

# BL39XU

## アップグレード完了後の状況

X線吸収・発光分光

X-ray absorption and emission spectroscopy

公益財団法人 高輝度光科学研究センター (JASRI)  
放射光利用研究基盤センター  
分光推進室

河村 直己

東 晃太郎, 登野 健介  
三浦 芳樹, 稲田 達彰

# BL39XU: After upgrade

Commissioning: January 2024~  
Public use: July 2024~



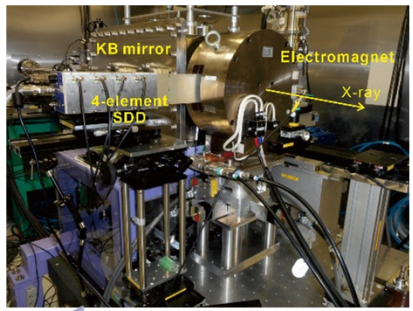
**DCM**  
✓ Si 111/220  
**HCM** → **Co-axis exit**  
✓  $\Delta Z \sim 55 \mu\text{m}$   
@  $\theta_G = 2 \sim 8 \text{ mrad}$

- ◆ **HCM の導入** → ナノ分光イメージングの強化
- ◆ **DXPR の導入** → 直線・円・楕円偏光の自由度の提供
- ◆ **KB & Wolterミラーの導入** → 分光計測の高効率化
- ◆ **EH2 の新設** → 高ニース & アクティビティXES/HERFD の利便性向上

**DXPR**  
✓ 4.92~16 keV  
✓  $P_C > 0.9$   
✓ 30~100 Hz

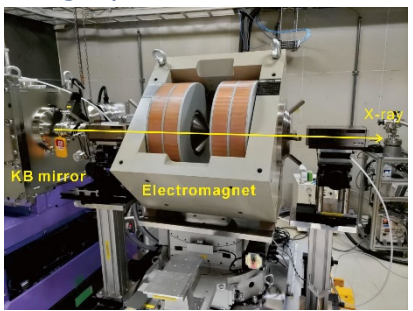
**EH2-Wolter** → **As designed**  
✓ 1 (V) × 15 (H)  $\mu\text{m}$  @ 4.92~20 keV  
✓ 3.7 (V) × 5.0 (H)  $\mu\text{m}$  with virtual slit  
✓  $1.5 \times 10^{13}$  photons/s @ 20 keV

**EH3: X線ナノ分光**  
XAFS・XMCD, XRF, Imaging  
✓ Magnetic field  
✓ 2D/3D-XAFS・XMCD imaging

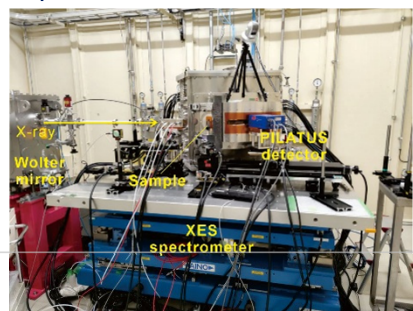


**EH1-KB** → **As designed**  
✓ 1 (V) × 10 (H)  $\mu\text{m}$  @ 4.92~30 keV  
✓  $1 \times 10^{13}$  photons/s @ 30 keV  
✓ Defocusing:  $> \square 30 \mu\text{m}$

**EH1: 複合極限環境下X線分光**  
XAFS・XMCD + XRD  
✓ High magnetic field  
✓ High pressure



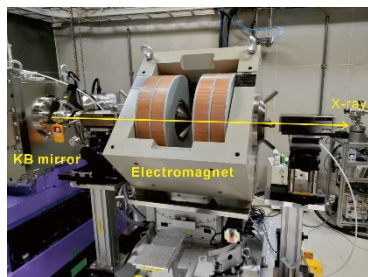
**EH2: X線発光分光**  
XES・HERFD-XAFS・XRS  
✓ Low (high) temperature  
✓ Operando/in-situ meas.



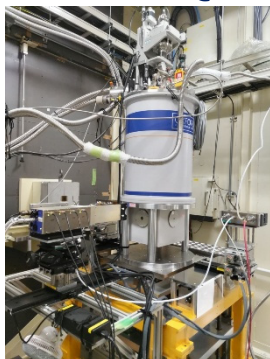
**EH3-KB** → **No change**  
✓ 75 (V) × 107 (H) nm @ 12 keV  
✓  $\sim 10^{11}$  photons/s

## EH1: 複合極限環境下X線分光

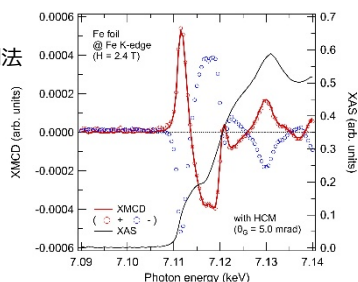
- ✓ XAFS・XMCD
- ✓ 入射X線: 4.92 ~ 23 keV
- ✓ 可変偏光
- ✓ 強磁場・低温・高圧
- ✓ 検討中:
  - 高圧 XRD @ 30 keV



電磁石



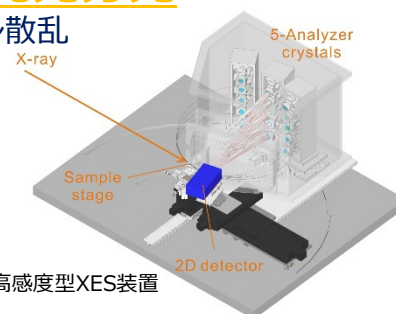
円偏光変調法  
XMCD



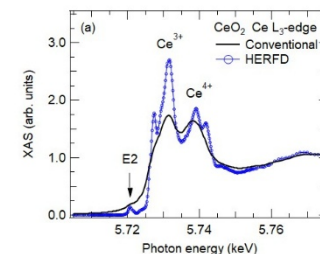
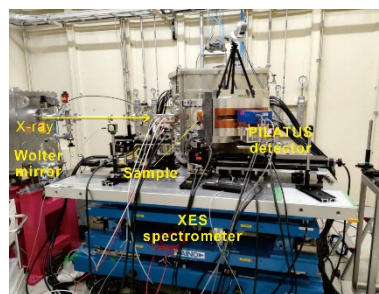
超伝導磁石

## EH2: X線発光分光

- ✓ XES・HERFD-XAFS・X線ラマン散乱
- ✓ 蛍光X線: 4.4 ~ 27 keV
- ✓ 低温 XES・HERFD-XAFS
- ✓ 検討中:
  - 高温測定
  - in-situ/operando 測定
  - ハイスループット自動計測

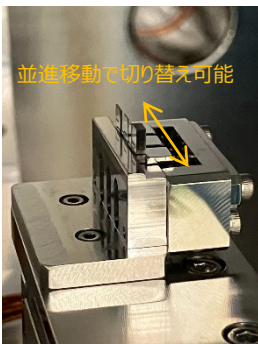
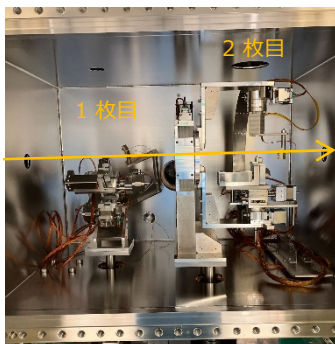


高感度型XES装置

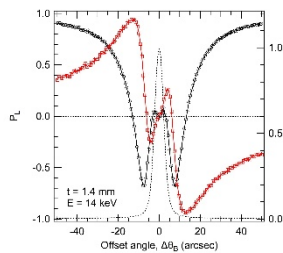


## OH: X線移相子

- ✓ 利用可能エネルギー: 4.92 ~ 23 keV
- ✓ 2枚移相子 → 直線偏光面の自由度
- ✓ 最大 6 枚の結晶を真空破断することなく交換可能



ダイヤモンド移相子  
Single vs. Double

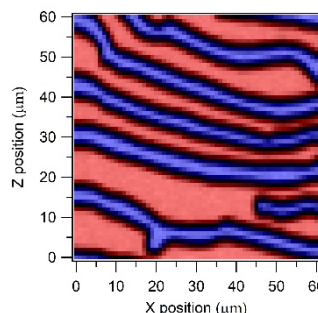


## EH3: X線ナノ分光

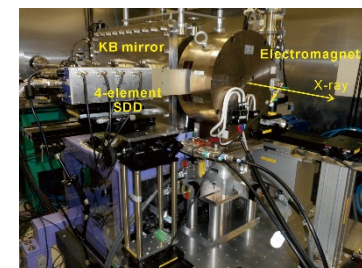
- ✓ ナノXAFS・XMCD
- ✓ 走査型 XRF (< 16 keV)
- ✓ 2D/3D-XAFS・XMCD imaging



高感度 7 素子 SDD



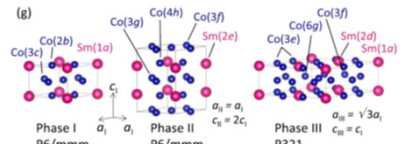
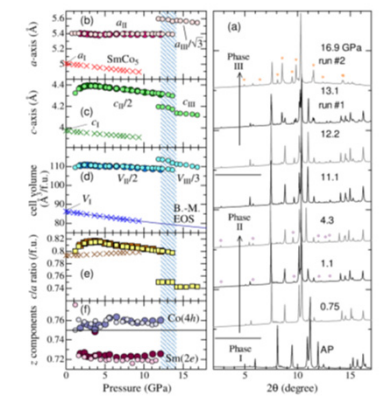
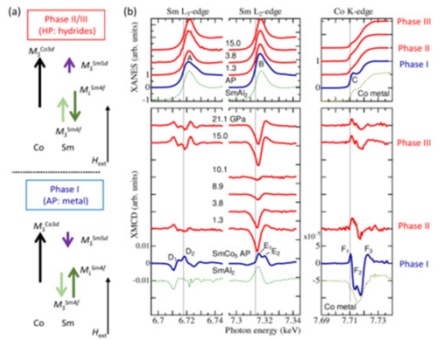
GdFeCo膜のXMCDイメージング  
(60 × 60 μm, 1 μm step (15分程度))



# BL39XU: Scientific targets

## EH1: 複合極限環境下X線分光

- ✓ Temperature-pressure phase diagram
- ✓ XAS: electronic state & local structure
- ✓ XMCD: magnetism
- ✓ XRD: long-range order, structure



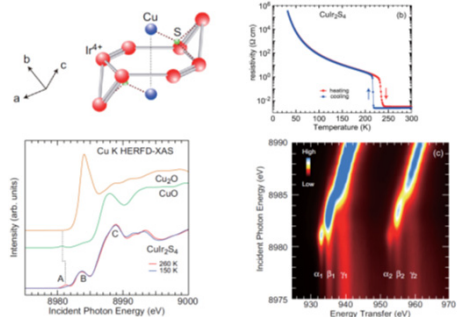
- Electronic states due to hydrogenation:
- ✓ Structural phase transition
  - ✓ Magnetic phase transition
  - ✓ Electronic states of Sm & Co

N. Ishimatsu *et al.*, Phys. Rev. Mater. **7**, 024401 (2023).

## EH2: X線発光分光

- ✓ Precise valence estimation & chemical shifts
- ✓ Electronic states under extreme conditions
- ✓ Symmetry in electronic orbitals using X-ray polarization

### Metal-insulator transition: origin of phase transitions

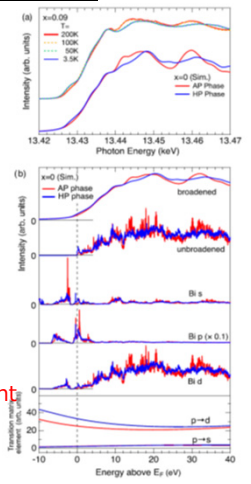
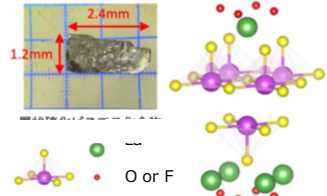


- Electronic states due to phase transition:
- ✓ Metal-insulator (MI) transition
  - ✓ Cu valence & bonding states

H. Sato, *et al.*, Phys. Rev. B **106**, 155151 (2022).

### BiS<sub>2</sub>-based superconductors: toward high performance

BiS<sub>2</sub>-based compounds



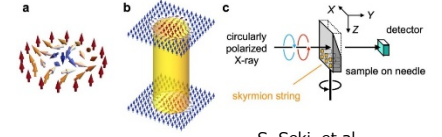
- Observation of electronic states:
- ✓ Bi 6d + 6s DOS
  - ✓ Different profile dependent on the properties

A. Yamasaki, *et al.*, Phys. Rev. B **109**, 045131 (2024).

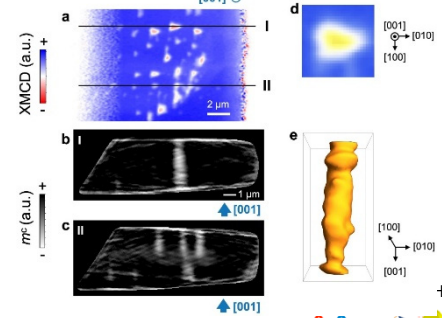
## EH3: X線ナノ分光

- ✓ XAS/XMCD in the micro-region (~100 nm)
- ✓ Element-specific/magnetic 2D/3D imaging
- ✓ Pump-probe experiments using laser, AC current, etc.

### Direct observation of skyrmion strings by XMCD-CT

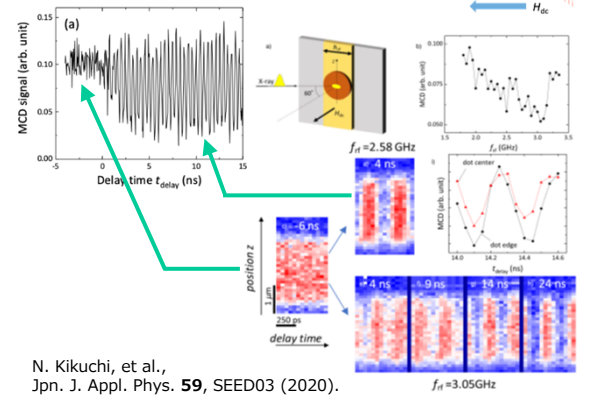


S. Seki, *et al.*, Nature Mater. **21**, 181 (2022).



### Detection of AC spin currents by magnetic resonance XMCD

$$\Delta m_z \propto \Delta \text{XMCD}$$

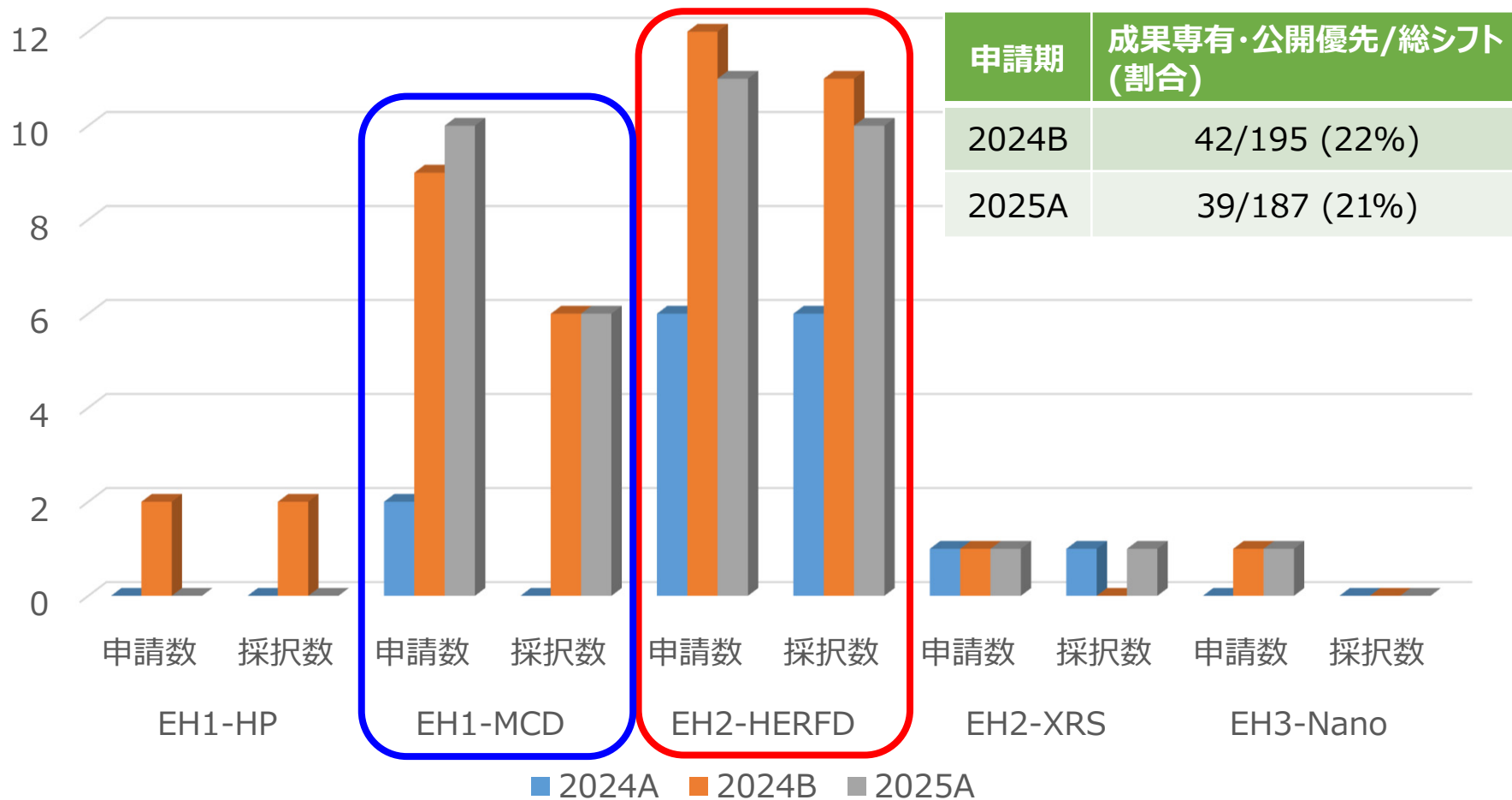


N. Kikuchi, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **59**, SEED03 (2020).

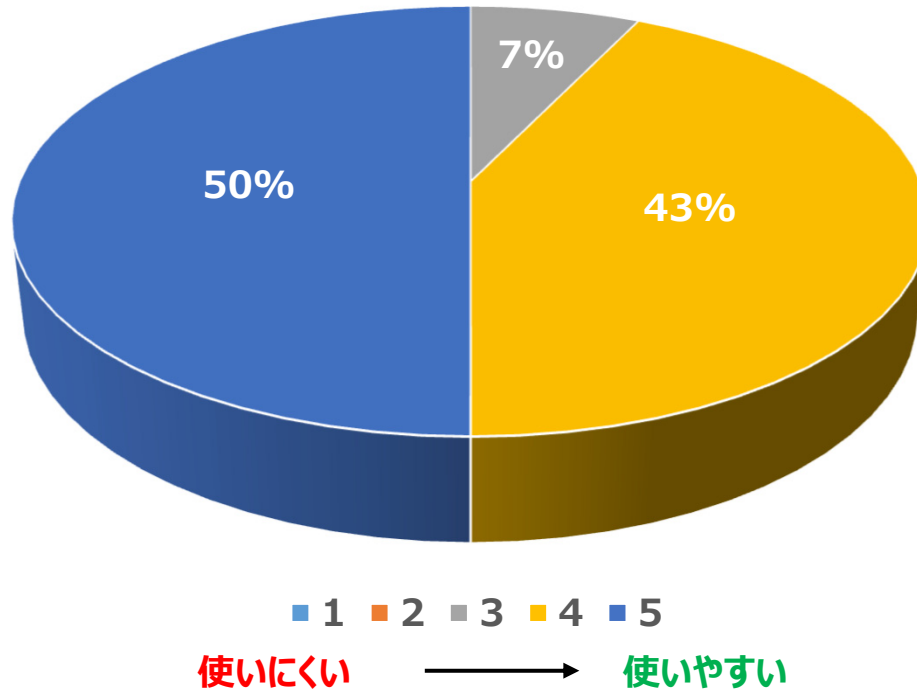
# BL39XU: Proposals

**EH2: XES/HERFD+XRS の利用が大半 + EH1: XMCD の利用の回復**

BL39XU: アップグレード後の課題申請数/採択数



## 使いやすさ



## 改善希望:

- サンプル周りの配置が改善されており実験し易かった
- 磁場・温度による状態が安定するまで数時間待つ必要があった
- やや手狭

## 利用制度:

- 募集回数/年の増加 (3, 4, 6回/年)
- BL01B1/BL14B2と同じであれば通常のXAFSとHERFD-XAFSの使い分けがしやすくなる

- これまでと同様のユーザーインターフェースで対応できたため
- サンプルのアライメント調整や測定ソフトの扱いがわかりやすい
- 初めての利用でも定常操作であれば問題なく使うことが出来た
- 拡張性が高く、持ち込み装置を利用しやすかった
- サンプル周りのスペースが広くなり、in-situ実験のセットアップが格段にやりやすくなった