

BL-2A 利用の現状

Present Status of BL-2A

北島義典

Yoshinori Kitajima*

Photon Factory, Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research Organization, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

*e-mail: yoshinori.kitajima@kek.jp

BL-2A は、周期長 6 cm のアンジュレータ U#02 を光源とするビームライン BL-2 の 1 ブランチであり、図 1 に示す二結晶分光器 (DXM) と縦&横集光鏡による光学系を備えている [1]。BL-2C の斜入射回折格子分光ブランチとは、メインハッチ内で偏向ミラーを抜き差しすることで切換を行うようになっており、同時に利用することはできない。BL-2C が斜入射回折格子分光器によって、おおよそ 1400 eV 以下を利用できるのに対し、BL-2A では分光結晶として、InSb(111) もしくは Si(111) を用いることにより、1745 eV もしくは 2082 eV 以上のエネルギー領域が利用可能となっている。

U#02 の基本波がカバーする範囲は電子ビームのエネルギーが 2.5 GeV の時、290 - 973 eV であり、BL-2A では 3 次以上の高調波を利用することになる。アンジュレータの偏向パラメータ (K 値) が 1 より小さくなってくると高次放射の強度は急速に減少するので、比較的高いエネルギーの軟 X 線を利用する場合は、むしろ K 値を大きく (gap を小さく) して、高い次数の高調波を利用した方が良い。図 2 には、ほぼ最小値までアンジュレータのギャップを狭めた場合 (K = 2.26) の場合のスペクトル分布 (Si(111) 分光による実測値) を示した。8 次以上の高調波で約 5 keV までが得られることが解るだろう。

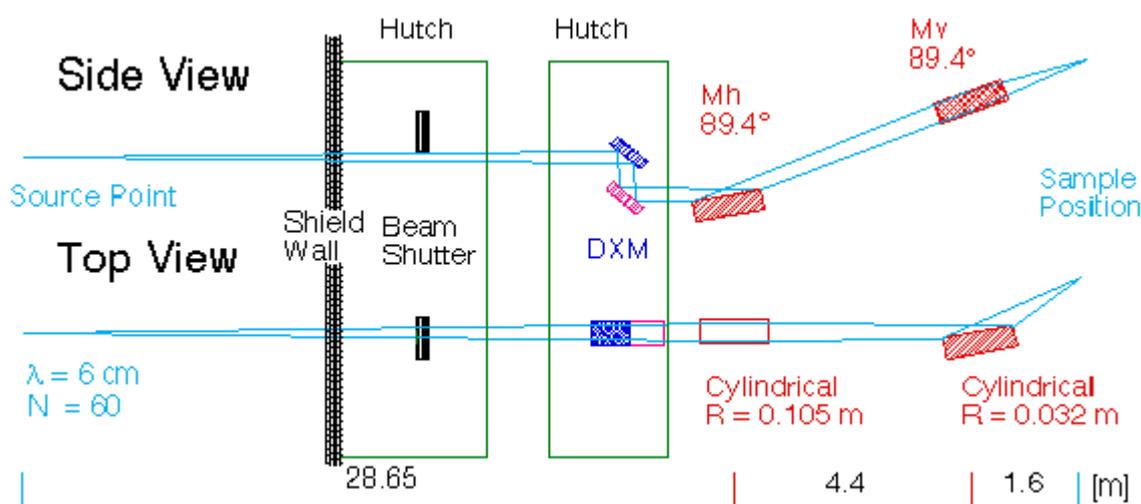


図 1 BL-2A の光学系。シールド壁に接続されたメインハッチ内のビームシャッター下流に、図には示していない偏向ミラーを挿入すると軟 X 線アンジュレータ放射光は斜入射分光ブランチライン BL-2C に導かれる。ミラーを光路から外すと、2 番目のハッチ内に置かれた 2 結晶分光器で分光され、下流側の 2 枚のミラーで集光される。

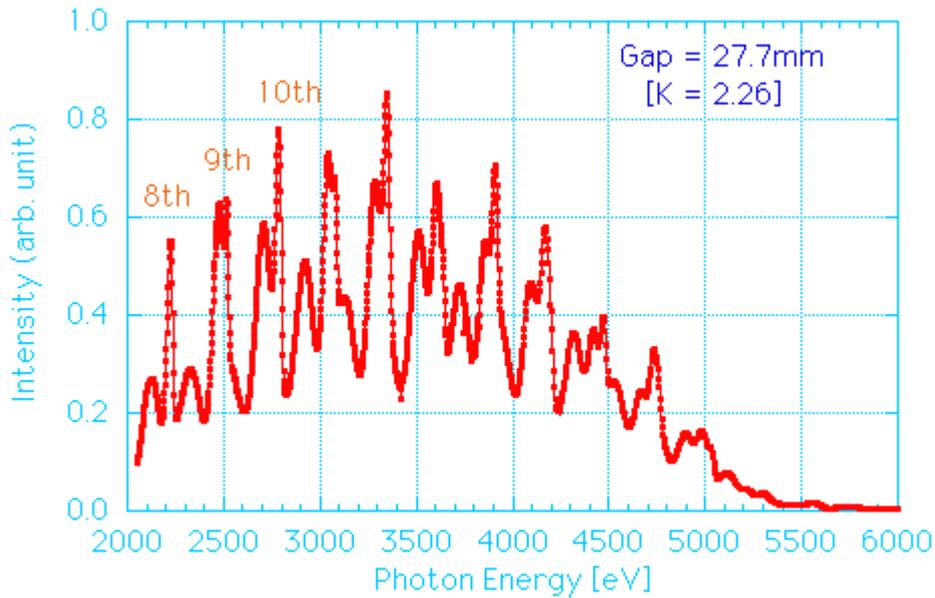


図2 BL-2A で得られるスペクトル例 (アンジュレータのギャップ 27.7 mm ; Si(111) 分光による)。1998年春のPFリング高輝度化以降、最高で 2×10^{11} photon/sの光強度が得られている。

光源が軟X線アンジュレータであることから、2 - 4 keV 領域で得られる光強度・分解能・スポットサイズを含めた総合的な性能では、現在でも世界のトップレベルにあると思われる

(分解能を偏向電磁石光源のBL-11Bと比較した例を図3に示す)が、固定された実験装置が無いこと、BL-2Cの利用希望が多くBL-2Aでは十分なビームタイムを確保しにくいこと

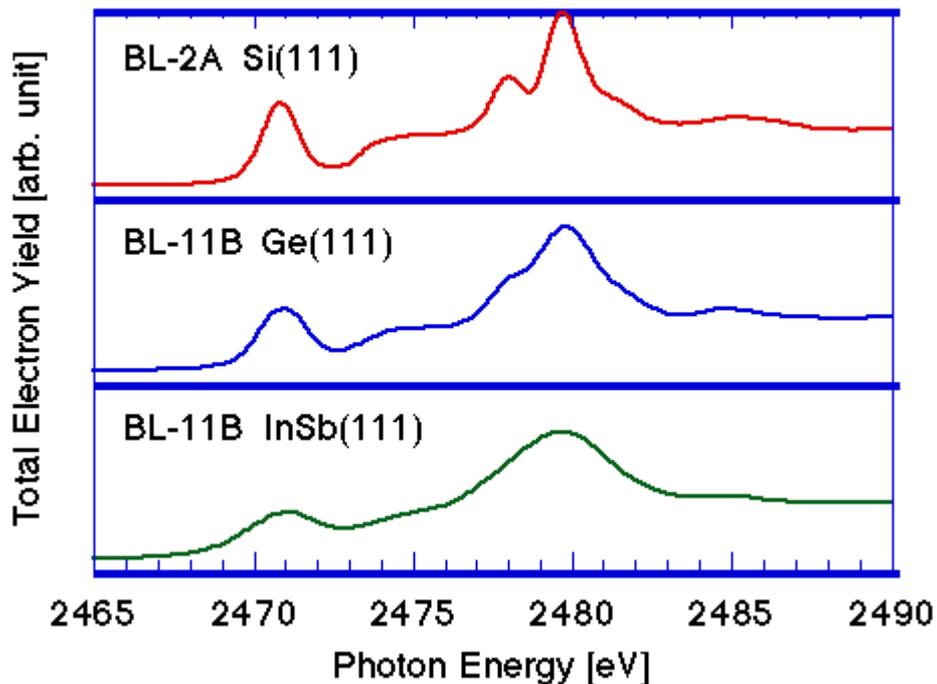


図3 BL-2A とBL-11B で得られるスペクトル例 ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ のS-K吸収スペクトル)。分解能の違いが容易に見て取れる。

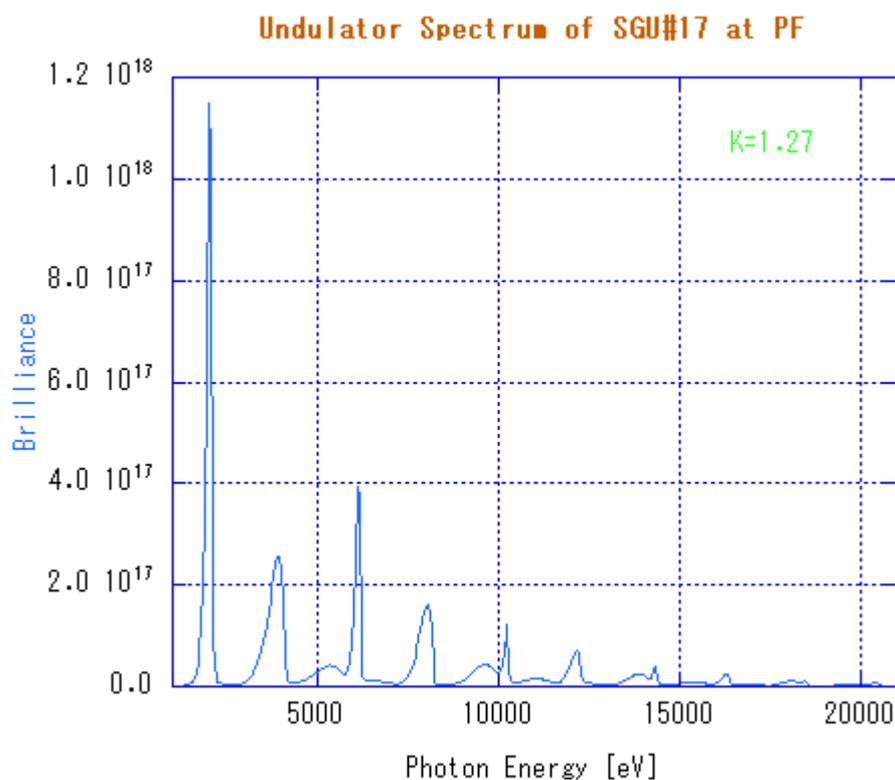


図4 PFリング(2.5 GeV)に挿入される short-gap undulator 光源スペクトル例(アンジュレータのパラメータとしては BL-17 に設置された周期長 16 mm とした)。

もあり、最近では利用実験はほとんど行われていないのが実情である(かつてはリンやイオウの K 殻励起に伴う吸収・発光分光など、気体・固体とも様々な装置を持ち込んでの測定が行われており、その成果は [1] からリンクされている論文リストに纏められている)。なお、図 1 に示した光学系の DXM (結晶分光器) の上流側では、アンジュレータ光を直接照射するような実験も可能となっており、実際にミラー表面の熱負荷による歪みを観測してミラーの冷却方式を検討する研究が行われている [2]。

現状の BL-2A では制御系の老朽化など、基本性能以外の点で問題があり、数年前から短周期アンジュレータ (short-gap undulator; SGU) を光源とする新天地への展開を提案している [3]。SGU とは、PF リングに作られた 1.5 m 程度の短い直線部に設置可能な周期長・

ギャップ値の小さなアンジュレータであり、すでにタンパク質結晶構造解析用の BL-17 と構造物性研究用の BL-3 が稼働している。図 4 に SGU#17 の輝度スペクトルの例を示したが、も X 線領域まで利用できる。周期長 16 mm の場合、リングエネルギー 2.5 GeV では 5 次光で 10 keV 以上の X 線が得られる。が、図からも明らかなように 1 次光の軟 X 線は強力である。SGU の利用により、軟 X 線～X 線領域のマイクロ分光ステーションを構築することができると考えている。

[1] <http://pfwww.kek.jp/sxs/spec/sx/bl2a.html>

[2] 内田佳伯ら、“シャックハルトマン法を用いた放射光ミラー表面形状評価”、第 25 回 PF シンポジウム (2008) など

[3] 北島、“軟 X 線マイクロ分光分析ステーションの提案”、挿入光源ビームライン増強に関するユーザーズミーティング (2005/8/10)