあるべきかという問いに対して、我々技術職員が何らかの意見を言えるようになることは将来に対して必要なことと思います。

前回の報告集から始まった各研究系や施設の業務内容も定着してきました。各職場からは、もっとページが欲しいという要望があり、前回よりも増ページしています。これからも個々の技術職員の顔が見えるような技術報告集を作っていきたいと思っています。またもっと面白い報告集を作りたいと思っている方は委員に立候補をお願いします。

終わりに調査に回答していただいた方々、各系研究紹介等、各種活動報告に関する文章を執筆して下さった方々に深く感謝いたします。

編集委員長 田内 一弥

編集委員

| | | |
|-----------|-------|-------|
| 素粒子原子核研究所 | 千代 浩司 | 倉崎 るり |
| 物質構造科学研究所 | 金子 直勝 | |
| 加速器研究施設 | 吉野 一男 | 橋本 義徳 |
| 共通基盤研究施設 | 高富 俊和 | 田中 賢一 |
| 技術部門連絡会議 | 田内 一弥 | |

.....

