

入射器の現状

加速器第五研究系主幹 古川 和朗

運転概要

2012年度の前半は4月2日から7月2日まで、順調に運転を行い、PFとPF-ARユーザ実験向けの入射運転とSuperKEKBに向けたビーム研究開発を行うことができた。今年度からビーム研究開発を火曜日から水曜日に移すことになり、RF電子銃を中心とした入射器の研究開発に効果的に利用することができた。夏季の建設・保守作業の後、今期は9月18日からマイクロ波の運転を開始した。立ち上げ時に見つかった故障について、順次対応ができていたが、一部は震災の後遺症とわかってきている。SuperKEKBに向けたビーム開発を行いながら、10月9日からのPF立ち上げと、16日からのPF-ARの立ち上げに備えた。

夏季建設・保守作業

夏季シャットダウンは運転期間に行うことのできない作業を進行させる貴重な時期であるが、今年も震災復旧とSuperKEKB向けの改造・建設に関する作業を多数進めることができた。

このうち比較的大きな作業は、入射器中央に位置するダンピング・リング接続部下流3-Tのシールド移動であり、SuperKEKB向けの建設を継続しながら、PFやPF-ARの入射を継続するためには重要な作業であった。このためには、地下通路の通風ダクト一部撤去や、熱電子銃、RF電子銃、マイクロ波装置、電源装置、レーザ装置といった多数の機器の移設が必要となり、複雑な調整が必要であった。この作業により、ダンピング・リングとの接続部や入射器



図1 シールド移動作業の一部。複数のグループの同時作業の調整が必要であった。



図2 長基線アライメント用レーザ（上）と500 m先の安定度監視測定器。

上流部の震災復旧・建設作業が、PF/PF-AR向け入射運転中にも行えるようになる。加速ユニットが一つ(3-2)減ったので、PFの2.5 GeV入射には問題ないが、PF-ARの3.0 GeV入射には余裕があまりなくなり、慎重なビーム運転計画が必要になっている。

震災によって破損した加速装置架台の修理や置き換えも計画的に進められている。架台設置のアライメントについては架台や床の損傷によりミリメートル以上のずれが発生し、参照点を失ってしまったが、SuperKEKB向けの低エミッタンスビームは0.1 mmのアライメント精度を要求する。このため、加速管と制御の横断グループによって改善作業を進めている。まずはレーザによる500m長基線アライメント機構の整備が進行中で、今後の建設に必要な基準点の確認も進んでいる。当初はレーザの角度保持機構の安定度が得られなかったが、現在は1日程度の期間、500 mの距離で0.1 mmの精度を維持できるような目処が付き、より長期の測定期間については測定値の補正を行う。また、10 m長の架台内や架台間のアライメントをレーザ・トラックで行っている。2つの方法の突き合わせや、繰り返し測定による誤差の評価など、許される時間・人員内での現実的な実施方法の経験を蓄積している。その結果に基づいて、PF/PF-ARの入射には使用していない前半部分の機器設置とアライメント測定を繰り返し、精度を高めていく予定である。

他にも、夏季作業としては、第三スイッチヤード内東



図3 ダンピング・リングの基礎工事が終わり、トンネルの構築が進んでいる。



図4 制御室の改装。一部残っていた30年前の設備を撤去・改修した。

側ビームラインの再構築、エネルギー圧縮装置の一時撤去、マイクロ波低・中電力系の一部更新など、2014年度のSuperKEKBの運転開始に向けた作業をひとつひとつ進めており、今のところほぼ予定通りと考えている。

ダンピング・リングの土木建設工事も着実に進んでおり、年度末の完成が期待され、来年度は電源棟やビームラインの建設に移る。

入射器棟のローカル制御室について、昨年夏には、30年使用してきた入射器制御卓の置き換えを行ったが、今年の夏は壁紙や作り付けのラックの撤去、沈み始めていた木製の床の付け替えなどを行った。毎年一般公開の際にみすばらしかったが、今期は一般公開の前に改装することができた。また、震災時に停止したままになっていたFM放送同期の壁時計システムを汎用の電波時計に置き換えた。

SuperKEKBリングを含めたコミッションングは全体の制御室で行うが、来年度後半から始まる入射器内のビーム・コミッションングは入射器の制御室で行われることになる

ので、作業しやすい効果的な機器の配置が期待されている。夏季作業の後、9月18日から順次機器の立ち上げを開始したが、パルス電源装置のサイラトロンや、Cバンドのクライストロンが故障し、急遽交換を行った。クライストロン故障の詳しい原因については調査待ちであるが、内部真空の悪化がわかっている。このクライストロンについては、大震災の際に高電圧トランスが転倒して壊れたが、その際に絶縁碍子に傷を付けたのであろうと考えられている。

このCバンドのユニットは、KEKBでの衝突において、電子と陽電子のエネルギーを交換し、電子雲不安定性の解決を図ろうとの計画から、入射器の長さを変えずに陽電子のエネルギーの増倍を図るため、研究開発されたものである。現在はこのエネルギー交換計画は停止しているため、Cバンド関連の、クライストロン、マイクロ波窓、増幅器などの予備品が制限されている状態である。そのような保守性や、物理開口径が小さいこと、加速勾配が高いことなどを考慮しながら、今後の方針を検討していく必要がある。

建設とビーム開発研究

先にも述べたように秋の運転期間内には、入射器の下流側の3セクタの部分ではPFとPF-ARの運転を継続しながら、上流側の5セクタの部分の復旧と建設を進めることになる。前期は主に光陰極RF電子銃の開発に時間を割いたが、今期は電子銃の開発に加えて低エミッタンスビームの実現にも注力することになる。

入射前の9月の立ち上げ時期には、下流側の機器・ビームの安定度の測定が広範囲に行われている。KEKBの運転では大きな障害にはならなかったような変動が、SuperKEKB向けの低エミッタンスビームではエミッタンスの増大として見えてしまうが、そのような大きな性能劣化に繋がるような不安定性も今回の測定で再確認されている。取得したデータを解析し、個々の機器や運転方法への対策を講じる予定である。運転中にもこのようなデータ取得は重要であり、同時入射で高速ビーム切り換えに使用した広域同期イベント制御を拡張して、ビームや装置の実時間測定・監視機構を構築し、ビームの安定度を確保するための実時間ビーム補正にも利用可能となるように整備していく予定である。

また上流側では、昼間はアライメントを含む建設作業を行い、夜は部分的に試験運転を始める期間も予定している。この部分では、震災後一度だけ電源投入は行われたが、今期運転立ち上げ期間内に、ビーム運転を前提とした電源立ち上げが行われた。複数の故障が見つまっているが、ひとつひとつ改修・交換を行なっているところである。

ビーム開発用の試験運転には、毎週水曜日の開発研究の時間帯の利用や、現在整備中で上流側に独立にビームを出せるA1電子銃の効果的な利用を期待しており、開発研究と建設をバランスさせながら進めていくつもりである。

リング夏季停止期間中の作業

PF リング, PF-AR とともに 6 月 30 日 (金) 9:00 に運転を停止して, 夏季停止期間に入った。例年, この期間にリング各装置の定期保守・改造等の作業を行っているが, 今年も各グループ盛りだくさんの作業が予定されているため, 毎週金曜日 16:00 から作業打ち合わせを行って, グループ間の調整を図った。PF リングと PF-AR に関わる各グループの主な作業は以下の通りであった。

◆電磁石グループ

- ・お盆明けくらいから 1 ヶ月程度, 自分達でレーザートラッカを使って測量。
- ・AR の六極電源の更新。7~8 月に電源入れ替え, 配線作業, 9 月から通電試験, 調整。

◆RF グループ

- ・例年の高圧電源保守と B2 電源の修理, 改良。
- ・昨年水漏れを起こして修理中のサーキュレータを交換。
- ・AR の RF で東西のパワーバランスが崩れる現象が起きているので, ローレベル系の配線, 確認, 交換。

◆制御, モニタグループ

- ・制御サーバの更新。
- ・8/14 ~ 8/20 停電に伴う既存制御サーバの停止。8/20 は UPS 保守。
- ・8/20 ~ 8/31 新しい制御サーバの設置, 立ち上げ。
- ・8/27 ~ 8/30 実験ホールにある光モニタの電極交換。
- ・8/15 停電時に制御側室にある分電盤の移設。
- ・トレンチのモニタ制御ラックに取り付けている熱電対の張り替え。

◆挿入光源グループ

- ・7/4 挿入光源の更新に向けて業者の現場確認。
- ・7/12 U#2 の制御コントローラを新しいものに入れ替えて動作確認。
- ・その後も制御ソフトの動作確認のためギャップ駆動。
- ・他の挿入光源でも動作確認のためギャップ駆動。
- ・AR の挿入光源の高さの全数確認。
- ・9 月から SGU#15 の磁場調整。

◆真空グループ

- ・震災で故障して撤去してある GV3 台の復旧と付随する粗排気ダクトと形状変換ダクト交換, CT 設置 (図 1), RFQ のセラミックダクトをダミーダクトに交換する真空作業。リングの 8 割の真空を破る。
- ・粗排気ダクトと形状変換ダクトが納品。
- ・7/9 週 各ダクトのリークチェック, ベーキング。
- ・7/17 U#2 上流~北 RF 上流をベントし, RFQ のダミーダクト設置, TSP 交換。
- ・7/23 北 RF 下流~MPW#5 下流をベントし, CT 設置 TSP

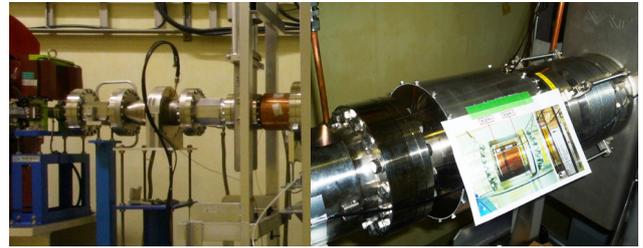


図 1 (左図) 震災で破損した旧 CT (Current Transformer) と (右図) 今回同じ場所に設置した新 CT。



図 2 (左図) 前期の運転中に動作不良を起こし, 停止期間中に撤去された BL4 のビームシャッターと (右図) ビームラインに設置された旧 BL1 (再利用) のビームシャッター。

交換。

- ・7/30 MPW#5 下流~南 RF 上流をベント, B9-10 間の GV 設置, 粗排気ダクト交換。同時に, VW#14 上流 GV 設置, 形状変換ダクト交換, ベローズダクト交換, TSP 交換。
- ・8/6 R#19 下流~S2 下流をベントし, B23-24 間の GV 設置, 粗排気ダクト交換。
- ・9/3 週 U#16 の NEG 活性化。
- ・真空作業で干渉するステアリング電磁石, BPM ケーブル, ロスモニタ用光ファイバーの一時取り外し。
- ・9/3 週 AR の北直線部の TSP 交換, 増設。
- ・9/10 週 AR の FB ダンパの電極支持部交換。
- ・7/25 ~ 7/27 RI (β 線源) 付きの SIP から RI 取り外し。
- ・8/22 ~ 8/23 VW#14 冷凍機保守。

◆基幹チャンネルグループ

- ・7/2 ~ 7/10 運転中に動作不良となった BL4 の BS 交換 (図 2)。
- ・7/4 BL7 の FCV 交換, BAG, TSP 交換を行う。LV が漏れた場合 LV の交換。
- ・BL7 の FCV 交換などの保守を来年行う予定だったが, 今年ビームライン側の作業が行われるのに合わせて先行して作業。
- ・ビームライン側で BL7, 20, 27 の BBS 点検, 確認。
- ・BL7, 20 の LV が漏れた場合 LV の交換。

- ・ 7/17 週 BL9 の FCV 交換, BAG, TSP 交換。
- ・ 7/23 週 BL12 の FCV 交換, BAG, TSP 交換。
- ・ 7/17 リングの真空作業に合わせて, BL3 の ABS 部 BAG 交換。
- ・ 7/30 リングの真空作業に合わせて, BL8, 14 の BAG 交換。
- ・ 7/30 BL3 の BS 部 BAG, TSP 交換。
- ・ 8/20 ~ 8/23 真空作業した BL の終夜ベーキング。

停止後の運転再開は以下の日程が予定されている。

- 9/18 Linac 立ち上げ。これ以降 BT への入域は不可となる。
- 10/9 PF 立ち上げ, 10/16 AR 立ち上げ。

放射光科学第一, 第二研究系の現状

放射光科学第二研究系主幹 足立 伸一

夏の作業・運転・共同利用実験

約3か月間の夏期停止期間が終了し, 10月初旬から今年度第2期のビームタイムがスタートしました。この停止期間中, 大規模な新規ビームラインの建設工事はなく, いくつかの実験ステーションで軽微な建設・改造工事が行われています。

10月以降に来所されたユーザーの方はすでにお気づきかもしれませんが, PFの実験ホール内でひととき目を引くのは, BL-1A下流に新設された実験キャビンです。この実験キャビンは, 構造生物学ビームラインの利用者のために整備されたもので, タンパク質結晶の品質改善やタンパク質微小結晶のマイクロマニピュレーション等の作業を行うことを目的としています。今年度からPFにて採択・実施されている文科省創薬等基盤技術開発プラットフォーム事業(2012-2016年度)の一環として建設されました。また, この工事以外にも, 下記のように様々な改造工事がPFおよびPF-ARの実験ホール内で行われています。あまり目立たない改造工事ではありますが, 共同利用実験の利便性の向上を目指して, ステーション担当者が様々な工夫を凝らして行っているものです。そのちょっとした利便性の向上と, 利便性向上に向けたスタッフの努力にもお気づきいただくと, 施設側として大変ありがたく存じます。

(夏期停止期間中の改造工事)

[BL-6A] 実験ハッチ内天井にケーブルラック3本, 天井走行レール2本, アイボルトを新たに敷設しました。仮配線になっていたハッチ内ケーブルを整理し, 実験環境全体を整備することが目的です。

[BL-9C] 実験ハッチを縮小し, また入退出扉の移設を行いました。In-situ 実験用機器の設置スペースの確保と, ハッチ出入りの利便性の向上が目的です。

[BL-12C] in-situ XAFS 実験の利便性を向上するために, 実験ハッチにケーブルダクトを1カ所を追加しました。

[BL-17A] 低エネルギー SAD 実験用のヘリウムガスポンペを常設するスペースを確保するために, ハッチ上部にケーブルダクト1個を増設しました。

[BL-18C] 天井部からクライオスタットを簡便に出し入れするために, 天井部に小型扉を設置しました。

[AR-NW10A] 真空メンテナンスの利便性向上のために, フロントエンド Be 窓下流側のビームパイプと真空ポンプを一部交換しました。

[AR-NW12A] 試料位置でのビーム強度不安定性を改善するために, ミラーへの熱負荷除去用のマスクを増設しました。また見学対応時の利便性向上のために, 実験ハッチ壁面に大型モニターを設置しました。

PF と PF-AR では, 放射線安全を確保するためのシャッター点検, インターロック総合動作試験を行ったのち, PF は 10 月 9 日から, PF-AR は 10 月 16 日から, それぞれ運転を開始しました。また PF では 10 月 15 日から, PF-AR では 10 月 19 日から, それぞれユーザー実験を開始しています。PF, PF-AR とも 12 月 21 日までユーザー運転を行う予定です。

すでにお知らせしています通り, 今年度は運営費交付金(放射光プロジェクト経費)が大幅削減された影響により, PF および PF-AR の運転スケジュールを例年より約1か月間短縮しています。今年度第3期の運転スケジュールは, 1月中旬から2月中旬までの約1か月間を予定していますが, KEK 予算担当部署とも緊密に連携して, できる限りビームタイム終了時期を2月中旬以降に延長する方向で努力を続けています。第3期の最終的なスケジュールを11月初旬に決定し, 11月下旬に第3期のビームタイム配分を行う予定です。

BL 整備計画の進捗状況

現在, PF の BL-15 および BL-2 においてビームラインの新設及び改修に向けた作業が進行中です。

新 BL-15 は, 短直線部に設置されたショートギャップ短周期アンジュレータを光源とする X 線ビームラインで, 小角散乱と XAFS/XRF 測定を行うための2つの実験ステーションから構成されています。新 BL-15 の建設計画立案に当たっては, 関連ユーザーグループとの打合せ, PF

シンポジウム、PF-SAC、放射光戦略会議、PF研究会「PFにおけるマイクロビームを利用したXAFS、XRF、SAXS実験の展望」(2011年9月7-8日)等で幅広くご議論いただきました。ミクロンオーダーに集光された高輝度X線を有効に利用して、高分子フィルムや生体膜などの多様な膜構造、天然物や工業材料など不均一な分布をもった物質構造を複合解析手法(小角散乱やXAFS/XRFなど)により解明する研究アクティビティを幅広く展開することを目指して建設準備が進められています。

一方、これまでBL-15には偏向電磁石を光源とする3つの硬X線実験ステーションが設置されてきました。BL-15AはX線小角散乱ステーション、BL-15B1は白色X線トポグラフィーおよび汎用X線実験ステーション、BL-15B2は表面界面X線回折実験ステーション、そしてBL-15Cは精密X線回折実験ステーションです。そのうち、BL-15Aに設置されていたX線小角散乱ステーションは、2011年夏のシャットダウン中にBL-6Aへの移設が完了し、2011年10月から共同利用実験が再開されています。現在は、BL-15BおよびCにおいて利用実験が行われていますが、これらの利用実験は今年度いっぱいまで停止させていただき、同時にX線トポグラフィーの研究アクティビティをBL-20Bへ移設いたします。この移設工事は2013年春から夏にかけて行い、2013年10月以降にはX線トポグラフィーの利用実験を再開する予定です。現在、BL-20Bにはオーストラリア放射光施設(Australian Synchrotron)が管理する多目的単色・白色HXステーションが設置されていますが、KEKとの協定は2012年度で終了し、X線トポグラフィーステーションとして更新されることとなります。またX線トポグラフィー以外の研究アクティビティについては、他のビームラインへのアクティビティの移設を含めて、関連UGの皆様と引き続き議論させていただいています。

BL-2はPF創設時からSX領域の挿入光源ビームラインとして整備されてきました。特に2005年のPF直線部増強により、BL-2の直線部は5mから9mへと大幅に拡張されましたが、設置されている挿入光源はPF創設期のままであり、9m長直線部の有効な活用が課題となっていました。PFでは、この長直線部にアンジュレータ2台をタンデムに設置することにより、広いエネルギー範囲をカバーするVUV-SXビームラインを建設する方向で準備を進めています。

具体的には、VUV領域用の新規アンジュレータ(30-300 eV)と既存のSX領域のアンジュレータ(250-970 eV)の2台を光源とする新しいビームラインBL-2の建設を提案しています。新BL-2には、放射光ビームを有効活用するために、BL-2AとBL-2Bの2ブランチを設置する予定です。BL-2Aには高分解能光電子分光装置が常設されます。光エネルギー30-1500 eVの高分解能(角度分解)光電子分光・X線吸収分光測定に専用化することにより、表面・界面物性研究の高効率化が実現できます。BL-2Bでは上記のエネルギー範囲に加えて2結晶分光

器を組み込むことで、さらに広いエネルギー範囲30-4000 eVの放射光利用が可能になります。BL-2Bでは、上流側に日立製作所の分析装置が設置され産業利用・民間共同利用研究が行われます。下流側はフリーポートとして運営され、現在BL-2で行われている発光測定装置などのユーザー持ち込み装置による利用研究に提供されます。

今後の予定としましては、2012年度末より新BL-2の建設作業に着手いたします。2013年10-12月には既設のSX用アンジュレータ光による分光光学系および測定装置の調整を進め、速やかにSX領域での共同利用実験を再開する予定です。なお、VUV領域用のアンジュレータは2014年3月に設置され、2014年4月以降早い時期よりVUVからSX領域全体における利用実験を開始するよう予定しています。これまで現BL-2を利用されているユーザーグループ(量子ナノ分光UG、X線発光UG、表面化学UG、固体分光UG、原子分子科学UG、表面ARPES-UG)の皆様には、新BL-2の建設期間中、一時的に利用研究を停止していただくこととなりますが、何卒ご理解いただきますよう、よろしく願いいたします。

人の動き

10月1日付で2名の研究員(ポスドクフェロー)の方々ที่着任されていますのでご報告いたします。望月出海氏は科研費基盤S「高輝度・高強度陽電子ビーム回折法の開発と表面研究への応用」(研究代表者:兵頭俊夫特別教授)の研究員として、佐藤篤志氏は文科省X線自由電子レーザー重点戦略研究課題「凝縮系光反応のフェムト秒X線分子動画像観測技術の開発」(研究代表者:足立伸一)の研究員としてそれぞれ着任されています。

はじめに

前号からの3ヶ月間、ERL 推進に関しまして、一つは KEK のロードマップ（2014-2018 年の実施計画）の中に記載する事、またそれに向けて ERL の愛称およびロゴの決定作業が開始されています。そして、cERL の建設に関しまして目に見える形で急速に進展しています。それらの状況を報告いたします。

委員会等の動き

今年度になって、KEK の研究推進会議を中心に 2014-2018 年度の5か年における KEK の実施計画案（KEK のロードマップ）の策定が7月から精力的に行われています。まずは8月末に中間まとめの文案作成が研究推進会議の方で行われました。すでに皆様方にもメールで連絡されていると思いますが、こちらのサイト（http://pfwww.kek.jp/whats_new/announce120905.html）に中間まとめを掲載しています。3.5 のフォトンサイエンスの節に、「2020 年代にフォトンサイエンスの一層の発展を記載した後、現在の PF および PF-AR の継続的な高度化、そして cERL での ERL 加速器技術の確立と 2015 年度からの 3 GeV-ERL の超伝導空洞の量産体制作りおよび 2017 年度からの本格建設開始を目指す」ことが記載されています。ERL 計画実現の第1歩は「KEK 中の実施計画案の中に位置付けられること」であることですので、ユーザーの皆様からの後押しを是非お願いいたします。

一方、プロジェクトを内外に周知して進めていくため、3 GeV-ERL 計画の愛称の決定作業を開始しております。すでに皆様にも連絡させていただきましたが、愛称の案の絞り込みを行ったうえで下のサイトでその意見調査を行いました（10月31日締め切り）（http://imss.kek.jp/ERL_nickname/）。皆様のご意見を考慮して決定し、その後、ロゴに関しましても作成を行い、3月の物構研サイエンス・フェスタでご披露する予定で進めております。どうぞご期待ください。

cERL の建設状況

cERL は今年度末の電子銃からのビーム出しに向けて正に一日刻みのスケジュール調整で現場作業が行われています。

前号に加速器第六系の加古准教授を中心に開発・作製されてきた前段加速超伝導空洞が6月末に現場に設置されたことを報告しました。それに引き続いて、加速器第三系の仲井准教授のメンバーで既に整備されて来ている冷凍設備（2 K コールドボックス）との接続作業が7月に行われました（図1、2）。その後、8月に茨城県による完成検査及び保安検査を受け、無事に完成検査証と保安検査証が発行されました。その後、冷却試験を9月12日から開始し、



図1 7月に行われた冷凍設備（2 K コールドボックス）との接続作業の様子。



図2 接続作業が完了した前段加速超伝導空洞クライオモジュール。

前段加速空洞クライオモジュールは、21日の夕方には2 K まで予定通りに到達しています。24日から超伝導空洞の低電力 RF 試験を開始し、昼夜に渡って28日まで5日間大きなトラブルなく実施し、第1回冷却試験を無事に完了しています。この間、当初予定していた試験項目をほとんど実施することができ、満足のいく測定結果を得て、重要な開発項目であったそれぞれのハードウェアが十分に機能していることを確認しました。今後、入力カプラーの室温でのエイジングを行った後、大電力 RF 試験を行い4月からのビーム運転テストに備える予定です。

一方、前段加速超伝導空洞の組立て・設置が終了したことから、8月始めからクリーンルームでは加速器第三系の古屋教授のグループにより、主加速部超伝導空洞の組立作業が開始されました。まず、二つの9セル空洞を搭載するバックボーンを基準として組立てた時、十分な精度（±0.2 mm 以内）で再現できることを確認し、続いて、超伝導空洞の組立が行なわれました（図3）。具体的には写真の



図3 8月始めからクリーンルームで行われた主加速部超伝導空洞の組立作業の様子。

ように、クリーンルーム内で、2つの9セル空洞、その両端に高次モードの吸収体、そしてRFを導入する入力ケーブルの組立・取り付けが8月末に行われました。9月には超伝導空洞の温度センサー、磁気シールド、各種配線の整理、そして各温度の熱アンカーの設置が行われ、9月末に無事にクライオモジュールへの導入が完了し（図4）、10月15日に現場設置が終了いたしました（図5）。今後、前段加速超伝導空洞と同様に、2Kのコールドボックスへの接続、高圧ガスの完成検査を経て、12月には性能テストを行う予定で進めています。

高輝度電子銃は原子力機構との共同開発で進めてきています。特にcERLに導入する電子銃は主に原子力機構の羽島良一グループリーダーのグループによって開発されている第1電子銃を導入します。すでに原子力機構のテストベンチで7月に大電流テストを行い、十分にcERLでの加速器試験に耐え得る定常大電流発生も確認しています。10月15日には原子力機構にある第1電子銃の解体を開始し、10月19日にERL開発棟に移設が開始しています。

昨年度末から建設を開始していたcERLの放射線シールドブロックの設置が9月末に全数完了しました。途中、以前に東カウンターホールで使用していた放射線シールドを



図5 現場に設置された主加速部超伝導空洞クライオモジュール。



図6 9月末に設置が終了したシールドブロック。

一部に利用する目論見が崩れましたが、機構内の協力を頂き、大幅に遅延することなく完成しました（図6）。遮蔽体設置の完了を待って、施設部の方々との協力の元、空調機・排気設備・排水設備工事、電気関連工事（照明、交換機、火災報知器、拡声器等）、インターロック関連機器設置及びケーブル敷設工事が開始されています。前述の12月からの主加速空洞のパワーテスト開始に向けて、11月中のそれらの工事完了を目指しています。



図4 9月には主加速部超伝導空洞の温度センサー、磁気シールド、各種配線の整理を行い、クライオモジュールに組み立て完了。