

# 極短周期アンジュレータ磁場生成の研究開発

高エネルギー加速器研究機構 山本 樹、益田伸一

## 概要これまでの経緯と目標

### アンジュレータ放射

周期磁場により電子を蛇行させ放射光を発生

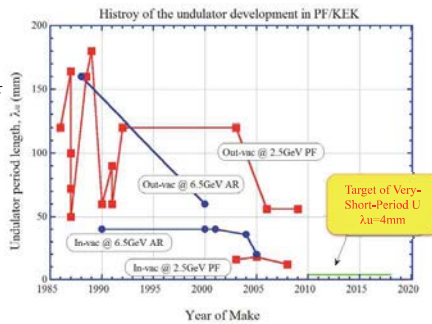
$$\lambda_k = \frac{\lambda_u}{2k\gamma^2} \left( 1 + \frac{K^2}{2} + \gamma^2\theta^2 \right), \quad K = \frac{eB_u\lambda_u}{2\pi m_e c}$$

$\lambda_k$ : k次の放射光の波長  
 $\lambda_u$ : アンジュレータの周期長  
 $\gamma$ : 電子のローレンツ因子  
 $\theta$ : 放射角  
 $B_u$ : 磁場強度  
 $e$ : 素電荷  
 $m_e$ : 電子質量  
 $c$ : 光速

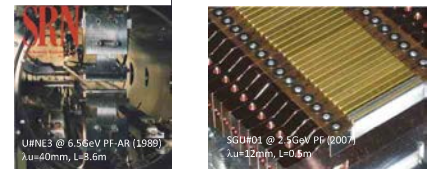
### アンジュレータの短周期化

より短波長(高エネルギー)のアンジュレータ放射  
より低エネルギーの電子ビームで放射可能

### KEK PFにおける周期長 $\lambda_u$ の短周期化



### KEK PFで開発した真空封止アンジュレータの例



既存のアンジュレータは磁石の配列により構成  
 ・磁場周期の小型化に限界  
 ・複雑な磁場構成・組立調整

短周期化が可能で調整が不要なモノリシックアンジュレータを開発  
 ・従来の1/10周期長のアンジュレータ磁場生成  
 ・より低次のアンジュレータ放射によるX線生成

## 極短周期アンジュレータ磁場の生成

### 極短周期アンジュレータ磁場生成の原理

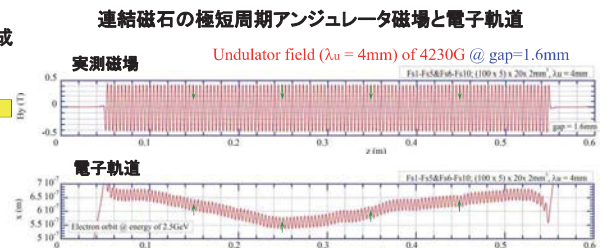
手法1 多極着磁法による磁場の書き込み

Direction of pulsed current Electromagnet (2600V x 15kA)  
Magnet plate made of NdFeB (NEOMAX)

手法2 ステップ着磁による高精度磁場の達成

Magnet (NMX-39EH) Magnetizing head Linear motor  
Stepwise scan of  $\lambda_u/2$   
 $\lambda_u$  scan = 1<sup>st</sup> step of  $\lambda_u/2$  (N S) + 2<sup>nd</sup> step of  $\lambda_u/2$  (S N)

### 実測磁場に基づく極短周期アンジュレータ放射の評価



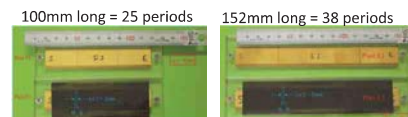
連結部で滑らかに接続

### 極短周期アンジュレータ磁場の生成

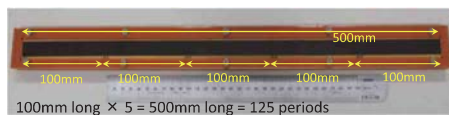
着磁法で作成した磁石を対向

磁石間ギャップに周期磁場を生成

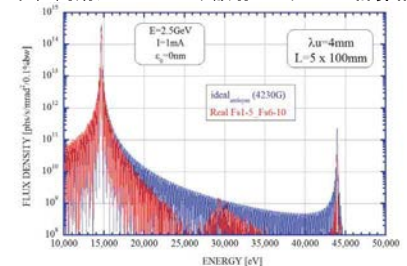
### 着磁後の磁石 $\lambda_u = 4mm$



### 接続式多極着磁法による極短周期磁場の長尺化



### 極短周期アンジュレータ放射スペクトルの計算結果



理想磁場によるスペクトルと一致

## 極短周期アンジュレータ装置の開発

- ・実在電子ビームを用いた評価試験のための真空封止極短周期アンジュレータ装置を開発
- ・精密ギャップ駆動機構の分解能0.1 $\mu$ mを達成
- ・200mm、500mm、1000mm長までの磁石を装着できる装置をそれぞれ製作



磁場周期4mmのモノリシックアンジュレータが実現