

令和5年度技術職員研修（第2専門技術群：システム・計測系）報告書

第2専門技術群長 理学研究科 廣瀬 昌憲

1. 目的

大学における教室系技術職員の職務は多様であり、それぞれの分野において専門的かつ高度な知識や技術が要求される。第2専門技術群はシステム・計測系を専門として構成されており、各業務内容は分野毎に異なっており非常にバラエティー豊かである。

本研修では、大型放射光施設 SPring-8、X線自由電子レーザー施設 SACLA の見学及び、理化学研究所放射光科学研究センター教員による講義を受講する。SPring-8 は世界屈指の大強度放射光施設で硬 X 線～軟 X 線まで幅広い波長の X 線を、様々な特色のあるビームラインへ供給し、国内外の多様な研究者が利用しており、1997 年から安定にビーム供給を続け、現在も改良を続けている。また、SACLA は 2012 年から供用を開始し同様に利用されている。これら施設は、精密な機械装置の組み合わせ、大電力から微弱信号までの電気電子機器、安定な環境維持のための土木、建築、放射線の安全対策など、あらゆる技術が用いられており、長年の利用にも耐えられる維持管理など、今後の職務遂行に役立つ知識と技術を学ぶことを目的とする。

2. 研修場所

国立研究開発法人理化学研究所 放射光科学研究センター

大型放射光施設 SPring-8/SACLA （兵庫県佐用郡佐用町光都 1 丁目 1-1）

3. 開催方法

対面形式で見学と講義を行う。

4. 受講者

22 名(後掲 9.受講者名簿)

5. 日程

開催日：令和5年9月7日(木)

研修プログラム

(8:15 京都大学 吉田キャンパス 正門前 集合)

(8:30～ 貸切バスにて移動 ※途中トイレ休憩 1 回)

11:00 国立研究開発法人理化学研究所 放射光科学研究センター 到着

11:00～12:00 昼食休憩

12:00～14:15 電子蓄積リング加速器トンネル、SACLA 加速器トンネル及び
アンジュレーターホールの見学

案内：平岩 聡彦 氏（理化学研究所放射光科学研究センター研究員）

14:15～14:30 移動、休憩

14:30～15:15 講義 1：「光源加速器概論」

田中 均 氏

（国立研究開発法人理化学研究所放射光科学研究センター副センター長）

15:15～16:00 講義 2：「加速器におけるアライメント」

松井 佐久夫 氏

(国立研究開発法人理化学研究所放射光科学研究センター研究員)

16:00 研修終了

国立研究開発法人理化学研究所 放射光科学研究センター 出発

(16:15～ 貸切バスにて移動 ※途中トイレ休憩1回)

(19:00 頃 京都大学 吉田キャンパス 正門前 着)

6. 研修内容

・施設見学

平岩研究員の案内で SPring-8 電子蓄積リング加速器トンネルと SACLA 加速器トンネル及びアンジュレーターホールを見学した。

まず、SPring-8 蓄積リング棟に入るとリング外周側にある実験ホール 2 階の見学室に案内された。見学室のガラス越しに見た実験ホールには高さ 3m 程奥行き 3m 程長さ 10m 程の部屋状のビームコースが円弧状に並んでいて、中にはそれぞれ専用の実験装置が入っているとのこと。このビームコースは見学室から 3 カ所ほど見えたが、周長約 1.4km の蓄積リングの周りに 62 配置されていると伺い、施設の大きさに圧倒された。つづいて電子蓄積リング加速器トンネルに案内された。トンネル内の電子蓄積リングは、電子を曲げる偏向電磁石、電子を収束させる 4 極電磁石や電子の安定性を高める 6 極電磁石、挿入光源であるアンジュレーター、失ったエネルギーを補填する加速空洞などの装置が順番にパターンをもって配置されていた。これら装置毎に説明をしていただき、受講者の質問などにも回答していただいていた。途中、蓄積リング加速器トンネルのリング内側の地下から上がってくるトンネルと合流部があり、勾配を上ってくるビームラインが SACLA からの電子ビームを入射する部分と説明された。蓄積リング加速器トンネルの少し広いところでは、見学に同行していた松井研究員によって、レーザートラッカーを使用しての電磁石アライメント手順を実演していただいた。

続いて SACLA 研究棟に案内していただいた。入り口にはトヨタ自動車の MIRAI が展示されていた。SPring-8 でトヨタ自動車が燃料電池の研究を進めたことで開発できたとして寄贈されたとのことであった。こちらでもまず 2 階に上がり窓越しに実験室を見学した。こちらは SPring-8 の実験ホールに比べるとコンパクトで、20m 四方に実験室が配置されていた。次に 1 階の光源棟の長い廊下を歩いてアンジュレーターホールへ入室した。入口付近は加速器からの電子ビームを各ビームラインに分岐する部分で、上流から分かれたビームラインの 1 本が SPring-8 の電子蓄積リングへ向かっているようだ。他の分岐したビームラインは下流のアンジュレーターへ繋がりさらに下流の実験室の方へまっすぐ向かっていた。まず下流側に進んでアンジュレーターに囲まれた部分で平岩研究員から説明があった。部屋が長いので延々とアンジュレーターが並んでいるような錯覚を覚えた。その後加速器トンネルへ向かった。アンジュレーターホール上流の一段高くて細くなっている部屋が加速器トンネルで、400m ほど加速器トンネルが続く。トンネル内の加速管は直径 20 cm くらいで 2m くらいの物が連なっていた。その加速器の先端の電子銃は 1m ほどの角型の容器になっていてその中に電子銃があるようだった。ここまで見学は終了した。SACLA と SPring-8 蓄積リング間はバス移動、施設内は結構な距離を徒歩での移動だった。そのスケール感には圧倒された。

・講義 1

田中均副センター長の講義では、SPring-8 サイトの光基盤施設の概要、SPring-8 光源加速器、SACLA 光源加速器、全体施設の高度化、と大きく 4 つに分けて講義していただいた。

概要では、強力な短い波長の光 (X 線) は細かい部分を見ることのできる光で、SPring-8 は明るく平均的

に強い光で数 100MHz のビーム、SACLA は 60Hz の単バンチで強力な光が利用できる。高解像の明るい画像の SPring-8 と高解像度の動画の SACLA のような違いがあって幅広い利用ができる。そのためサイトにおいて、年間の利用者が約 15000 人（このうち産業利用 20%）で、総累積利用者約 30 万人、総発表論文数約 2 万 1 千件に達する。代表的成果として、光合成タンパク質の解明、各種製品開発として省エネ高性能高耐久タイヤ開発、科学捜査として和歌山カレー事件の毒物や、麻薬犯罪の薬物分析などを挙げておられた。

SPring-8 の光源では、60 本のそれぞれ違った光学機器を配置したビームラインで年間 6800 時間をすべて利用している。蓄積リング内では水平に細長い形状の電子ビームが 1 周 5μ 秒で回っており蓄積できる電子数は 3 兆個。明るい X 線を提供するためアンジュレーターにより電子を短く蛇行させることでシングルスペクトルの X 線、ウィーグラで数 eV～数 GeV の X 線など、太陽の 1 億倍の明るさの光源が利用できる。また世界一の安定性、高純度の単一パルスを出せるとの説明をされました。SACLA については、2006 年に 5 か年計画で建設され予告通り完成でき、世界初のコンパクト高性能 X 線自由電子レーザーになった。3 本のビームラインのそれぞれがエネルギーと周波数に特徴があり、しかも各ビームラインを同時利用できるとお話しされた。最後に施設の高度化の説明をされて、旧来 SPring-8 の入射機だった線形加速器とシンクロトロンに代わって 2021 年から SACLA が 3 本のビームラインと SPring-8 の入射機として運用するようになった。これまでよりエネルギー消費を抑えることが出来た。今後は SPring-8-II にアップグレードして 100 倍の強度でエネルギー消費を半減することを計画しているとの説明を頂き講義を終了された。説明の中で SPring-8・SACLA ではピーク性能より安定性能を重視しているとの話があり実用的光源としての使命が大切だと発言されていたのが印象的だった。

・講義 2

松井佐久夫研究員の講義では、SPring-8 サイトの地盤、成り立ち、地盤改良、測量、リング磁石のアライメント、波浪起源の表面波による周長の歪と電子ビーム、地震と地盤、架台による振動の増幅を講義頂いた。

まず建設地が選定された経緯として、安定した地盤や都市部からの距離などの利用しやすさなども考慮して決定した。岩盤や地質の成り立ちなど調査では、上郡変はんれい岩体に属し、ボーリング調査の結果標高 290m をリング床面として造成。谷を埋めた盛土部分や軟らかい地盤の部分は密度や動弾性係数を周囲に合わせる地盤改良を施したとのことだった。

測量については、後のアライメントの事も考え自分たちで測量を行った。建屋建築後では基準点が見渡せなくなるため各測定ポイント（BM 磁石の位置）にはモニュメントを設置した。建屋内では、モニュメント位置を結ぶ線上に磁石をアライメントしていった。各モニュメントや壁の基準からレーザートラッカーを用いて磁石架台の位置を調整した。蓄積リングでは電子ビームが周回するので軌道のずれは命取りで、各磁石は 0.05mm 以内にアライメントする必要があると測量風景やアライメント時の写真などを交えて説明された。

続いて波浪起源の表面波による周長の歪について話された。日本海の波が地面を揺らすと僅かなひずみを生じ表面波として伝搬され蓄積リングは楕円に変形する。そのためビーム軌道がずれエネルギー変化として現れる。リング三か所に設置された広帯域振動計の測定データと相関関係にあると話された。

最後に地震と架台の話として、東日本大震災で KEK の加速器が被災し地震動により架台が座屈を起こした。架台による振動の増幅を測定するために、東大地震研を中心に複数の企業や研究所からなる IT 強震計コンソーシアムが開発した ITK002 という強震計が安価で記録もとれるなどの理由で SACLA や SPring-8 の床面や架台上に多数セットして地震時の振動を測って地盤の固有振動と架台による振動増幅などの測定した。と説明いただいた。

大きな施設でありながら正確なアライメントの必要性や、地面の僅かな振動にも気を配らなければならな

い施設であると考えさせられた。

7. 総括

今年度は2020年から続く新型コロナウイルスによる制限が緩和され、自由な研修企画が可能となった。ここ数年はリモートでの講義や研修が行われており議論や交流がやりにくい状況もあったと感じていたため実際に集まり対面しての研修を企画した。

研修先は SPring-8 というやや遠方であったため移動時間がかかるうえ、施設が大きく見学にかなりの時間を要する事、見学に合わせて講義も実施したのでスケジュール的にはかなり厳しくなった。しかし出発時刻が京大8:30発のところ10分前には全員集合し定刻前にバスが出発でき予定の11時に現地に到着できた。帰路も予定通り19時京大着となり無事に終了することが出来た。

アンケート結果によると見学、講義とも多く受講者が満足したとの回答であり、また参考になったとの意見も多かった。受講者にとって多くの知見を得られたかと思われるので今回の研修で得た事を今後の業務に生かしていただけたと考えている。

最後になりますが、今回の研修で心よく講義をお引き受けいただきました田中均副センター長、松井佐久夫研究員に感謝いたします。また平岩聡彦研究員には、見学案内をはじめ企画立案時から様々なご提案ご協力をいただきまして厚くお礼申し上げます。

8. 受講者名簿

	所属	氏名	専門群	専門分野
1	複合原子力科学研究所 技術室(熊取)	阪本 雅昭	第5群	電気
2	人間・環境学研究所	高橋 輝雄	第2群	機械加工
3	理学研究科	廣瀬 昌憲	第2群	機械・電気
4	理学研究科 附属地球熱学研究施設火山研究センター(阿蘇)	井上 寛之	第2群	観測地球物理学
5	理学研究科 附属地球熱学研究施設火山研究センター(阿蘇)	吉川 慎	第2群	観測地球物理学
6	理学研究科	田尾 彩乃	第1群	機械工作
7	理学研究科	道下 人支	第1群	機械工作
8	理学研究科	高谷 真樹	第3群	地質学
9	エネルギー理工学研究所 附属エネルギー複合機構研究センター(宇治)	高塚 真理	第2群	計算機
10	エネルギー理工学研究所 附属エネルギー複合機構研究センター(宇治)	大村 高正	第2群	真空技術・機械工作
11	防災研究所技術室 火山活動研究センター桜島火山観測所(鹿児島)	園田 忠臣	第2群	火山観測
12	防災研究所技術室(宇治)	米田 格	第2群	物理
13	防災研究所技術室(宇治)	達山 康人	第2群	機械
14	防災研究所技術室 穂高砂防観測所(岐阜)	市田 児太郎	第2群	情報
15	防災研究所技術室 地震災害研究センター宮崎観測所(宮崎)	小松 信太郎	第2群	機械
16	防災研究所技術室(宇治)	中川 潤	第2群	自然災害科学
17	防災研究所技術室 宇治川オープンラボラトリー(伏見)	中本 幹大	第2群	流域災害
18	防災研究所技術室 火山活動研究センター桜島火山観測所(鹿児島)	竹中 悠亮	第2群	火山観測
19	防災研究所技術室(宇治)	名田 彩乃	第2群	建築
20	防災研究所技術室(宇治)	吉川 昌宏	第2群	土木
21	工学研究科(桂)	中池 由美	第3群	化学
22	工学研究科附属環境安全衛生センター(桂)	青木 健朗	第3群	安全衛生