

■ 会議報告

The 1st Asia Oceania Forum Synchrotron Radiation School に参加して

高木秀彰 (高エネルギー加速器研究機構)

富田翔伍 (高エネルギー加速器研究機構)

The 1st Asia Oceania Forum Synchrotron Radiation (AOF) School が2017年5月28日から一週間 Australian Synchrotron にて開催されました。日本からは我々を含め4人が参加し、アジア-オセアニア地方から計46人が参加しました。AOF スクールは SPring-8 で開催されていたケイロンスクールの後継に当たり、アジア-オセアニア地方の若手研究者や学生が放射光の初歩技術を学ぶことができます。

Australian Synchrotron は Melbourne の Southern Cross 駅から鉄道とバスを乗り継いで約1時間半の場所にありました (Fig. 1)。Australian Synchrotron の外観は新しく、また所々に放射光に関連するアート作品があり日本の科学施設とは少し趣が違っているように感じました。講義は到着日の翌日からあり、Dr. Mike James のよる Australian Synchrotron の概要、各ビームラインの簡単な説明があり、放射光施設の今後の発展などについての、導入的な講義から始まりました。その間、coffee break が二回、昼食が一回あり、集中力を保って講義に臨むことができました。

その後、Synchrotron Tour があり、いよいよ放射線管理区域内に入ることができました。Australian Synchrotron のエネルギーは3 GeV、周長は216 m で PF の蓄積リングより少し大きく感じました。LINAC 及びブースターリングが蓄積リング内部に設置されており、施設全体としてはコンパクトでした。ビームラインは全部で9本あり、それぞれ IR Microscope, THz/Far-IR spectroscopy,



Fig. 1 Australian synchrotron の施設入り口

Soft X-ray Spectroscopy, X-ray Absorption Spectroscopy (XAFS), Powder Diffraction, SAXS/WAXD, Crystallography, X-ray Fluorescence Microscopy, X-ray Imaging に特化していました。施設の大きさに対してビームラインの数が少ないため、スペースには余裕があり広々としていました。また各ビームラインには Australian Synchrotron を利用した論文の別刷りが掲示されており、あちらこちらで成果のアピールがされていました。Australian Synchrotron では放射光実験が2007年から開始されたので、設備は真新しく最新の設備が整えられていました。特にタンパク質 Crystallography ビームラインには DECTRIS 社の最新の detector である EIGER X 16M が備えられていました。

Tour の後には、各人1分間の Self-Introduction がありました。聞いていると、PhD student が三分の一ほどで、ポスドクがかなり多いという印象を受けました。参加者の大勢が beamline scientist あるいは放射光ユーザーでしたが、一部光源側で働いている人もいました。国籍は中国、タイ、韓国、シンガポール、台湾、オーストラリア、インドなど様々でした。

二日目からは専門的な講義が始まりました。とはいっても、光源側の難解な物理ではなく、数式をほとんど使わない、直感的で定性的な内容が主でした。二日目の講義でもっとも興味深かったのは、X-ray Imaging に関する二つの講義でした。X線を用いた Imaging は、レントゲンがX線の透過像を撮影したことに端を発します。高輝度でしかもエネルギーを自在に変えることができる放射光X線は、Imaging の分野において非常に有用な手法です。最近では、試料中の屈折率の違いにより回折したX線の、位相のずれを利用する手法 (Phase-contrast 法) や、サンプルの下流に角度可変のシリコン単結晶板 (analyzer) を設置する手法 (Analyser-based Phase-contrast 法) がよく用いられています。これらの方法により、吸収のコントラストが小さい試料 (有機物質) でも、高解像度の画像を得ることが可能となりました。両者の手法を比較してみると、カメラ長が短くても済むという点で後者に利点があります。Australian Synchrotron には光源から end station まで140 m 離れたビームラインがあり、Phase-contrast 法による高速・高分解能イメージングが可能です。実際、うさぎの肺

で取り込まれた空気中の成分が、肺の毛細血管の隅々にまで拡散していく過程を、Phase-contrast 法により時分割でイメージングすることに成功していました。またこのビームラインは大視野での X-ray Computer Tomography も測定可能で、講義ではシロアリの巣や火山弾、分子ターボポンプの三次元的な CT 動画が紹介されていました。

また、最近日本でも注目されている放射光を利用した文化財の研究も非常に興味を持ちました。油絵の絵画に用いられる顔料には金属が含まれており、それらの金属からの蛍光・吸収を測定した様々な研究の紹介がありました。例えば、油絵の場合は最終的に描かれた絵の下に別の絵が描かれていても顔料が異なれば、二次元マッピング測定をすることでその下地に書かれた絵をみる事が出来ます。放射光施設ではビームサイズを小さく絞れるため、測定時間はかかりますが非常に高分解能なデータとなり、画家の筆の運び方まで分かるほど鮮明になります。異なる顔料には異なる金属が含まれるため、油絵における色の重ね方なども見分けることも出来ます。また顔料は時間の経過とともに劣化していき、現代では変色している可能性があります。化学種の状態が変化するため、XAFS を使って価数を調べることで劣化の有無を判断するようです。研究紹介では、ゴッホの代表作でもある「ファンゴッホの寝室」のベッド色が Cr(IV) の黄色から Cr(III) の茶色へと変化していることが分かったそうです。もっとも興味深かったのは修復された油絵でした。先ほども触れましたが、X線では油絵の下地に書かれたものを浮かび上がらせることができます。ヘンリー 8 世の肖像画を X 線で見ると、絵の一部が修復時に意図的に変えられているのが明確に分かり非常に驚きました。日本では絵画以外にも、木造建築物や仏像、陶器や漆器、刀など多くの文化財があり、X線吸収・蛍光だけでなく他の手法を使って今後日本でも非常に多くの研究が展開される予感がしました。

三日目からは講義に加えて実習も始まりしました。6 グループに分かれて、それぞれ専門でないビームラインで実験のセットアップ、試料計測、データ解析を行い、最終日に 20 分間の発表を行うという内容でした。(しかしさすがに最低一人は専門家が各グループに入っていたようです。)我々は Powder Diffraction (PD) のグループに入り、PD グループリーダーの Dr. Kimpton からフロントエンド直後の光学系や end station 内部の設備(自動試料交換ステージ, detector など), 光学系の調整方法, 試料の測定方法, データの解析及び解釈を学びました。detector には Imaging Plate と一次元半導体検出器 (MYTHEN, DECTRIS 社製) が使われていました。試料の周りには、棒状の試料を自動で交換するアームや窒素ガス吹き付けによる冷却機構が常備されていました。Australian Synchrotron の PD beamline で特徴的な装置といえば、光軸上でリチウム電池を充電あるいは放電する装置です。一部のユー



Fig. 2 最終日の dinner にて。左が Dr. Garrett, 右が Dr. James, 中央は Australian synchrotron の director の Dr. Peele。下の写真は実験ホールでの集合写真。

ザーグループがこの装置を使い、充放電サイクルにおいて電極上の結晶構造の変化を PD で追跡していました。PD のデータ解析は数時間で終わるものではないので、発表の場では、温度変化における一連のデータの定性的な解釈を説明するように勧められました。実習が終わった後、各グループは集まって Discussion をし、発表スライドを作りましたが、やはり終わってみると清々しいものです。

私はこれまで SAXS を用いたソフトマター材料の物性と構造の相関についての研究を行ってきました。したがって、放射光と聞けば私はすぐ散乱を思い浮かべてしまいがちでした。しかし、放射光に関する講義を聞いてみると、実に様々で面白い研究分野があることに気づかされました。光を物質に照射すると、光電効果や燐光、吸収、回折、弾性/非弾性散乱など様々な現象が起こり、それぞれに対応した研究分野があります。折角これらの基礎を教えていただいたので、これから自分で深く勉強して自らの研究に取り入れていきたいと思えます。拙い英語でしたが、文字通り耳を傾けてくださった Dr. Garrett 及び Dr. James (Fig. 2) を始めとする organizer の皆様、仲良くしていただいた参加者の方々、親切な Melbourne の方々に深く感謝いたします。来年は韓国、再来年はタイで AOF School が開催予定です。同世代の海外の研究者と同じ釜の飯を食べながらざっくばらんな意見交換をするのも非常に刺激になります。興味がある方は是非ご参加ください。