

PF-AR の軌道、電磁石

宮島 司¹, 小林 幸則¹, 長橋 進也¹, 原田 健太郎¹, 菅原 龍平², 尾崎 俊幸², 大澤 康伸²
¹物質構造科学研究所 放射光源研究系, ²加速器研究施設

PF-AR 高度化改造は、2001 年 2 月より開始され、2001 年 12 月に終了した。この高度化改造における軌道・電磁石系の改造項目は次の通りである。

1. 垂直方向ステアリング電磁石の増強 (44 台 → 79 台)
2. ステアリング電磁石電源の更新 (ARCNet 制御による電源に全面更新)
3. 新設されるビームラインと干渉する部分の電磁石の変更 (4 極電磁石、6 極電磁石)
4. 電磁石のアラインメント (電磁石の精密測量、新北西棟建設に伴う変動の補正など)
5. 電磁石制御系の全面更新 (EPICS を採用)
6. ビーム不安定性抑制のための 8 極電磁石の設置

今回の改造では、基本的にラティスの変更は行わず、軌道安定化のための機器の増強とビームライン新設に伴う改造のみを行った。

この改造の結果、高度化以前はステアリングの台数が少ないためビームライン毎に独立した光軸調整を行うことが困難だったが、高度化後はビームライン毎に独立した調整が可能となった。また、高度化改造時に行われたビーム位置モニターの全面更新により、ビーム位置測定精度が向上し、光軸の再現性が大幅に向上している。

PF-AR の高度化後の立ち上げは、2002 年 1 月より開始された。立ち上げ開始時のオプティクスとして、高度化改造前にユーザー運転で使用していたオプティクスを採用することとした。これは、性質の解っているオプティクスを用いることにより、短期間で立ち上げを実現するためである。これにより、高度化後の立ち上げではコミッショニング開始当日にビームを蓄積することができ、その後も順調に立ち上げを進めることができた。2002 年 4 月より、6.5GeV、シングルバンチでのユーザー運転が開始され、6 月からは医学臨床応用のための 5.0GeV 運転も開始された。現在の運転状態 (2003 年 2 月時点) は、6.5GeV、5.0GeV とともに初期蓄積電流 55mA 以上、1 日の入射回数 3 回弱を確保できるようになっている。現在の PF-AR の主要パラメータを Table 1 に示す。

高度化以前は、6.5GeV 運転と 5.0GeV 運転の切り替え時に電磁石のヒステリシスの影響による入射不調等のトラブルが発生していた。高度化後はヒステリシスの影響がないように 5.0GeV 運転時も 5.0GeV の後必ず 6.5GeV を経由するように運転手順を変更した。これにより、医学応用時の 5.0GeV 切り替えも短時間で問題なく行えるようになった。

また、高度化立ち上げ直後より、ビーム電流の変化に伴う水平方向の COD の発生が観測されていたが、2003 年 1 月の運転より COD フィードバックを開始し、これを抑えることに成功している。COD フィードバック開始以前は、ビーム電流 51mA から 31mA まで減少する間の水平方向 COD 変化量の r.m.s は $85\mu\text{m}$ だったが、現在はフィードバックにより $16\mu\text{m}$ まで抑えられている。

今後の課題としては、低エミッタンス化と老朽化したコンポーネントへの対策が上げられる。2003 年 4 月の立ち上げより、低エミッタンス化スタディを開始し、可能な限り早期にユーザー運転可能な状態にする予定である。

Table 1: PF-AR 主要パラメータ

| Parameter | Symbol | Value |
|----------------------------|----------------|---------------|
| Beam energy | E | 6.5 / 5.0 GeV |
| Circumference | C | 377 m |
| Harmonic number | h | 640 |
| Betatron tune | ν_x, ν_y | 10.15, 10.21 |
| Emittance | ϵ_x | 290 nm·rad |
| Momentum compaction factor | α | 0.0125 |