

## 入射器の現状

電子・陽電子入射器 加速器第五研究系主幹 榎本 收志

### 概況

2011年4-6月、3.11震災後の復旧経過は以下の通りである。

- 3月14日 被害調査, 復旧作業開始
- 3月28日 入射器全長600mの乾燥窒素置換完了, PF入射に必要な第3セクター以降の優先的復旧に着手
- 4月25日 第3セクター以降の真空復旧し, 大電力マイクロ波投入試験開始
- 5月10日 ビーム加速試験開始
- 5月16日 PFへのビーム入射開始
- 6月01日 PF-ARへのビーム入射開始
- 7月07日 運転停止

秋の運転予定は以下の通りである。

- 9月13日 入射器(3セクター以降)運転再開
- 9月26日 PF入射開始
- 10月03日 PF-AR入射開始

### PF, PF-AR 入射復旧作業の経過

震災からビーム運転再開までの経過を図1に示す。入射は予想以上に順調に復旧したが、加速管の放電や電界放出電子によるトラブルが増加し、加速電界を下げて運転した(図2)。

### Aセクタ～第2セクタの復旧作業

PF, PF-ARへの入射運転が軌道に乗ったため、6月6日

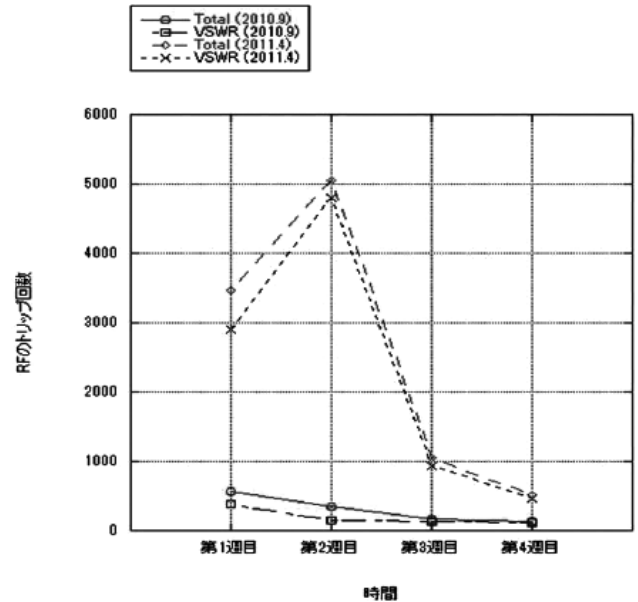


図2 加速管からの反射等によるRF電源の停止回数を昨年秋の立上げ時と比較した。停止を少なくするため、第3週以降RF電源出力を約10%下げた。

から引き続きA～2セクターの被害調査と復旧作業を開始した。図3に、加速管グループ(ACC)、マイクロ波グループ(RF)、制御グループ(CONT)の作業計画を示す。最初の約5週間は加速ユニットのリーク試験、残りの約10週間でA, Bセクターを優先して真空の立ち上げを行う予定である。

## PF、PF-AR入射に必要な下流側8分の3の仮復旧

	トンネル	作業内容		要求		
		ギャラリー	制御室その他	電力関係	設備関係	建築関係
3月14日～	被害調査 加速管N2バージ	被害調査	被害調査	照明 20 kW		
21日～	加速管N2バージ	KLY/THY真空・ヒータ試験	ゲートモ立上 安全系点検	20 kW		
28日～	真空リーク試験	クライストロン交換・ダイオード試験準備		60 kW		クレーン
4月04日～	真空リーク試験	クライストロン交換・ダイオード試験準備		75 kW		
11日～	真空リーク試験	ダイオード試験 (12, 13日)	トリガー系立上	90 kW 夜間 2 MW	C系統冷却水 圧縮空気	
18日～	真空立ち上げ			90 kW		
25日～		RFエージング (28日9時～)		2 MW	3～5セクター 冷却水、空調	
5月02日～		RFエージング		2 MW		
10日～		ビーム調整開始		2 MW		

図1 復旧作業経過。加速器の復旧はインフラの復旧要求を行いながら、電力節約の中で進められた。



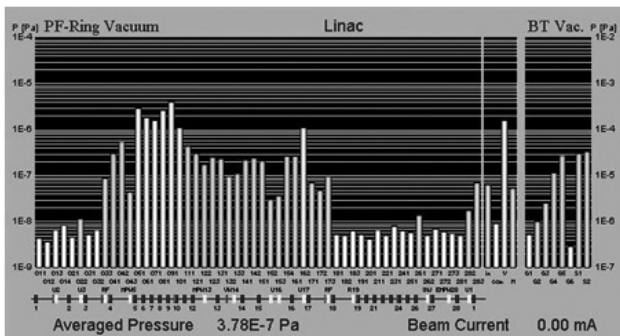
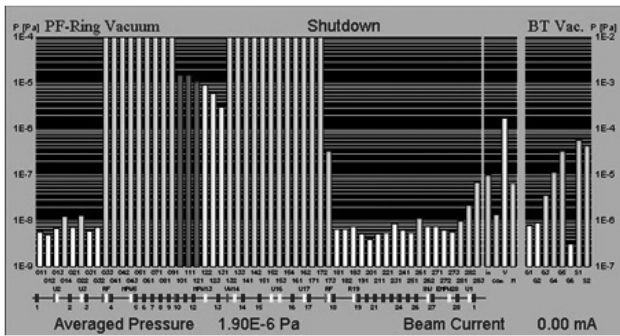


図1 PFリング一周の真空度のグラフ。上図は4月15日時点、下図は5月12日時点での真空度を示している。北RF～南RFの西側半周が大気暴露した。

等に水漏れが無いかを調べたところ、特に心配していた電磁石用プスパーには大きな漏れが無いことが分かった。さらに、大電力による健全性確認を連休明けに行ない、これも問題ないことを確認した。PF-ARでも電磁石の垂直レベル測量を行った。トンネル建て屋の接続部分8カ所で2009年夏の測量データと比較して0.5 mm程度のずれが生じているが、ビーム試験はアライメントをせずに行うことにした。

### 光源リング立ち上げ

5月14日までに、PFリングでは電磁石通電、RFエージングが行われ、ほぼ再開の準備は整った。そして翌週の5月16日に予定通りビーム入射を開始した。午前中は入射器の調整が行われ、午後2時過ぎに2.5 GeV電子が入射器からビーム輸送路へやってきた。入射路のビーム通しは、スクリーンモニターを見ながら行われるが、坂の付近で垂直方向に大きくずれていることが分かり、補正電磁石を用いて大幅な修正を行った。地震の影響で坂の途中にある4極電磁石が垂直方向にずれたと推察される。何とか軌道修正を施してリング手前のスクリーンモニターでビームが到達していることを確認し、セプタム、キッカー電磁石を励磁して、リングへの入射を開始した。そして、4時50分に20 μA蓄積に成功した。リングへの蓄積に成功した後は、入射パラメータの最適化や、リングの軌道調整を行いながら入射効率の改善を図った。真空度やRF空洞の状態を確認して、徐々に電流を積み上げていき、夜までには200 mAまで到達した。翌日には定格450 mAの蓄積に成功した。PFリングはリングの半周が大気にさらされたため、真空度改善のための焼きだし運転を行いながら、挿

入光源のギャップ変更動作を確認し、立ち上げから一週間後の5月23日にビームラインへの光導入を開始した。その日のうちにほぼすべてのビームラインで光を確認することができた。ビームラインでも各種調整が行われ、5月27日9:00から光軸確認を行い、ビーム試験運転を開始した。なお、今年1月から不具合のあった超伝導ウィグラーも、6月9日励磁に成功し、翌日10日には超伝導ウィグラービームラインBL-14も無事再開となった。

PF-ARは、PFリングよりほぼ2週間遅れで復旧作業が行われた。RF空洞エージングは5月20日より開始された。5月30日にリングトンネル内をリミット管理にし、午前中に加速器の安全システムの検査を実施した。そして、予定通り6月1日に運転開始となった。入射器からPF-AR用3 GeV電子が問題なく供給され、入射路も特に異常なところはなく、昼前には10 mAの蓄積に成功した。一時リング4極電磁石電源1台が不調で運転が中断したが、電源の不調は制御基板の交換により解決した。その後は順調で、その日のうちに定格60 mAの蓄積に成功し、予定通り真空焼きだしを行った。6月2日から予定されていた各種の調整も順調に行われ、6月6日9:00からビームライン光導入が開始された。5 mAからスタートして、光プロファイルの確認、放射線レベルの確認後、電流を上げて各種ビームライン調整を行った。ビームライン側も大きなトラブルもなく順調に進み、予定通り6月10日9:00から光軸確認を行い、初期電流値60 mAでビーム試験運転を開始した。PF-ARは幸いにも大気暴露が無かったため、真空度の改善も早く、ビーム寿命もほぼ震災前の値に戻っている。図2にPFリングおよびPF-ARの立ち上げ2日間の蓄積電流値の推移を示す。

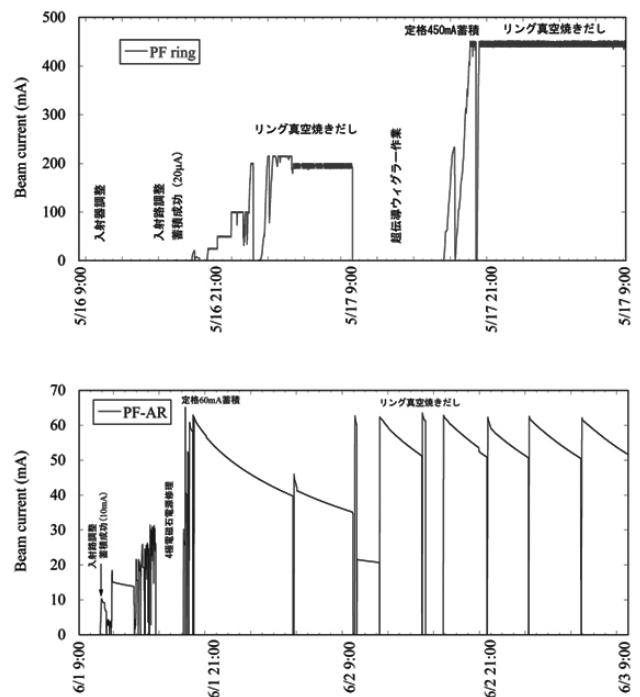


図2 PFリングおよびPF-ARの立ち上げ2日間の蓄積電流値の推移を示す。

## 光源リングのビーム試験運転状況

ビームの試験運転は予想以上に順調立ち上がり、ほぼ全ビームラインに放射光を供給することができた。試験運転は多バンチモードで行われたが、秋からの単バンチモードを含めた本格的なユーザ運転に備えて、1日ではあるがマシン調整日の6月30日に震災後初めて単バンチビームを蓄積するテスト運転を実施することになった。当日の朝9:00過ぎに50 mAを蓄積すると、リングの2カ所B09-B10間、B23-B24間で真空度が悪化した。直ちに入射を止め様子を見たが、徐々に真空度が改善してきたので、単バンチモードでの運転を続行した。しかしながら、夕方B23-B24区間で再び真空度が悪化し、しかもインターロックレベルの $10^{-5}$  Paを上回ったため、ビームダンプが起こった。そこで多バンチモードに切り替えて蓄積を試みたが140 mAで再びビームダンプが発生した(図3)。真空リークが疑われたため、ビーム試験運転を中断させてもらい、翌日7月1日から2日にかけてリーク調査を行った。ベローズやその溶接部、アブソーバを丹念に調べたが、結局リーク箇所は特定できなかった。再び多バンチモードでの入射したところ、蓄積直後は真空悪化が起こったが、インターロックレベルには至らず徐々に改善が見られたので、運転を続行することになった。ただし、安全を見て蓄積電流値は定格450 mAより100 mA少ない350 mAとして再開した。震災以前は単バンチビームを蓄積してもこのような

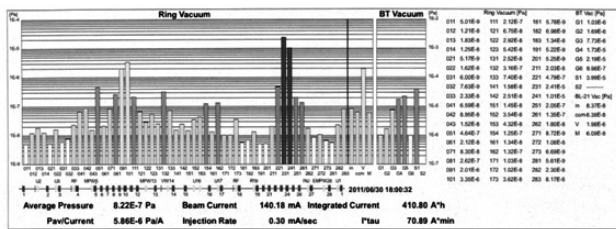


図3 6月30日B23-B24区間で真空悪化が発生してビームダンプが起こった時の、リングの真空度のグラフを示す。

## PF リングと PF-AR の震災被害と復旧の状況

加速器第七研究系 本田 融

3月11日の地震はKEKのつくばキャンパスでも過去に体験したことのない大振幅で長時間の揺れが感じられ、PF研究棟では柱につかまって立っているのがやっという状態であった。地震と同時に広域停電が発生し、KEKの受電設備にも損傷を受けたそうである。地震の直後、PFリングのある光源棟は非常用電源で制御室やリング内の照明が確保され、テレビで地震情報を確認することができた。当日は非常灯をたよりに被害状況を点検し、電源ラックや工具棚などに数多くの転倒が発生したが、PFリングとPF-ARともに電磁石の転倒やビームダクトの破断がないことを確認することができた。

当日はちょうど加速器の運転を休止して春の短期シャッ

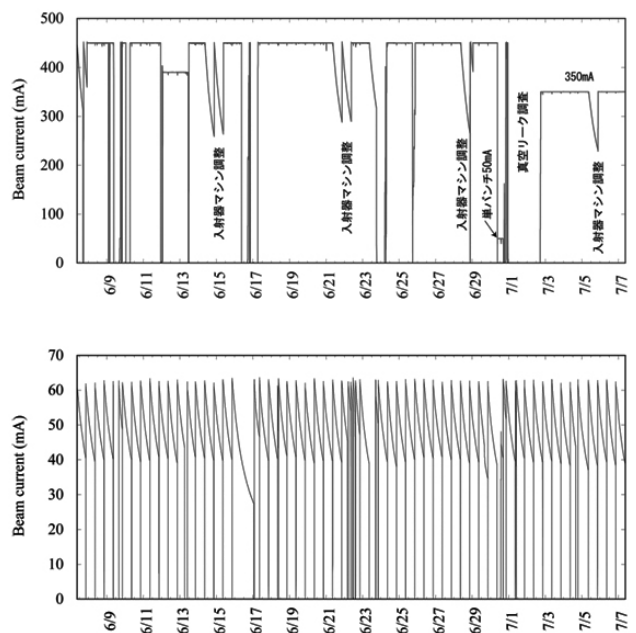


図4 PFリングおよびPF-ARの6月7日から7月7日一ヶ月間の蓄積電流値の推移を示す。

急激な真空悪化は見られていないので、震災と何らかの関係はあると推察されるが、外部からの調査では特定できないため、運転停止後真空ダクト内を調査することにした。この時の結果については次項の本田氏の文章をご覧ください。

PF-ARの方は、6月1日から運転が開始され、小さなトラブルはあったものの、概ね順調にビーム試験運転が行われた。両リングともに7月7日9:00まで運転が行われ、停止期間に入った。図4に6月7日から7月7日までの一ヶ月の蓄積電流値の推移を示す。なお、毎火曜日は入射器ビーム調整に当たることとなり、その日はトップアップ運転を中断して、運転が行われている。

トダウンに移行する日であった。午前9時にビーム運転を終了し、電磁石やRFの高圧電源がオフしてあり、またビームダクトや放射光ビームラインのゲートバルブがすべて閉じていたことは震災被害を最小限にとどめる上で大変幸運であった。

東日本の電力事情がひっ迫していたこともあり、つくばキャンパスの建物や施設の復電は慎重に進められ、PF光源棟とARトンネルが復電したのは震災の約2週間後であった。

入射器(LINAC)は一部の四極電磁石が脱落し、ビームダクトの破断が発生するなど被害が大きく心配されたが、PFとARへの入射に必要な後半部分の復旧が優

先して急ピッチで進められ、5月の連休明けには入射が可能となった。5月半ばからPFリング、PF-ARの順にビーム調整運転を開始した。電磁石や高周波加速、加速器制御系などに致命的なトラブルや損傷がないことが確認され、また各ビームラインへの光導入も首尾よく進めることができた。調整運転を通して位置のずれや、動作不良が明らかとなった加速器コンポーネントもいくつかあった。現在は7月7日までのビーム調整運転を終了し、秋からのユーザー運転再開に向けて引き続き復旧と保守に当たっているとある。

## PF リング

PFリングの真空系にはいくつかの甚大な被害があった。一つ目はベローズの破れによる大気リークであった。図1に写真を示したように、RF空洞セクション直下流の壁電流モニタ部にあったSUS製の成型ベローズに振れが発生し、座屈をして直径1mmほどのピンホールが開いた。この付近のゲートバルブやスパッタイオンポンプの支持がバネを用いた吊り下げ式で、RF空洞にストレスをかけないようにする方式であったため、地震で大きく振動し近くのベローズが破断に至ったものと思われる。2台のRF空洞の間をつなぐ溶接ベローズのスタッドボルト金具にも折れ曲がりが生じた(図1右の写真)。停電の期間が長引き圧縮空気の圧力も低下したためであろう、複数のゲートバルブで仕切られていたにも関わらず、破れたベローズより下

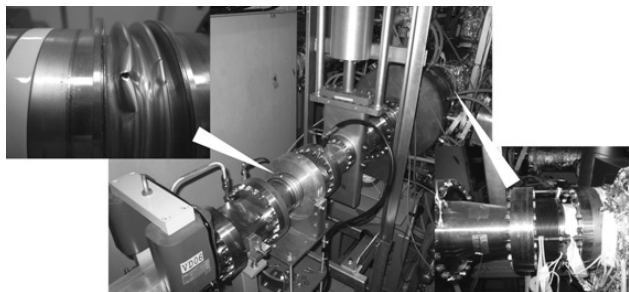


図1 RF空洞セクションでのベローズ破断や押え金具の変形

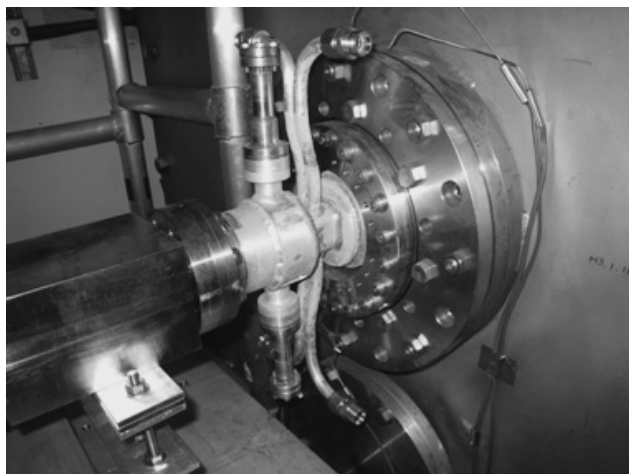


図2 真空リークの発生した超伝導ウィグラーのビームダクト

流側が広範囲に大気圧となり、リングの西側半分が大気暴露される結果となった。ベローズ破断で使えなくなった壁電流モニタは撤去し、一時的にダミーダクトに交換して真空を立上げ調整運転にはいった。壊れたモニタは広帯域CTに更新する予定で、現在代替のビームダクトを製作中である。RFセクションのゲートバルブやスパッタイオンポンプの支持にはその後補強が施され、架台に対してしっかりと固定された。

二つ目は超伝導ウィグラー (VW) のアルミ製ビームダクト (図2) に発生した真空リークであった。壁電流モニタを撤去した後の真空立上時のリークテストで発見された。リーク箇所はアルミダクトの溶接線の一部と特定された。散乱X線をシールドするためにVW下流部のビームダクトを覆うように積まれていた鉛のブロックが地震で振動し、接していたアルミダクトに歪を与えたことが原因と思われる。溶接部にリークシーラーを塗布して応急的に対処を行った。リーク箇所がVWの発生する硬X線が直接照射する部分にあたるので、超伝導ウィグラー励磁後にリークが再発することを危惧したが、6月9日のウィグラー励磁以降約一か月のビーム運転でリークの兆候は見られていない。VWのアルミ製ビームダクトには予備ダクトが準備されている。ただしビームダクトの交換にはVWをビームラインから引き出し、現場での複数回の溶接作業が必要となる。リーク再発の兆候に十分注意を払いながら、しばらくこのまま運転を継続するつもりである。溶接割れが発生した部品だけを一旦切り離し、再度現場で溶接し直す修理方法も検討をしている。

三つ目は、ビーム調整運転も後半になった6月30日に、シングルバンチ蓄積時に発生したリングの圧力異常である。真空インターロックが働いてビームダンプが発生したので、急ぎよビーム運転を中断し約2日間にわたって異常箇所のリーク探しを行ったが、全くリークが発見されなかった。圧力異常の原因が不明のままマルチバンチで蓄積電流値を350 mAまで下げて、何とか7月7日までのビーム運転を継続した。運転終了後に異常箇所のビームダクトを分解し調査した結果、RFシールドゲートバルブのシールド材の一部に変質や変色が見つかった。図3はゲートバルブの内部を分解して撮影した写真である。ステンレスの弁体

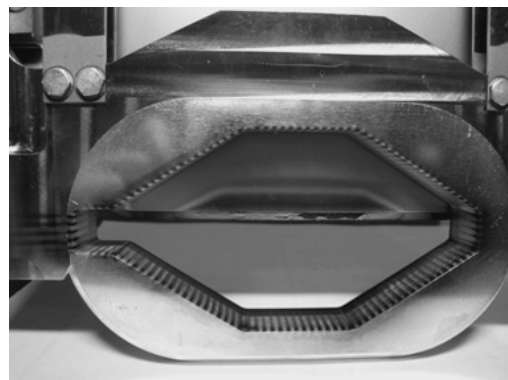


図3 RFシールド付ゲートバルブに発生した熱損傷

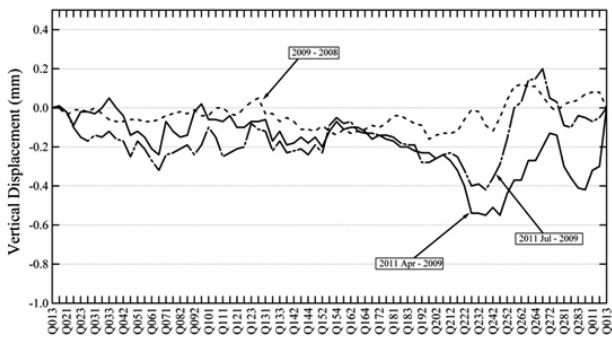


図4 PFリングの垂直測量結果。4月と7月の二度の測量結果（2009年からの変位）と、比較のため2008年から2009年の1年間の変位を示す。横軸はリング全周の四極電磁石番号。

の下辺部が台形状に変色し、弁体外周のシール材の表面が変質し一部剥離している様子が写っている。手前にある多角形にくり抜かれた金属部品がRFシールド部品である。シールド部品の内側にみられる縞状の変色もシール材からのガス放出によって発生した変色と思われる。このバルブのシール材の材質はEPDM（エチレンプロピレンゴム）であった。EPDMは一般的に使われるバイトン（フッ素ゴム）Oリングに比べて耐放射線性に優れていることから採用されたものである。耐熱性能はバイトンよりも幾分劣り、使用可能温度150°Cとされている。弁体とシール材の変色部の分布から、RFシールド部品とそれを支持する金具に異常な発熱があったと推測される。このゲートバルブは2004年以来使用されていたもので、震災前にも一時的な圧力異常が発生した記録が見つかった。しかし、真空インターロックにかかるような圧力の悪化は震災後に初めて起こっている。地震によりRFシールドのスライド機構の動作が不良となったことが発熱の原因と考えられる。このゲートバルブと同型バルブは全部で2台設置されていた。これらのバルブを一時撤去してダミーダクトに交換し当面の運転を継続する。今後はできるだけ早くオールメタルゲートバルブに更新する予定である。

地震後はリング室内の床や壁にみられるひび割れの数が確実に増加した。建物のひずみや電磁石アライメントにも狂いが生じていると思われた。図4に震災直後の4月とビーム調整運転終了後の7月に2度行われた垂直測量の結果を示した。図中の点線は比較のために2008年から2009年の一年間の変位を示している。平時では一年間の変位が±0.1 mm程度におさまっているのに対して、2011年4月と2009年の比較（実線）ではグラフの右半分（リングの東半分）で0.5 mmを超える変位を示している。また7月に再度行われた測量（一点鎖線）では、Q222付近の大きな沈み込みを残して、グラフの右端の部分で高さのずれが元に戻った結果となっている。震災後数か月の短い期間で建物や地盤のひずみが大きく変動したと思われる。四極電磁石や偏向電磁石を固定しているボルトの緩みや床上での架台のずれなどはPFリングでは発生しなかった。夏季シャットダウン中に引き続き水平方向の測量も行い、そ



図5 ビーム輸送路からセプタム電磁石への接続部にみられたベローズの曲り。

の結果に基づいて電磁石アライメントを行う予定である。5月16日に震災後初めてのビーム入射を行ったが、入射ビーム輸送路（BT）の軌道やセプタム電磁石、キッカー電磁石の入射パラメータが3月までの運転時の値を再現せず、また入射中の実験フロアでの放射線レベルが異常に高くなる現象も見られた。その後、入射点にDCバンブを形成するなどして、実験フロアの放射線レベルは平常値まで抑えることができた。その後の点検でセプタム電磁石架台のアンカーボルトに抜けやゆるみが生じ、上流側のセプタム電磁石（S1）が5 mm程度北側へずれていることが判明した。図5はBTからセプタム電磁石への接続部にあるベローズに見られたゆがみである。ビーム調整運転期間中に2台のセプタム電磁石架台のアンカーボルトを打ち直し、S1の位置の補正を行った。夏の休止期間中にはBTの電磁石の測量とアライメントを行う。

#### PF-AR

ARの蓄積リングは地下5 mのトンネル内にある。震災後の点検ではトンネルのエキスパンションジョイント部に多くのひび割れが生じ、湧水量が増加したところが何か所か見られた。また地震の際にジョイント付近の床から泥水が勢いよく噴き上げたとみられ、電磁石や真空ポンプ、ケーブルなどが泥だらけになっている部分があった（図6）。LINACや入射ビーム輸送路では湧水の増加で床に水があふれたところも多かったが、ARトンネルでは湧水は側溝から溢れることはなく、排水ポンプの容量内で推移したのは幸いであった。



図6 PF-ARトンネルのエキスパンションジョイント部にみられたひび割れと湧水の増加。床から泥水が噴き上げた痕跡がみられた。

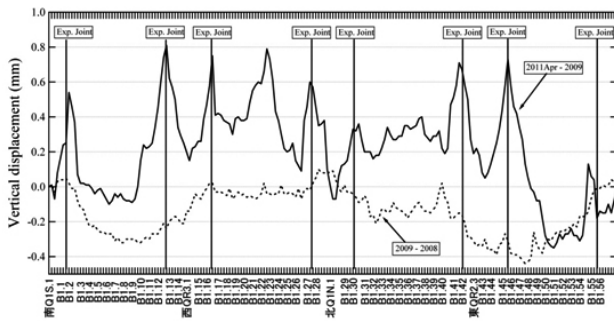


図7 PF-AR 電磁石の垂直測量結果。4月の測量結果（2009年からの変位）と比較のため2008年から2009年の一年間の変位を示す。

ARの電磁石への給電は水冷したブスバーを用いている。リングトンネルの天井に固定されているブスバーの折損や水漏れが心配された。通電試験、通水試験を通じて一部のブスバーで冷却水路のつまりによる異常な発熱があり修理を要したが、折損や漏水は発生しなかった。

PF-ARも約2週間連続して停電し真空ポンプが休止したが、蓄積リングのビームダクトには一か所も真空リーク

は発生せず、リング全周が大気に曝されることはなく真空状態を保持していた。

ビームダクトのベローズにはトンネルのエキスパンションジョイントの付近で大きくゆがんでいるものが発見され、電磁石アライメントにも大きな狂いが生じていることが心配された。図7に示した震災直後の垂直測量の結果によると、確かにトンネルのエキスパンションジョイント部をピークにして電磁石高さのずれが発生していることがわかる。変位の絶対値は0.5 mm前後におさまっており、ARの電磁石アパーチャに比しても小さめであった。PF-ARでも蓄積リングの電磁石には固定ボルトの緩みやアンカーボルトの抜けなどは発生しなかった。6月初めからのビーム調整運転で各ビームラインの光軸は軌道補正で対応できることが確認できた。夏のシャットダウン中にも再度測量を行い震災後の変動の様子を調査する。時間と労力の関係で電磁石のアライメントは後日となる予定である。

ARの入射ビーム輸送路では、電磁石架台のアンカーボルトに抜けやゆるみが発見され、アンカーボルトの打ち直しと補強工事が行われた。

## 放射光科学第一、第二研究系の現状

放射光科学第一研究系主幹 伊藤健二

### PF リングおよび PF-AR の運転状況

3月11日の東日本大震災では様々な被害を受けました。KEKでは、共同利用実験に供されているPFを優先的に復興する方針に基づき、入射器では5月連休中にRFエージングが開始され、引き続き5月10日からビーム試運転が行われました。PFリングでは連休明けに真空、RFなどの立ち上げなどが行われ、5月16日には入射器からの電子ビームの蓄積試験が行われました。加速器の立ち上げ作業が行われる中、BLおよび実験装置の復旧を中心とする実験ホールの整備作業も着々と進められました。その結果、5月23日には、低蓄積電流でBLに放射光を通し、放射線漏洩のチェックおよびBLの装置・光学素子などの状況確認作業が開始されました。幸いにも大きなトラブルもなく、1週間ほどでほとんどのBLにおいて末端の実験ステーションまでビームを導くことができました。リングはトップアップ運転で450 mAを達成していただきましたので、秋からの本格的な利用実験を再開するためのビームラインおよび実験装置の性能評価を行うために、「ビームライン調整運転」として7月7日午前9時までPFリングを運転していただきました。ここでは、多くのユーザーの方々にもご協力いただきました。PF-ARについても、ほぼ2週間遅れでしたが、同様に7月7日午前9時まで調整運転が実施されました。

2011年1月に超伝導ウィグラーを励磁できず、BL-14

での利用実験はすべてキャンセルされました。この原因は液体ヘリウムの再液化機についているJT弁の詰まりと推定され、一度室温まで昇温する必要がありました。震災後真空リークが見つかり、バックシールによる対策が施されました。大震災の影響が心配されましたが、6月9日に超伝導ウィグラーが励磁され、BL-14でも試験運転が無事開始され、7月7日午前9時までにBL-14のBLおよび実験装置の調整運転が実施されました。

秋からの共同利用に向けて、PFリングにおいて6月30日にシングルバンチモードの試験運転を行いました。真空インターロックが働きシングルバンチのテストが実施できなくなりました。マルチバンチに戻しても真空の悪い状態が続く、試験運転の続行が危ぶまれましたが、蓄積電流を350 mAにすることにより7月7日（木）朝9時まで試験運転が続けられました。運転終了後、蓄積リングの内部をチェックしたところ、真空バルブの真空シールに用いられているOリングが原因であることが判明し、応急措置が施され、秋からの運転には支障がないとのことでした。

毎週火曜日朝9時から水曜日9時までは、入射器のマシスタディ枠がずっと以前から設定されています。入射器のマシスタディと並行してボーナスタイムとしてユーザー実験に供されてきました（p62の運転スケジュール参照）。ご存じのようにKEKBの後継プロジェクトであるSuperKEKBの開始に伴い、入射器としても低エミッタ

ンスの電子および陽電子ビームを提供するために様々なスタディが必要となってきました。従って、入射器がスタディを行う場合には、PF リングへの top-up 入射は中断し、入射は9時および21時に行われるのみとなります。トップアップ運転ができませんので、蓄積電流の低下に伴いビーム変動が起きる場合が考えられます。なお、PF リングでビームダンプしたときには、できるだけ再入射に協力していただくことになっています。

すでにお気づきの方も多いと思いますが、PF 実験ホールの監視員前および外壁に PF リングの運転状況が表示されているディスプレイが合計5か所に設置されています。運転当番からのメッセージあるいは運転に関する速報も同時に表示されており、ユーザーの皆さんには好評をいただいています。夏の停止中に、PF-AR についても設置工事を進め、運転状況および速報を掲示する予定です。

従来、紙ベースで提出していただいたビームタイム利用記録が、以下の URL から Web ベースで提出していただくことができるようになりました。

<http://pfwww.kek.jp/spice/bl-report/lmgc.cgi>

PF での共同利用実験関係で皆さんから PF に提出していただくドキュメントを全て電子化して行くことを目指しており、ビームタイム利用記録もその一環です。

### 他 SR 施設での PF ユーザー支援

震災直後から、PF には国内外の SR 施設から PF の被災状況を気遣うお見舞いのメールが多く送られてきました。そして、多くの施設から、ユーザー支援の申し入れをいただきました。有効実験課題をお持ちの実験課題責任者にさっそくアンケートを取り、それぞれの施設に PF ユーザー支援をお願いしました。とくに、SPring-8 からは、2011 年 A 期で 250 時間、B 期で 250 時間の震災優先枠を各ビームラインで設定していただき、A 期ではおよそ 100 課題の PF ユーザーを受け入れていただきました。その他の国内外の施設でもおよそ 50 実験課題を受け入れていただき、7 月末までにはほとんどの実験課題が実施されました。海外 SR 施設では、一部秋以降に実施される課題もあります。SPring-8 での震災優先枠によるビームタイムで得られた研究成果を発表される場合には、震災優先枠を用いたこと、SPring-8 および PF での実験課題番号を Acknowledgment に明示していただくよう重ねてお願いします。そのほか国内外の SR 施設での PF ユーザー支援として行われた研究についても同様の対応をお願いします。

上述の試験運転により、入射器、蓄積リングおよびビームライン実験装置について不具合の洗い出しを行い、必要に応じて夏期シャットダウン中に対応して、10 月からの利用実験が実施できるよう万全の準備をしているところです。万が一、利用実験が従来通り行かない場合には、SPring-8 での震災優先枠で PF 実験課題を実施する可能性は残していただいています。このあたりは、状況に応じて臨機応変に対応させていただきます。

### 大震災を教訓とする実験ホールの安全対策の実施

前号の PF ニュースにもあるように、大震災によって実験ホールの収納棚、キャビネットおよびラックなどが転倒しました。移動させる可能性が少ないものについては、固定具を用いて固定を強化しました。引き出し付きツールキャビネットでは、順番に引き出しが開き、バランスを失い、転倒するものが見かけられましたので、これらについては、鍵をかけることで対応しました。

化学実験室の薬品棚については、薬品瓶の転倒防止策が施されていまして、全く被害はありませんでした。ボンベ立てを使っていましたが、7 m<sup>3</sup> のボンベの転倒も見受けられました。ボンベ立ての脆弱性によるもので、固定の強化を図りました。また、中型ボンベについてもボンベ立ての固定を進めました。真空リーク用の N<sub>2</sub> ボンベ、リークチェック用の He ボンベは、キャリアに乗せたままストックルーム前に用意されていますが、地震により走り出さないように固定装置を新たに設置しました。

以上のように、PF では様々な安全対策を行い、放射光利用実験がスムーズに実施されるよう努力しています。しかしながら、実験ホールでの安全を確保するためには、実験ホールで作業するユーザーおよびスタッフの個人々の安全を確保する強い気持ちが必要不可欠です。また、このような日常の心掛けが、緊急事態が発生したときの咄嗟の行動に反映されて被害を最小限に食い止めることにもつながります。KEK では毎年一回機構を挙げて防災・防火訓練を行っています。今年度は物構研の担当で、11 月 1 日に PF を拠点にユーザーの方々も含めた大々的な防災・防火訓練を行う予定ですので、積極的なご参加をお願いします。

### BL 改編・統廃合計画

BL 改変・統廃合計画の概要、考え方および実施状況については、PF ニュース、PF ホームページまた PF シンポでもご説明しているとおりです。第 1 期計画の中心は PF リングの直線部増強を活かした挿入光源ビームラインへの資源集中でした。中長直線部については 5 本が VSX 専用化され、新しい 4 か所の短直線部については、3 本の X 線利用ビームラインが整備されました。4 本目の BL-15 短直線部については、今年度から XAFS と小角散乱の X 線複合解析ビームラインが建設作業に入っています。具体的には、現 BL-15A は 2011 年夏期シャットダウン中に BL-6A に移設工事が進められます (p11 参照)。新 BL-15 建設に関しては、9 月 5 日から 8 日に「GISAS 法の展開」「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」の合同研究会が開催されますので、多くの皆さんの出席をお願いします。なお、詳細は、[http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/2011\\_45/index.html](http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/2011_45/index.html) をご覧ください。このように挿入光源 BL については、当初の目的をほぼ達成したと考えています。第 1 期計画では、2006 年 3 月に開催された PF 国際評価委員会で示された適正な実験ステーション数 30-40 を実現することも含まれています。2005 年の PF リングと PF-AR に設置されていた実験ステーション



は72でしたが、2011年7月には52となっています。PFにおいては、第2期計画として、さらに投資効果を高めるために、特に競争力の低い偏向電磁石BLの統廃合、古い挿入光源の更新を進めたいと考えています。この計画の実施に先立って、関連するユーザーグループおよびメタユーザーグループ、PF懇談会、放射光戦略会議と十分協議をさせていただき、将来計画とも整合性を取りながら進めていくことが必要であると考えています。

### 人事関連の動き

7月1日付けで、二人の教授が着任しました。東京大学大学院工学系研究科から着任した組頭広志さんは、電子物性グループに所属します。これまで、PFを主な研究拠点として、レーザーMBEと光電子分光の複合装置を用いた酸化物ヘテロ界面の電子状態の研究、ナノキャパシタ構造を用いた低環境負荷メモリの開発などの研究を進めてきました。構造物性グループには、産業技術総合研究所から熊井玲児さんが着任しました。熊井さんは、有機強誘電体や有機FETなどの有機エレクトロニクス材料を中心として、広範な強相関電子系材料の構造物性研究を進めてきました。

さらにPFでは電子物性グループ教授（表面科学研究推進）（物構研11-3）、共同利用広報グループ教授または准教授（物構研11-4）と博士研究員（物構研11-5）の公募を行っています。電子物性グループ、共同利用広報グループの公募の締切は9月16日、博士研究員の締切は9月30日です。多くの方々の応募をお願いします。

### KEK サマーチャレンジの物質・生命コース

KEK サマーチャレンジは今年で第5回目になりますが、物質・生命コースが生まれてからは2年目になります。昨年は物質構造科学研究所としては最初の試みで6日間と短いものでしたが、今年は素粒子・原子核コースと同様に8月19日から27日までの9日間のフルコースで実施します。物質・生命コースは当初から量子ビームを用いた実習を行うことを強く要望していました。今年も、8月下旬の講義、演習、見学を中心とするサマーチャレンジのほかに、11月26日、27日に放射光を使った実習を行うことを予定しています。2日間の短い実習ですが、学生の皆さんには、物質科学および生命科学の研究で用いられる量子ビームを身近に感じていただける絶好の機会と考えています。KEK サマーチャレンジは、KEK 外の方々のご協力なしには進めることができません。今後とも、ご支援のほどよろしくお願いします。

## BL-15A の BL-6A への移転について

放射光科学第一研究系 森 丈晴  
五十嵐教之

現在BL-6Aでは、BL-15Aで展開されていたX線小角散乱のアクティビティを移転するために、ビームラインの建設とステーションの整備が進められています。

BL-15は、X線用の短周期アンジュレータを設置できるPFでは最後のセクションであり、現在挿入光源ビームラインとして再構築の検討が急ぎ進められています。そのため、現在BL-15で活発に展開しているアクティビティを移転させる必要があります。まずその第一弾として、BL-15Aについて同様の配置が取れるBL-6Aへの移転を、ユーザーグループの協力を得ながら進めてきました。

BL-6Aは、BL-15Aと同じく、湾曲型平板集光ミラーで鉛直方向の集光と高エネルギー成分の除去を行った後、Johann型結晶分光器によりX線の単色化と水平方向の集光を行う集光光学系を採用しています。実験装置は、BL-15Aの小角散乱実験用カメラを移設して使用する予定で、そのため実験ハッチはBL-15Aと同等以上の大きさとなっています。BL-15Aと異なり実験ハッチ外のスペースが狭いため、検出器の切り替えを容易に行うための移動ステージや試料位置調整用の高倍率望遠CCDカメラの導入など、実験環境の整備も進行中です。

2011年1月から実験ハッチ及び2階デッキの建設が開始され、3月11日の東日本大震災による建設の中断という出来事もありましたが、その後は幸いにも予定通り建設を進めることができいております。今夏のシャットダウン中には移転作業を終了し、完成検査や光導入試験等を経て、立ち上げ調整運転を行い、10月後半から共同利用実験が開始される予定です。

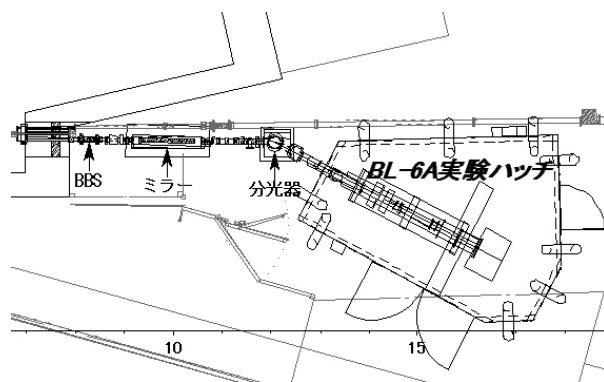


図1 ビームラインBL-6平面図

ERL の建設に関しては前号でも触れましたが、震災後の復旧は順調に進み、大きな被害も無く 2012 年度末に加速器運転を開始すべく関係者一同進めています。そのためには加速器の要素技術開発だけではなく、それを安全に運転するためのシールド建設が、先ず大前提となります。この設計および建設作業は加速器第 7 系の芳賀講師が中心となって行われていますが、かなりの作業量と、予算の関係もあり、複数年度契約で、入札公示を行うことになりました。既に、その設計基本案がまとまりましたが、今回の震災を踏まえて、耐震性のレベルを震度 7 まで上げて、耐震性の再確認をしています。図 1 は全体の組立図ですが、中央部に天井蓋を支える壁を設ける構造となっています。各部担当者との取り合い（各種配管、ケーブル等の穴）の構造も確定し、着実に入札準備が進められています。建設は今年の 11 月から開始し、完成は来年 9 月末の予定です。また、その他の高輝度電子銃、超伝導空洞、RF 源、マグネット、真空ダクト等も 2012 年度の初旬から中旬にかけて納入されて、試験運転を随時行い 2012 年度末にはビーム運転を目指しています。

一方、この 3 ヶ月間に実機の ERL 実現に向けたサイエンスの積み上げ作業が行われています。先ず、前号にも紹介しましたように、4 月 27 日、28 日に PF 研究会として「ERL サイエンスワークショップ II」を小林ホールで開催しましたが、そのプロシーディングスが既に完成し、以下の URL に講演頂いた皆様の発表スライドとともにダウンロード可能です。興味のある方はぜひダウンロードしてご覧ください（[http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/ERL/science\\_workshop/program.html](http://pfwww.kek.jp/pf-seminar/ERL/science_workshop/program.html)）。

引き続き、7 月 11 日に、「ERL シンポジウム 2011—持続可能な社会を実現する放射光—」をエポカルつくばで開催しました。このシンポジウムは「ERL で何ができるか？」と言うことを、4 月 27 日、28 日に行った「ERL

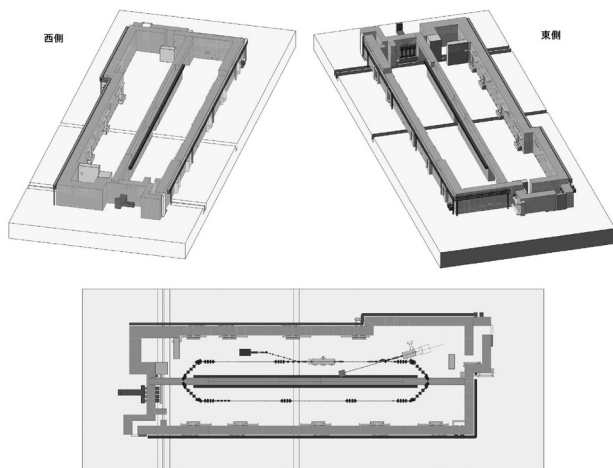


図 1 シールド全体の組み立て図

ワークショップ II」での議論を元にして、ERL で展開されるサイエンスケースを放射光科学研究者はもとより、多くの方々に理解を頂くためのシンポジウムとして足立伸一実行委員長の下で企画しました。特に、昨今のエネルギー問題を始めとする社会的命題である“持続可能な社会を実現する”に関連して、特別基調講演では、小宮山宏・三菱総合研究所理事長（元東大総長）に、今後進むべき社会の方向性（プラチナ社会）を示して頂き、続いて基調講演で十倉好紀東大教授に、ベースとなる物質開発の方向性を示して頂きました。その後、具体的にどのような研究・開発課題が ERL に期待されているかについて、日本を代表する第一人者の研究者の皆様に講演を頂き、ERL が担うべき、サイエンスの切り口を明確にすることができました。プログラムは以下の通りです。

「開会あいさつ」 下村 理（物質構造科学研究所・所長）  
特別基調講演

「日本「再創造」—「プラチナ社会」の実現に向けて—」  
小宮山宏（(株)三菱総合研究所）

基調講演

「持続可能な社会の実現に向けた物質開発」

十倉好紀（東京大学大学院工学系研究科）

「ERL 計画の概要と進捗状況」

河田 洋（KEK-ERL 計画推進室）

「酸素発生光化学系 II の反応機構の推定と人工光合成に向けた課題」

神谷信夫（大阪市立大学複合先端研究機構）

「触媒表面の超高速ナノ空間測定への期待」

朝倉清高（北海道大学触媒化学研究センター）

「超高速光デバイス材料開拓における課題」

腰原伸也（東京工業大学大学院理工学研究科）

「デバイス開発研究の期待」

尾嶋正治（東京大学大学院工学系研究科）

「まとめ」

「ERL シンポジウム・PF シンポジウム合同懇親会」

約 180 名の参加者があり、活気あるシンポジウムとなりました。講演いただきました先生方の発表資料を以下の URL に掲載しています（[http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/erl\\_sympo/program.html](http://pfwww.kek.jp/ERLoffice/erl_sympo/program.html)）。また、詳細は関係記事 p20 をご参照ください。

7 月 12、13 日の PF シンポジウムでは、12 日に「PF 将来光源 ERL 計画」のセッションが、また 13 日には「PF から ERL へ～私の研究はどうか？」のセッションが持たれました。後者の「PF から ERL へ～私の研究はどうか？」は朝倉清高 PF 懇談会長の提案で震災前に企画されていた PF 研究会の縮小版です。PF の後継機である ERL

で、具体的研究に関して、各分野の共同利用者の方々から率直な ERL の光の性質に関する質問や要望を元に意見交換・情報交換を行うことが目的です。具体的には、XAFS UG (田淵雅夫先生)、タンパク質結晶構造解析 UG (千田俊哉先生)、高圧 UG (船守展正先生)、構造物性 UG (佐賀山基先生)、表面化学 UG (吉信淳先生)、固体分光 UG (松田巖先生) から貴重な質問・コメントを頂き、それに答える形で行いました。時間が2時間と限られていましたが、充実した意見交換を行うことができ、それだけではなく多くの研究提案を頂きました。吉信先生からは、先生が示された最後のスライドで「私の研究はどうなる？」から「私の研究はこうしたい！」という提案を頂き、印象深く受け止めるとともにこのプロジェクトを推進する勇気を頂いた次第です。今後、UG の研究会にもこちらから押しかけて ERL の説明をさせていただこうと思っておりますので、新しい研究提案を宜しくお願いたします。また、この意見交換会に向けて、足立伸一教授の尽力により、ERL の情報サイトが以下の URL で立ち上がりました ([http://pfwww.kek.jp/erl\\_info/](http://pfwww.kek.jp/erl_info/))。ERL の原理からサイエンスケース、そして今回の Q&A も掲載していますので、ぜひご覧ください。

7月13日のPFシンポジウム終了後、場所を研究交流センターに移してXDL2011ワークショップ報告会を行いました。余談ですが、この会場は第1回PFシンポジウムを開催した会場です。XDL2011ワークショップ ([http://erl.chess.cornell.edu/gatherings/2011\\_Workshops/index.htm](http://erl.chess.cornell.edu/gatherings/2011_Workshops/index.htm)) は「Science at the Hard X-ray Diffraction Limit」を念頭に置いたワークショップで、図2のホームページの扉ページでも判りますようにCHESS, DESY, SSRL, PFの共催で企画しています。6月にworkshop1(WS1)からWS6までのカテゴリーの異なるWSをシリーズで行うもので、ERLのサイエンスケースを議論するうえで重要なものです。このシリーズのWSの中で日本からは、西野吉則教授(北海道大学 電子科学研究所)がWS1に、篠原佑也助教(東京大学 大学院 新領域創成科学研究科)がWS6に、そして足立伸一教授(KEK 物質構造科学研究所)がWS3に招待講演されており、ここに、この3名の先生方に、ご自身のワークショップでの講演とともに、そのワークショップの議論の方向性を含めて講演いただきました(図3)。講演頂いた先生のスライドは以下のURL ([http://pfwww.kek.jp/ERLOffice/XDL2011ws\\_report/index.html](http://pfwww.kek.jp/ERLOffice/XDL2011ws_report/index.html))に掲載してありますのでご覧ください。また、XDL2011の詳細は参加された先生方の関係記事(p30)を参照ください。



図2 XDL2011ワークショップHPのindexページ



図3 XDL2011ワークショップ報告の講演者。(左より)西野吉則氏(北大)、篠原佑也氏(東大)、足立伸一氏(KEK)



図4 「機構の研究推進について」の意見交換会での様子

7月20日午前中にはERL計画推進委員会を4号館1階セミナーホールで開催し、以下のようなアジェンダでERLの今後の推進に関してコメントをいただきました(図4)。

- 1) cERL建設の進捗状況の報告(小林)
- 2) ERLとLC合同加速器検討のまとめ(山口)
- 3) サイエンスワークショップ、ERLシンポジウム等の報告(足立)
- 4) 3 Ge VクラスERL計画への変更とその実現に向けて今後の方針(河田)
- 5) 総合討論

委員会の資料(発表資料)は以下のURLに掲載してあります。興味のある方はご覧ください(<http://pfwww.kek.jp/ERLOffice/committee.html>)。前号に紹介しましたERLとLCとの合同加速器検討は昨年12月末から月に一回の頻度で検討タスクフォースを開催しました。当初、CW運転のERLとパルス運転のLCのR&Dを目指して検討を開始しましたが、ERLの要求仕様である100 mAの電流をLCをベースにした超伝導空洞では実現が困難と言う検討結果が明らかとなりました。そこで検討方向を修正し、cERLで2013年度以降に更なるエネルギー増強を実現するに当たり、LCの超伝導空洞を導入することにより両者の目的：すなわち、ERLからは実機の前確認しておかなければ

ならない電子エミッタンスにおける空間電荷効果の影響が約 100 MeV までエネルギー増強することにより克服できることの確認, LC からは LC の超伝導空洞が十分に長時間運転に耐えられることの確認の両者が実現できることを協力項目として提案することが確認されました。

一方, 3 GeV クラスの ERL 計画の変更とその実現に向けての方針に関しては, 先ず 3 GeV クラスへの変更に関しては推進委員会委員の理解が得られたこと, また実現に向けての方針に関しては, CDR を先ずまとめていくことで理解が得られました。一方, 大学連携による新しい大学共同利用機関の形態や国際協力に関する形態に関しては, いくつかの貴重なコメントをいただきました。

7月20日午後1時30分からは「機構の研究推進について」の意見交換会が小林ホールで開催されました。この意見交換会は, KEK の次期ロードマップ (2014 年度以降の 5 年間) を今後検討していくにあたり, その前段階として 7 月以降プロジェクトごとに機構ワイドの公開意見交換会を開催することになりましたが, その第 1 回目のものであります。今回のテーマは「放射光科学の今後の推進について」であり, KEK の今後のロードマップの中に明確に ERL 計画が位置付けるための重要な一つのステップと理解しています。その観点から, コミュニティーからの意見が非常に重要で, 以下のプログラムでもわかりますように, 東京大学から雨宮慶幸教授, 東京工業大学から腰原伸也教授, そして産業界からも日立製作所から武田晴夫先生, 持田製薬から西島和三先生にご発言いただきました。また多くの PF ユーザーの方々も参加いただきました。鈴木機構長もこの日は午前中の ERL 推進委員会からこの意見交換会に至るまで一日参加頂き, 最後に大学連携の形態に関して, また ERL ならではのサイエンスに関してよりブラッシュアップしてほしい旨のコメントを頂きました。またその他のの方々からも数多くのコメント, 助言を頂き, それらを CDR に含めて答えていく方針で進めることにしております。当日, KEK まで足を運んでいただいたユーザーの皆様がこの紙面を借りて感謝申し上げます。アジェンダは以下の通りです (図 5 は意見交換会会場)。



図 5 意見交換会会場

- 1) 次期放射光源としての ERL 計画概要 (河田・KEK) 10 分
  - 2) ERL の加速器技術の現状と展望 (小林幸則・KEK) 15 分
  - 3) ERL・XFEL-O が開くサイエンス I (足立伸一・KEK) 20 分
  - 4) ERL・XFEL-O が開くサイエンス II (村上洋一・KEK) 15 分
  - 5) 放射光コミュニティから見た ERL 計画 (雨宮慶幸・東京大学) 20 分
  - 6) 放射光コミュニティから見た次期光源での放射光サイエンス (腰原伸也・東京工業大学) 20 分
  - 7) 産業界からの期待 I (武田晴夫・日立製作所) 10 分
  - 8) 産業界からの期待 II - 合理的創薬の実践を可能とする放射光科学への期待 - (西島和三・持田製薬) 10 分
  - 9) 機構長からのコメント (鈴木機構長・KEK) 10 分
- 休憩
- 1 0) 総合討論 (45 分)

既に記述いたしましたように, 3 GeV・ERL 計画を進めるために今年中に CDR をまとめるべく作業を開始しています。現時点での章立ては以下の通りです。

- Chapter 1 Introduction
- Chapter 2 Why 3.0 GeV class ERL is needed
- Chapter 3 Enabling methodologies
- Chapter 4 Sciences (including Phase II 7GeV XFEL-O)
  - 4-1 Utilizing Solar Energy
  - 4-2 Catalysis
  - 4-3 Strongly correlated electron systems
  - 4-4 Materials under extreme conditions
  - 4-5 Environmental sciences
  - 4-6 Life sciences
- Chapter 5 ERL machine
- Chapter 6 Beamlines
- Chapter 7 Detector developments
- Chapter 8 Management and budget (list of BLs, timeline)

既に, ユーザーの皆様を含めて執筆依頼させていただいておりますが, UG でも議論頂き, 一緒に ERL 実現に向けてご協力ください。

最後に前号でも案内しておりますが, 10 月 16 日から 21 日に渡り, KEK と JAEA の共同主催で ERL2011 の国際ワークショップが KEK で開催されます。このワークショップは The 50th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on Energy Recovery Linacs で, 2 年ごとに開催されている ERL に特化した加速器技術を中心にしたものです。しかし, 加速器技術だけではなく, 利用研究の特別講演も予定しています。詳細は下の URL を参照いただければと思います。(http://erl2011.kek.jp/)