

出来る限り、以下の様式に沿った議事録を作成下さいますようお願いいたします。

(様式2)

議事録番号

提出 2019 年 8 月 22 日

会合議事録

研究会名：固体分光研究会・機能磁性材料分光研究会・光・磁性新素材産学連携研究会 合同研究会

日 時：2019年6月17日 10:00-16:00

場 所：SPRING-8 上坪記念講堂

出席者：(議事録記載者に下線) 五十音順、敬称略

石上啓介 (JASRI)、池本夕佳 (JASRI)、今田真 (立命館大)、上田茂典 (NIMS)、上野哲朗 (QST)、大河内拓雄 (JASRI)、大沢仁志 (JASRI)、木下豊彦 (JASRI)、木村昭夫 (広島大)、小出明広 (QST)、小林慎太郎 (JASRI)、櫻井吉晴 (JASRI)、佐藤一成 (住友電工)、菅滋正 (ユーリッヒ研究センター)、鈴木哲 (兵庫県立大)、鈴木基寛 (JASRI)、関山明 (阪大基礎工)、曾田一雄 (名大院工)、高木康多 (JASRI)、玉作賢治 (理研)、為則雄祐 (JASRI)、中村哲也 (JASRI)、西原克浩 (日本製鉄)、藤森伸一 (JAEA)、藤原秀紀 (阪大基礎工)、室隆桂之 (JASRI)、保井晃 (JASRI)、矢橋牧名 (理研)、山神光平 (東大物性研)、山崎裕一 (NIMS)、山添康介 (東大物性研)、吉木昌彦 (東芝)、吉村真史 (SES)

計 33 名

趣旨・議題：SPRING-8における硬X線光電子分光および軟X線ビームラインの将来像に関して議論し、ユーザー側の要望をまとめる。

議事内容：

以下のプログラムに沿って、講演・議論が行われた。

午前 座長：今田 真 (立命館大学、固体分光研究会副代表)

10:00-10:05 挨拶

曾田 一雄 (名古屋大学、固体分光研究会代表)

10:05-10:25 依頼講演「SPring-8 次期計画の動向」

矢橋 牧名 (理化学研究所)

10:25-10:45 依頼講演「将来光源で期待される放射光軟 X 線の特徴」

為則 雄祐 (JASRI)

10:45-12:00 討論：SPring-8 における軟 X 線利用の将来

話題提供 その 1 (10 分間)「Momentum microscopy の現状と将来」

菅 滋正 (大阪大学、ユーリッヒ研究センター)

12:00-13:00 昼食

午後 座長：木村 昭夫 (広島大学、機能磁性材料分光研究会代表)

13:00-13:30「SPring-8 における HAXPES の現状」

保井 晃 (JASRI)

13:30-14:00「“HAXPES2019”に見る世界の動向と SPring-8 における HAXPES の将来」

関山 明 (大阪大学)

14:00-15:30 討論：SPring-8 における HAXPES BLs の将来

15:30-15:50 まとめ：要望書作成に向けて (軟 X 線、HAXPES とも)

15:50-16:00 総括 曾田 一雄 (名古屋大学、固体分光研究会代表)

まず、固体分光研究会代表の曾田一雄氏 (名古屋大学) が開催の挨拶として本研究会の開催に至る経緯を説明した。2019 年 3 月 25 日から 26 日に行われた SPRUC BLs アップグレード検討ワークショップにおいて、SPring-8 の複数のビームランで行われている硬 X 線光電子分光の集約や、SPring-8 II における軟 X 線利用のことが話題になった。それらについて、本研究会で要望をまとめるのが目的との説明であった。

矢橋牧名氏 (理研) は、本研究会からの依頼により、SPring-8 次期計画に関する講演を行った。国外の動向として、MBA ラティスに基づく高エネルギー・超低エミッタンス化の計画が進んでいる (ESRF-EBS、APS-U、PETRA-IV、HEPS 等)。また、国内では東北 3GeV リングが 2023 年から運用を開始するという状況にあ

る。このような状況の中、SPring-8 II 計画では、高エネルギー側の利用、3GeV リングとの demarcation を意識したポートフォリオの形成が課されている。それに向けて既存 BL の再編・アップグレードを進めていくとのことであった。現在、それに向けたマスタープランの作成を進めており、それを基に複数のワーキンググループにおいて議論し、再編・アップグレードを速やかに進める。また、矢橋氏は、本研究会に直接関係する話題として、現在、SPring-8 の複数の BL で行われている HAXPES の整理についても言及し、単なる集約にとどまらない意欲的プランの提案を求めた。

為則雄祐氏 (JASRI) は、本研究会からの依頼により、将来光源 (SPring-8 II, 3GeV リング) で期待される放射光軟 X 線の特徴について講演した。今回示すのは、約 3 年前の段階での preliminary なデータに基づく計算結果であるとの断りがあった。5keV 以上の光エネルギー領域では、輝度、フラックス、コヒーレンスともに SPring-8 II が有利であること、テnder領域と呼ばれる 2~5keV の光エネルギー領域では、輝度、フラックスともに 3GeV リングが有利であることが示された。軟 X 線領域では、輝度は SPring-8 II と 3GeV リングでほぼ同等であるが、フラックスに関しては 3GeV リングが 1 桁高いという結果であった。軟 X 線領域のコヒーレンスについては、コヒーレントフラックス自体は SPring-8 II と 3GeV リングでほぼ同等であるが、コヒーレント比は SPring-8 II ではほぼ回折限界であるのに対し、3GeV リングでは 10%程度になるとのことであった。つまり、軟 X 線領域では、フラックスを求める実験は 3GeV リングが有利で、コヒーレンスを求める実験は SPring-8 II が有利という、簡潔なまとめが示された。質疑応答では、ビームラインの長さについても比較検討の際に考慮すべきではないかとのコメントがあった。

午前最後の討論「SPring-8 における軟 X 線利用の将来」では、まず、菅滋正氏 (ユーリッヒ研究センター) が、momentum microscopy (MM) の海外での動向を紹介した。MM により、電子の運動量 (k_x , k_y , k_z) とスピンの全てを明らかにする測定が、従来の 100 倍から 1 億倍の効率で可能となる。MM には TOF 型と double hemispherical analyzers (DHA) の 2 つのタイプがある。今回は、PETRAIII

で行われた TOF 型 MM による Re の ARPES と光電子回折の測定結果が示された。また、ARPES では、2.6~6keV の光エネルギーを用いることにより、18~28 ブリルアンゾーンのデータが取得されたとのことである。ただ、菅氏によると二次元スピン分解測定との相性に関しては TOF よりも DHA が優れているとのことであり、SPring-8 では軟 X 線から硬 X 線をカバーする二次元スピン分解測定を DHA の MM で行うべきであるとの主張であった。

その後の討論では、まず、菅氏が紹介した HAXPES の ARPES に関する質問があった。HAXPES で ARPES が可能であれば、軟 X 線の ARPES が不要ではないかということである。これについては、HAXPES の MM による ARPES では 1 μ m 領域のミクロ領域を測定できるとは言っても、測定領域の 1/10 程度の平坦な表面領域を選ぶ必要がある。また、デバイ・ワラー因子による波数広がりを抑制するために冷却が必要であることや、リコイル・シフトや励起断面積の光エネルギー依存性の影響も考慮する必要があるため、軟 X 線、硬 X 線を含めていくつもの光エネルギーで測定する必要があるとの意見が出た。また、SPring-8 での軟 X 線領域の RIXS の今後についても議論されたが、RIXS は 3GeV リングでの計画があるため、SPring-8 では違った方向を考えるべきとの意見があった。その他、今後、SPring-8 で装置開発を進める際のマンパワーについても議論された。大学の主要なユーザーグループが主体的に進めることはできないのかとの意見に対し、大学側でも意欲はあるが現状では余裕のある状況ではない。大学側からの参加を後押しするような体制づくりを、施設側と大学側で協力して進める必要があるとの意見が出た。開発資金についても議論があったが、競争的資金を獲得するとともに施設側からの援助も受けつつ大規模な装置開発に対応していく必要があるというのが共通した認識であった。

午後のセッションは、SPring-8 における HAXPES の将来がテーマであった。まず保井晃氏 (JASRI) が、SPring-8 で HAXPES が行われている各ビームラインの現状を報告した。HAXPES は現在 12 本の BL で行われており、そのうち共用 BL が 3 本、理研 BL が 2 本、専用 BL が 7 本となっている。共用 BL は、BL09XU、BL47XU、BL46XU である。BL09XU では連続波長掃引を活かした共鳴光電子分光を用い、主

に強相関物質の研究が行われている。BL47XU では、約 $1 \mu\text{m}$ の集光と広角対物レンズを組み合わせた 3次元空間分解の電子状態観測や実環境セルによる研究が特徴である。また、産業利用 BL である BL46XU では、14keV まで対応するアナライザーによるより深部の測定や、 500°C 以下の高温測定が特徴とのことであった。その他、理研 BL を含む各専用 BL の HAXPES 装置の特徴が、研究事例を交えて紹介された。質疑応答では、現在、BL09XU と BL47XU で行われている HAXPES を集約する計画が議論されているが、二つの BL の装置を一つの BL に設置する場合、全体としてビームタイムが不足する懸念はないかとの質問があったが、これについては現状から考えるとその心配はないとのことであった。

関山明氏（大阪大学）は、2019年6月2日から6月7日にパリで行われた国際会議 HAXPES2019 の報告と、世界的な動向を踏まえた SPring-8 の HAXPES の将来について議論した。関山氏によると、SPring-8 には HAXPES を行う BL は多数あるが、世界的に見ると SPring-8 以外で比較的高性能の HAXPES が可能な BL は 3本程度であるとのことであった。HAXPES2019 の動向としては、まず interface の話題が多く、特に、非弾性散乱の解析から平均自由行程よりもはるかに深い部分を観測する研究が印象的であったとのことである。光源でみると、 $2\sim 5\text{keV}$ のテンダー領域の利用が世界的に進んでいる。SPring-8 でも、今後進めるべき点としてテンダー利用が考えられる。一方、ヨーロッパを中心として実験室光源による HAXPES 開発が着実に進んでおり、注視する必要があるとのことであった。次に、今後 HAXPES の BL を整備する際には、ハッチの拡張を考慮してもらいたいとのことであった。関山氏らは BL19XU で移相子を用いて偏光二色性実験を行っているが、スペース的な制限を受けているとのことである。また、より低温での測定を低振動で行うために、液体 He の供給・回収ラインの整備についても検討すべきとのことであった。SPring-8 内の BL 間での交流という点については、ノウハウが個人ベースで蓄積されている状況であり、産・学を含めて情報共有を進める時期に来ているとのコメントがあった。最後に、HAXPES2021 の姫路での開催が決定したとの報告があった。質疑応答では、テンダー領域の利用について、現在の SPring-8 では 4keV 強までだが、SPring-8 II で 6GeV にな

れば低エネルギー側に伸びる可能性があるとのコメントがあった。テンドー領域の利用については、結晶分光器ではなく、回折格子分光器で高エネルギー側の伸ばすという方法もあるという意見もあった。また、液体 He の回収についてはローカルに再凝縮器を導入することの他、液体 He 利用 BLs をまとめてみることも検討してはどうかとのコメントがあった。

その後の討論では、SPring-8 における HAXPES の将来について議論が行われた。以下に、議論の主な内容を箇条書きで記す。

- ・ BL09XU と BL47XU の共用の HAXPES 装置を一つの BL に統合すれば装置が常設になるので、スタッフの労力が軽減すると期待されるが、それに加えて自動化による労力軽減を検討すべき。
- ・ 装置をタンデムに設置する場合、上流の装置にアクセスできるようにする必要がある。⇒方法はある。
- ・ 今後は産業利用の BL46XU の HAXPES も含めて議論すべきとの意見があった。これに対しては、BL46XU は年 6 回申請できるというメリットがあるとの声があった。
- ・ BL09XU と BL47XU の装置を仮に一つの BL に統合したとして、効率がよくなるという話で終わるのではなく、先のことを見据えるべき。例えば momentum microscope (MM) 等の装置を将来的に入れることを想定して、少なくとも場所は確保しておくべきである。
- ・ 準大気圧 HAXPES については需要が高いが、既に BL24XU、BL36XU に導入されているため、無理に入れる必要はないのではないか？それよりも MM といった最先端の装置を検討すべき。HAXPEEM という選択肢もある。
- ・ 試料準備を充実させることも検討すべき。例えば、HAXPES の場合、UHV スーツケースが十分に機能すると期待できる。

最後のまとめの議論においては、今回の議論を踏まえて合同研究会としての要望書をまとめていくこと、また、8 月 30 日午前に合同研究会を開催し、要望書

の議論を深めることで同意が得られた。

以上