

# 高エネ研・放射光科学研究施設での震災被害の状況と対策

小山篤

高エネルギー加速器研究機構 放射光科学研究施設

## 概要

昨年3月11日に起こった東日本大震災では、つくば市で震度6弱の揺れがあり、高エネ研でも大きな被害がありました。放射光科学研究施設では、地震当日の朝に共同利用実験が終了していたこともあり、人的な被害はありませんでしたが、加速器・実験装置ともに相当の被害があり、7月までの実験が中止となりました。秋に実験を再開することができましたが、その間の復旧作業と、地震対策について報告します。

また、年間3000名を越える共同利用者を受け入れている施設として行っている防災・防火対策を紹介します。

## 1 高エネ研、放射光科学研究施設とは

高エネルギー加速器研究機構、放射光科学研究施設は、電子加速器から放射される「放射光」と呼ばれる強力なX線、真空紫外線などを利用した実験を行うための研究施設です。放射光科学研究施設にはPFとPF-ARの2つのリングがあります。PFは電子リングの周長が187mで約40の実験ステーションが設置されています。また、PF-ARは周長が377mで8の実験ステーションが設置されています。それぞれの実験ステーションでは同時に実験が行えるようになっています。放射光科学研究施設は大学共同利用機関であり、国内外の大学・研究機関から年間3000名を超える研究者を受け入れています。1年間の運転時間は約5000時間で7～9月の長期シャットダウン期間と年末・年始、年度末・年度始め、ゴールデンウィークとその前後以外はほぼ連続して、24時間態勢で昼夜実験が行われています。運転期間中は加速器の運転を行うための職員の他に、実験ホールでのユーザー実験が順調に行えるようにするために、運転当番2名（職員と業務委託者が各1名）が3交代体制で勤務しています。



写真1 PFリングとPF-ARリングの外観

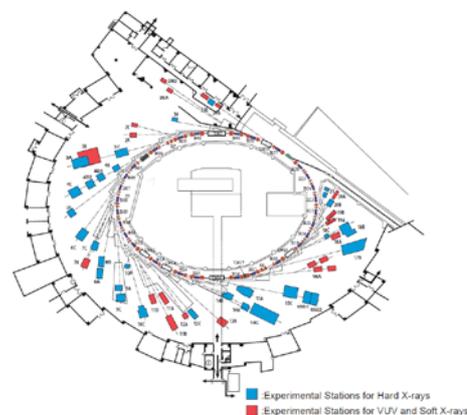


図1 PF実験ホールの平面図

## 2 東日本大震災による被害

地震が発生した3月11日は1～3月期の運転が朝9時に終了し、年度末・年度始めの約1ヶ月間の運転休止期間に入る日でした。地震が起きた午後2時46分には、ほとんどのユーザーは実験の片づけを終え、それぞれの大学などに向かった後だったため、実験ホールでは実験装置やガスボンベの転倒、天井の石膏ボードの落下などの被害がありました。幸いにも人的被害には至りませんでした。また、実験中には使用されている可能性がある有毒なガスや加熱昇温実験装置も使用されていなかったため、火災などの事故も起こりませんでした。

### 地震直後の避難

地震が収まった後、機構からの指示により、機構指定の避難場所に避難しましたが、そこでのユーザー、職員の安否確認もスムーズにできました。その理由としては以下のことが考えられます。

- ・ 運転終了後だったため、ユーザー・職員とも実験ホール内に少なかった。
- ・ 地震発生直後に停電したが、実験ホールは非常灯が点灯したので、避難・安全確認が支障なくできた。
- ・ 年1回行っている避難訓練通りに、職員が行動した。  
職員名簿なども防災用倉庫に用意されていた。  
避難時に事務職員が事務室から休暇簿を持ち出した。
- ・ 自家発電の電力により、所内 PHS が使用できたため、職員間の連絡がスムーズに行えた。

### 実験装置の移動、転倒、損傷

電子蓄積リングで発生した放射光を実験装置まで導く「ビームライン」(それぞれのラインで20～50m程度の長さがあります)のコンポーネントはコンクリートの床にアンカーボルトで固定してあるため、転倒などの被害はほとんどありませんでしたが、内部で駆動機構がはずれるなどの被害がありました。また、ビームラインコンポーネントの内部は精密に調整されているため、外見の被害がない物でも、実験再開時に調整が必要でした。

ビームラインのコンポーネントが転倒しなかったのに対して、ビームラインの下流に設置されている実験装置は、転倒するなど大きな被害がでたものがあります。実験装置は、実験によって場所を移動して使用するものもあり、置かれているだけで床に固定していない装置も多くありましたが、そのような装置のいくつかは転倒しました。とくに、高さを調整するために金属ブロックの上に置いてあった装置は、揺れでブロックから足がずり落ちて大きく移動・転倒しました。

また、ターボ分子ポンプなどは、地震の揺れにより破損し、使用不能となった物もありました。



写真2 転倒した実験装置

写真3 金属ブロックから落下

写真4 装置の移動で曲がったベローズ

### 制御ラックの転倒

真空ポンプの電源や実験装置のコントローラーなどが設置されているラックのうち、床にボルトで固定されていなかった物は揺れで移動し、転倒した物も多数ありました。



写真5 真空ポンプの電源が転倒



写真6 インターロック用ラックが転倒

### ガスポンベの転倒

実験ホール内のすべてのガスポンベはボンベスタンドに鎖で固定されていたが、ボンベスタンドが床に対して固定されていなかったものは、ボンベスタンドごと転倒したのがありました。また、ポンベを固定している鎖の取り付け部の不良により、鎖がはずれて転倒したポンベもありました。



写真7 ガスボンベがスタンドごと転倒

### 工具箱の転倒

鍵をかけていなかった工具箱には、地震の揺れで引き出しが飛び出し、バランスを崩して転倒したものが多くありました。



写真8 工具箱が転倒

### 本棚などの転倒

壁に固定していなかった本棚が多数転倒しました。転倒した本棚のために部屋のドアが開けることができなくなって部屋に閉じこめられ、電話で助けを求めた職員が高エネ研内の他の研究所にいたとのことです。また、書籍の重さで変形した本棚もありました。2段重ねタイプの書庫で上下段の連結をしていなかった物は上下段がずれ、上段が落下した物もありました。

パソコン、液晶モニターなどが机の上から多数落下しました。書籍なども散乱しました。



写真9 傾いた本棚



写真10 本の重さで変形した本棚



写真11 上段が落下した書庫  
ガラスも割れた

## 建物の被害

放射光科学研究施設では、天井の石膏ボードの落下、天井の空調機送風口の破損、建物外壁のひび割れなどはありましたが、建物の倒壊などの大きな被害はありませんでした。

### 3 地震発生から実験再開まで

地震により、高エネ研の受電設備が損傷し、地震直後には非常用自家発電による電力しか使用できない状態になりましたが、3月13日には受電が一部できるようになりました。しかし、全国的な電力不足から厳しい電力の制限を受けました。当初、多くの電力を必要とする作業は比較的電力に余裕のある夜間、土日に行いました。入射器、蓄積リングはかなり広い範囲で真空がリークしたため、故障した機器の修理、真空排気、ベーキングなどを休日返上で行いました。地震発生から運転再開までの復旧の状況は以下の通りです。

- 1月24日 PF リング 1～3月期の運転を開始
- 1月27日 PF-AR リング 1～3月期の運転を開始
- 3月11日 9:00 PF,PF-AR リング運転終了
- 3月11日 14:46 **地震発生 つくば市震度6弱**
  - 一周186mのPFリングのほぼ半周が大気圧に
  - 入射器は600mのほぼ全体が大気圧に
- 3月15日 福島第一原子力発電所の事故による放射線量上昇のピーク  
高エネ研敷地内で 最大1.1 $\mu$ Sv/h
- 3月17日 実験ホールの照明をつけて損傷機器の確認  
厳しい電力制限のため、場所を区切って短時間点灯  
機器に通電は行えず
- 3月25日 水道が復旧
- 3月29日 実験ホール内の実験装置の動作確認、真空排気を開始  
電力制限のため、場所を区切って、短時間で作業  
トラブルを避けるため、一旦すべてのブレーカーを落とし、コンセントを抜き、装置ごとに確認しながら復電した。

その後、徐々に緩和される電力制限を考慮しながら、実験ホールでは実験装置の復旧作業を行うとともに、実験装置を固定するなどの地震対策を同時に行いました。

- 4月1日 真空バルブの開閉などを行うため、圧空を仮設コンプレッサーにより確保
- 4月15日 真空がリークしたビームライン、実験装置のベーキングを開始
- 4月18日 実験装置を冷却するための循環水の運転再開
- 4月20日 圧空の供給が再開
- 4月29日 実験ホール内の床面の高さを測量  
地震による床の高さの変化は大きくないことを確認

- 5月16日 加速器の調整運転を開始
- 5月17日 PFリングで電子蓄積運転に成功
- 5月23日 ビームラインに放射光を導入  
ビームライン・実験装置の調整を開始。
- 6月 1日 PF-AR リングで電子蓄積運転に成功
- 7月 7日 PF,PF-AR リング 調整運転を終了
- 9月26日 通常運転を再開



写真12 震災後初めてのX線  
蛍光板がX線で光っている(中央の光)。  
左右対称になるはずが、地震によりコン  
ポーネントがずれたため、傾いている。

#### 4 運転再開までに行った転倒防止対策

多くの実験装置、ガスポンベスタンド、工具箱などが今回の地震で転倒したため、以下のような対策を行いました。

- ・実験装置、ポンベスタンドはコンクリートの床にアンカーボルトで固定する。
- ・居室の本棚は壁に固定する。上下段に分かれる家具は上下段を連結する。  
運転再開までの期間で、約500台の実験装置、本棚などを固定した。
- ・工具箱は常に施錠する。鍵をない場合には鍵を購入した。



写真13, 14, 15 金具を使い、床にアンカーボルトで固定したラックと書庫

#### 5 日常的に行っている安全対策について

放射光科学研究施設は大学共同利用機関であり、国内外の大学・研究機関から年間3000名を超える研究者を受け入れています。放射光科学研究施設での安全に関するルールを理解し、安全に実験を行うために、ユーザー向け、職員向けの各種安全講習を行っています。また、非常時に安全に避難できるように、わかりやすい避難誘導の表示を行う事を心がけ、各種安全用具の準備も行っています。さらに、ユーザーが化学薬品、加熱昇温実験装置などを持ち込む時には、「持ち込み届け」を実験ごとに提出していただき、必要に応じて職員が検査を行っています。

##### 安全教育・訓練の実施

###### ・ユーザー向け安全ビデオ講習

ユーザーの方には、年度ごとに初めて実験を行う時に、放射光科学実験施設での安全に関するルールなどを説明する安全ビデオを(約25分間)見ていただいています。

(参考 齊藤裕樹、小菅隆、濁川和幸、伊藤健二, ” FLASH による安全講習ビデオの作成” ,  
平成 20 年度京都大学総合技術研究会(2009) )

### ・職員向け安全講習

職員向けに放射光科学研究施設の安全に関する講習を年 1 回 (約 3 時間) 行っています。

今年度は 6 月 6 日に以下の内容で行いました。

P F の安全体制、運転当番業務、放射線安全、ビームラインインターロックシステム、防火防災、  
PF-AR の安全一般、電気安全、化学安全、寒剤、ボンベの取り扱い、レーザー、クレーン・フォ  
ークリフト、準備室等の使用についてなど

また、機構全体では放射線安全講習などの各種講習が行われています。

### ・避難訓練の実施

年に 1 回、ユーザーの方にも参加していただき、避難訓練を行っています。

今年度は緊急地震速報が発令された直後に地震が発生し、地震により  
屋外で火災が発生したとの想定で、ユーザーの避難誘導、負傷者の捜  
索と搬出、消火器、屋外消火栓からの放水などの訓練を 11 月 1 日に  
行いました。

### ・自衛消防隊の訓練

屋外消火栓からの放水訓練、空気呼吸器などの訓練を実施しています。

### ・救急救命講習を年 1 回実施

つくば北消防署に講師の派遣を依頼し、普通救急救命講習 (3 時間)  
と上級救急救命講習 (8 時間) を 1 年おきに実施しています。



写真 1 6 避難訓練の様子



写真 1 7 放水訓練

## ユーザー向けに多くの表示を行う

### ・避難誘導の表示

ユーザーが地震、火災時などに実験ホール内から屋外の避難場所に迅速に避難できるよう、実験ホ  
ール内、屋外に避難誘導のための表示をしています。

### ・避難場所の表示

高エネ研内には 8 カ所の緊急時避難場所が設定されていますが、それぞれの場所に大きな看板を設置  
しています。

### ・火災時の対応をすべての実験ステーションに掲示

火災時にユーザーが適切な対応ができるよう、すべての実験ステーションに火災時の対応を掲示して  
います。



写真 1 8, 1 9, 2 0 避難誘導のための表示 (左より実験ホールの床面、通路、屋外)

## 防災用具、避難誘導のための用具の準備

### ・防災用倉庫

PF リングの屋外駐車場脇に防災用具などを入れておくための防災用倉庫を設置しています。倉庫内には以下のものなどが用意されています。

安否の確認に必要な物

職員名簿、職員緊急連絡網、ユーザー実験課題の配分表、ユーザーの安否を確認するための「安否確認表」、安否集計表、筆記具

自家発電機(100V20A)、ガソリン、照明、無線マイク付きスピーカー、ハンドマイク、担架、バール、スコップ、リヤカー、毛布など

### ・各入り口にハンドマイクなどを用意

実験ホールの各入り口に、避難誘導に使用するハンドマイク、メガフォン、懐中電灯を用意しています。

### ・防災用トランシーバー

停電で機構内の電話が使えなくなることに備え、無線機を10台用意し、各実験ホール、事務室、防災倉庫などに常備してあります。

### ・非常通報装置

実験準備室や離れた場所にある実験ステーションなどに非常通報ボタンを設置し、非常時にはそのボタンを押すことにより、多くの職員・ユーザーに非常事態が起こったことを知らせることができるようになっています。このボタンが押させると、「〇〇〇で非常通報ボタンが押されました」との放送が流れ、運転当番にも内線電話で同じメッセージが送られるようになっています。

### ・火災報知器の移報

火災報知器が発報した場合には、発報した建物で非常ベルが鳴るとともに、インフォメーションセンター（守衛所）に通報されるようになっていますが、迅速な対応を行うために、職員が通常勤務している「PF 研究棟」、「PF 光源棟」などでも非常ベルが鳴るように、非常ベルの移報を行っています。

### ・緊急地震速報

高エネ研では、茨城県南部に震度4以上の緊急地震速報が発令された場合に、自動的に全所放送をかける装置が導入されています。放射光科学研究施設では緊急地震速報の非常放送が流れた場合には、すべてのビームシャッターを閉じて被曝事故を防ぎ、実験機器の被害を小さくするようにしています。



写真 2 1 火災時の対処を掲示



写真 2 2, 2 3, 2 4

(左より) 緊急時避難場所の看板と防災用倉庫、実験ホール入り口の避難誘導用具、非常通報装置

## 安全に実験を行うための検査、届け出

実験のためにユーザーが持ち込む化学薬品、有害物質、特殊ガス、加熱昇温装置は、事前に届け出をおこなっていただき、届け出をビームラインに掲示しています。特殊ガスを使う実験、加熱昇温実験装置は、ユーザーがセッティングを終了した後、使用を開始する前に職員が安全のチェックを行っています。

## 6 まとめ

今回の震災はユーザー実験が終了した日の日中に起こったこともあり、迅速な避難が行われ、実験装置にも致命的な損傷は少なかったために半年程度の期間で通常の実験を再開することができました。しかし、ユーザー実験の行われて多数のユーザーが実験ホール内にいる期間や、土日・夜間など職員が少ない時間に同様な地震が起こった場合には、今回のような迅速な行動を行うことは難しいと思われます。そのような時に備え、各種の訓練や安全教育を今後とも行っていくとともに、実験装置の固定などの地震対策を、気を緩めることなく継続的に行い、地震などでの被害を最小限にとどめることができるようにしていきたいと思えます。