

## STATUS OF MAGNETS & POWER SUPPLIES AT PF-AR

Toshiyuki Ozaki<sup>#</sup>, Shinya Nagahashi, Kentaro Harada, Takashi Obina, Tohru Honda, Yukinori Kobayashi  
Accelerator Facility, KEK  
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-0801, Japan

### Abstract

On 11 March, the magnitude-9 earthquake struck northeast Japan. Many components of the accelerators in KEK were damaged. The damage in the magnet system of PF-AR was carefully examined and repaired in April and May. At the same time, the update of a quadrupole power supply was completed, which was scheduled in March. On 1 June, we succeeded in the beam storage. In June, the tuning of accelerator and user instrument was performed. We will report the status of magnets and power supplies at PF-AR.

## PF-AR 電磁石と電源の現状

### 1. はじめに

本年3月11日、東日本は大地震に襲われ、甚大な被害を蒙った。放射光施設では、4月～5月は、その被害を調査しながら、修理をおこなった。この停止期間に、QD2電源の更新も行った。6月1日に、ビームを入射し、短時間で、加速および蓄積の調整が出来た。6月は、秋のユーザー運転を再開するための調整が進行した。これを報告する。

### 2. PF-AR 電磁石と電源の構成

#### 2.1 トリスタンAR

AR (Accumulator Ring) は、リニアックからのビームを蓄積し、そのビームを8 GeV まで加速し、MR (Main Ring) に入射する役割を担っていた。そのMain Ringのビームが減少し、再入射を要求されるまでの数時間の有効活用のために、6.5 GeV の放射光実験に利用されていた。

TRISTAN計画において、MRでの本格的な衝突実験を始める前に、AR での衝突実験のスタディが出来るように、2回対称で、ビームを絞るためのQC1~8の電磁石が挿入されていて、実際にスタディがなされた。MR でのtop quark 探しが挫折はじめた頃、B-factory計画が浮上し、AR の南実験室で、ルミノシティを増加させるスタディのためにQ電磁石の移動がなされ、対称性のないラティスとなった。

電磁石および電源のシステムとしての特徴は、アルミのブスバーの給電路である。まず、トンネルの断面積が決められた。通常の電力ケーブルを設置すると、ケーブルの発熱を除去するための空調規模が大きくなる。そこで水冷できる給電路として、現在の水冷ブスバーが採用された。図2に示すように、天井には角型的水冷アルミブスバーがあり、電磁石とは銅パイプで接続される。運転開始の当初から、銅パイプと端子板との間の銀ロウの部分での水漏れが、毎年数件ほど発生してい

た。そこをウイークポイントと認識しているのので、大震災直後に、最重点項目として、調査を始めた。

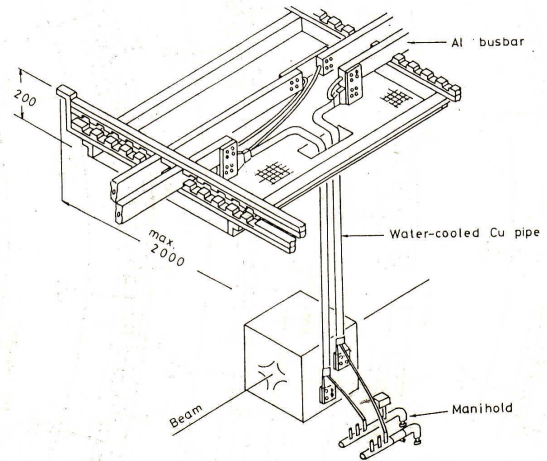


図1: Q電磁石と立ち下がり銅パイプとアルミ・ブスバーの関係。給水法が示されている。(文献(1)の図を引用。)

#### 2.2 PF-AR

2000年には、放射光専用リングとしての改造がなされた。北西実験室が建設され、そこに放射光を供給するために、2台のアンジュレーターが加速器に挿入された。それに伴い、コイルの位置を上下に離れた特殊Q電磁石が導入され、専用の電源が2台増設された。

2006年度から3年かけて、偏向電磁石電源および高次高調波フィルタを更新した。2008年度から2年かけ、QF電源の更新をおこなった。QF電源の回路構成を図2に示す。

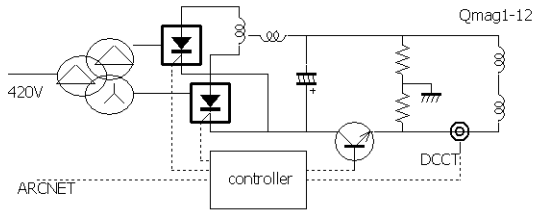


図 2: 新 Q F 電源の回路構成 (文献 2 から引用)

### 2.3 QD2電源の更新

現在、ローカル Q 電磁石用の電源は 26 台ある。この内の 24 台は、製作から約 28 年が経過した。この Q 電源が、重故障した場合には、リングの長期の運転停止が予想されるので、対策として、1 台を更新し、旧電源を予備としてスタンバイさせる事にした。その目的に適切な電源として、QD2 電源を選んだ。新電源は、負荷の実状に合せ、定格を 1340A 30V とした。空冷とした。構造は、1 2 相サイリスタ整流+トランジスタ+DCCTの定電流安定化電源である。

図 2 のような回路構成が一般的であるが、Q 電源において、 $\Delta$  と Y の分担電流が、年と共にドリフトして行く事を経験している。また、片側のみから出力されるトラブルも経験している。そのドリ

フトを軽減するために、DC L を個別にした。今後、この設計が有効であるか否かを、年次調査していくつもりである。

性能は、電流安定度が 11.9ppm/8hour で、電流リップル率が 0.773ppm(p-p) であり、パターン追従遅れ時間が 1.35mS である。

新旧電源の交換作業を、今回の大震災後の停止期間におこなった。

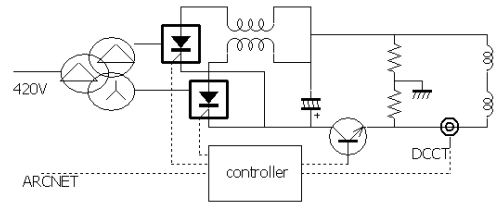


図 3: 新 Q D 2 電源の回路構成

## 3. 大震災の被害からの復旧

主な動きを、以下に、時系列で報告する。

- ・ 3月11日9時に、PF-ARビーム運転が終了した。すぐに、春期の保守作業を開始したが、15時、大地震に襲われた。

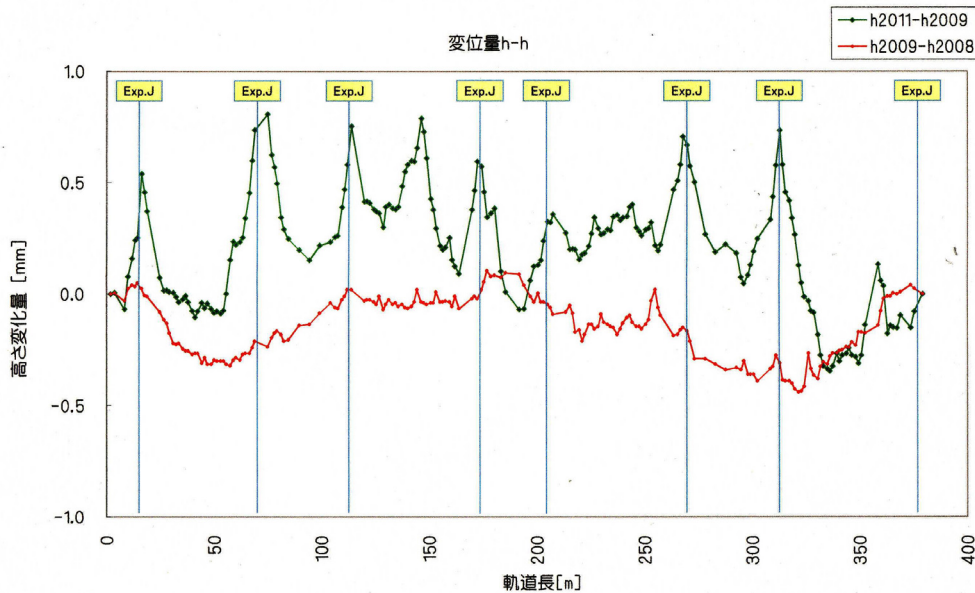


図 4: 電磁石の垂直方向変動: 赤線は 2008 年の測定データと 2009 年の測定データとの差。緑線は、2009 年の測定データと 2011 年 4 月の測定データの差。エクспан・ジョイント付近で、大きく動いた事が判る。

- 3月17日は、PF, PF-AR の点検を行った。PF-AR では、B2 と QR6NW の間のベローズが、V字のように曲がっていた。また、QR5NE19 と B28NE14 の間のエクспан・ジョイントから泥が吹き出し、電磁石を汚していた。
- 3月28日に、PF-AR地区が復電された。しかしながら、厳しい電力制限があったので、主として、制御機器の点検をおこなった。
- 4月5日に、マグネットの状況判断のために、DCケーブルを外し、10A 電源を用いて、負荷の健全性を確認した。
- 4月13日から、電磁石の垂直方向の測量を行った。この測量結果を図4に示す。エクспан・ジョイント毎に段差ができ、西北部はリングに沿って盛り上がっている。
- 4月14日には、B電源で、割れ物がないかなど、高圧機器としての危険が発生していないかの目視点検をした。
- 4月25日に、施設のポンプが動き出し、電磁石や水冷電源やブスパーに通水された。わずかな被害しかなかった事が判った。
- 5月10日に、Q電源をローカルで運転し、電源や電磁石、ブスパーで異常発熱がないか調査した。QF10NE のブスパーで異常発熱が見つかった。ブスパーの流量の調整のために、2ミリの穴を開けたゴムをオリフィスとして用いているが、ここに球状のプラスチックが挿入され流れを妨害していた。
- 5月19日に、Q電源、SX電源、OCT電源、ST電源をリモートで運転した。また、更新したQD2電源のテストをした。
- 5月20日から、B電源の6600Vの交流機器（VCB, 高調波フィルタ、変圧器2台）の点検を行った。変圧器の絶縁油分析において誘電正接の検査で、不純物の増加が警告された。更新してから4年程度に過ぎないが、今後、その監視を継続する。
- 5月25日にB電源の運転に行った。それに先立ち、ブスパーの流量を測定した。1系統において流量不足があり、主成分が銅と思われるヘドロが出てきた。これを取り除き、流量を確保した。また、交流側の絶縁抵抗および直流側の絶縁抵抗を測定し、異常がない事を確認した。25日の朝から、3時間かけ、慎重に電流を増やし、6.5 GeV 時の電流値で、しばらく連続運転した。パターン運転時の電流偏差、つまり、設定値と実電流の差をレコーダーにとった。これを図5に示す。以前のデータと比較し、その性能に変化がない事が確認できた。

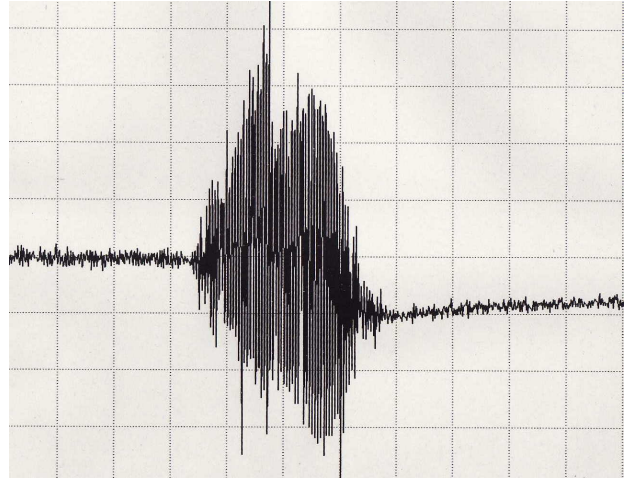


図5: B電源の加速パターン時の電流偏差 (縦: 0.5V/div 横: 5s/div)

#### 4. ビーム運転

6月1日からビーム試験を始めた。入射開始してから、間もなく蓄積できた。10mA で加速に成功した。CODは水平に5mm程度、垂直に1.5mm程度の振幅であった。以前の基準軌道に対して $\pm 0.2\text{mm}$ 以内に補正できた。Q電源の1台が故障し、一時中断した。故障修理後は、入射、加速ともに順調で、60mA 蓄積に成功した。ビーム振動のフィードバック位相を調整して、同夜は真空焼き出し運転に入れた。

6月6日には、光導入試験が実施された。初めて放射光を実験機器まで導入した際には、放射光の位置が最大約 $500\mu\text{m}$ ずれていた。その後に、機器の調整を行い、10日の一斉点検では、すべての実験機器で震災前とほぼ同じ位置に放射光を導入できることが確認できた。

#### 参考文献

- [1] Kuninori Endo: Magnet and Power Supply Systems for TRISTAN Accumulator Ring: KEK Internal 82-19 TRISTAN(A)
- [2] Toshiyuki Ozaki, Atsuyoshi Akiyama, Kentaro Harada, Toshio Kasuga, Yukinori Kobayashi, Tsukasa Miyajima, Shinya Nagahashi, Tatsuro Nakamura, Masaaki Ono, Tsuyoshi Sueno :UPDATE OF MAIN MAGNET POWER SUPPLIES AT PF-AR : Proceedings of IPAC'10, Kyoto, Japan, p.p.3233-3235