

## 放射光60周年・UVSOR 40周年

報告：物質分子科学研究領域 横山 利彦（日本放射光学会 会長）

日本放射光学会は1989年に設立された会員数1200名程度の学会で、放射光科学の発展を念頭に、国内の放射光施設の連携、放射光利用者の拡大、国際協力（特にアジア・オセアニア地域の連携強化）、放射光技術者の育成などを目的とした団体です。2023年は、1963年に東京大学原子核研究所の電子シンクロトロンが本邦初のシンクロトロン光共同利用を始めて60周年、また、分子研極端紫外光研究施設UVSORが1983年に稼働を始めて40周年にあたります。本稿では我が国とUVSORにおける放射光科学のこれまでの発展を踏まえて近い将来の放射光科学に関する個人的な期待をつづろうと思います。なお、当方は2021年10月より2年間の任期で日本放射光学会長を務めているところですが、分子研に赴任してからは20年以上の歳月が経ており、UVSORの所属であったことはないものの、長くUVSORユーザーとしてお世話になっていて、どちらの立場で書いているのか混乱がありますが、その点をご容赦いただければ幸いです。

我が国でのシンクロトロン放射光の利用は、1963年に東大核研での真空紫外光利用に始まり、1975年には東大核研・物性研に放射光専用光源SOR-RINGが誕生しました。SOR-RINGは世界で初めて放射光利用専用に設計・建設された光源であり、紫外～軟X線領域まで利用が展開されました。その後1983年には硬X線が利用可能なPhoton Factory (PF, つくば) が完成、共同利用を開始し、ここに極めて幅広い分野にわたる放射光利用がスタートしたと言えます。さらに1997

年には世界最大の放射光施設SPring-8（西播磨）が完成し共用が始まり、現在もNanoTerasuが仙台に建設中で、X線自由電子レーザーSACLA（西播磨）を含めると、我が国で稼働中の放射光施設は11を数えるまでに拡大しました。これらは、順に、1983年PF, 1984年UVSOR, 1997年SPring-8, 1997年PF Advanced Ring, 1997年HiSOR, 1999年立命館大SR, 2000年New Subaru, 2006年SagaLS, 2012年SACLA, 2013年あいちSR, 建設中のNanoTerasuの計11施設です。

現在、放射光は、物理学・化学・工学から地学・宇宙科学・農学・薬学・生命科学・生理学さらには歴史学・建築・美術・犯罪捜査に至るまで極めて広い学術・行政・産業分野で活用されており、基礎・応用研究の不可欠な道具として認識されるようになりました。放射光利用者は国内に何万人を数えます。先述の放射光学会会員数とその数10分の1に過ぎないことは、むしろ、放射光が放射光プロパーでない幅広い層の研究者に活用されていることを示すものでしょう。特に、最近の放射光の用途として注目すべきひとつは実用システム・デバイスの動作下での3次元イメージングなどが挙げられますが、このような先端放射光技術開発のおかげで、放射光利用はますます広い領域に拡大するものと期待します。個人的な観点では、やはりエネルギー問題と地球温暖化が解決すべき大きな社会問題だと思います。私が子供の頃は、科学技術の発展によってもたらされてしまった公害が大変大きな社会問題でしたが、当時の公害は我が国の科学技術によって概ね克服でき、美しい河川や清浄な大

気が戻ってきました。近い将来、エネルギー問題や地球温暖化を克服し、さらに調和のとれた安全安心社会を構築するため、放射光科学が貢献できることを期待する次第です。

さて、放射光科学が我が国において大きな発展を遂げてきたのは喜ばしい限りですが、現状でたくさん問題を抱えていることも事実です。そのひとつは多くの放射光施設の老朽化でしょう。PF, UVSORは1980年代、SPring-8, HiSORも1990年代に建設されたものであり、産業利用が中心のSagaLSやあいちSRが比較的最近に稼働を始めたことを考えると、特に学術研究目的の放射光施設の老朽化が大きな問題になってきたと言えます。次に、人材不足が挙げられます。これは我が国の少子高齢化が原因であることに疑いの余地はありませんが、放射光施設での光源やビームラインの建設に従事する技術職員数は全く十分とは言えず、また、ビームラインサイエンティストと称される研究職員も大学院博士課程進学率が低迷する現状を反映して十分な数が集まりにくくなっていると思います。物質材料科学や生命科学などを専攻する学生数に比べて、装置製作・施設建設に長期間を要し、なかなか論文が書けない放射光科学分野を専攻する学生さんはさらに減少傾向にあるような気もしてなりません。

分子研UVSORは40年にわたって我が国の紫外～軟X線領域の放射光科学を支えてきました。複数回のアップグレードにより、老朽化対策を施したのみならず高輝度化が実現されました。2機の高エネルギー分解・高角度分解紫外光電子分光は利用の競争率も高く

秀でた成果が量産され、最近導入された運動量光電子顕微鏡も角度分解紫外光電子分光の革新的発展として今後の幅広い展開と大きな成果が期待できるでしょう。一方で、UVSORに限らず低エネルギー放射光施設は高真空下での利用が一般的であり、硬X線利用と比べてどうしても利用者の専門知識と経験が高く要求され、利用される学術分野が高真空下の計測が普通である固体物理学分野等に限定される傾向があります。実際、UVSORでも角度分解紫外光電子分光等が主要エンドステーションとして活用されています。しかしながら、この10年間には、我が国初の軟X線透過顕微鏡が導入され、化学・生命科学・環境科学・宇宙科学・薬学・生理学・農学など極めて広い学術分野に研究が展開され、学術のみならず産

業応用にも大いに活躍しています。また、化学反応追跡等を目的としたオペランド計測（時間分解）軟X線吸収分光ビームラインも整備され、有機化学や生物化学への新規展開がますます期待できる状況です。

建設以来長い年月を経た我が国の放射光施設はそれぞれ次期計画をもっており、UVSORも何度か研究会を開催しながらその大綱と詳細を策定中です。ここでも広い学術分野、特に化学や生命科学分野へのデータサイエンスを含めた革新的展開が謳われており、放射光科学、特に低エネルギー放射光の今後の発展方向性ともよく合致していると思います。しかしながら、次期計画の実現はまだまだ将来構想段階とも思われ、当面は、現施設において新規導入分野の優れた成果を輩出し、そのご

利益を放射光科学分野外の多くの研究者さらには研究者以外の方々に広く認識してもらうことも重要と考えます。また、化学・生命科学等の分野への展開が十分実行できるよう、人材配置と人材育成も抜本的に検討する必要がありますように感じます。特に化学・生命科学等の分野に明るいビームラインサイエンティストや放射光関連データサイエンティストはそもそも既存人材が十分ではなく、率先した人材育成が不可欠と思えます。

末筆に、分子研UVSORにおける新たな低エネルギー放射光施設の建設、紫外～軟X線を利用する放射光科学の広い分野へのより深い浸透、さらにはこれによる学術・科学技術・産業応上の革新的成果を期待して、本稿としたいと思います。

## UVSORシンポジウム2022および第5回次期施設建設検討会

報告：光分子科学研究領域 解良 聡

表題の2つの研究会を11月26日ー27日に開催しました。定例のUVSORシンポジウム2020は、ハイブリッド開催により3年ぶりに対面での議論が実現しました。やはり講演時間外での些細な時間ではあっても、関係者間の談話はとても有意義で、こうした対面会議の重要性を改めて感じました。UVSOR利用者の皆様に最新の研究成果を公表していただくとともに、施設からはビームラインの開発状況や将来展望を紹介し、より有効にUVSORを運営・活用できるよう、施設と利用者間の意見交換の場を設けました。オンライン含めて参加者は60名弱、招待講演3件（平原氏：東工大、高谷氏：帝京科学大、上梶氏：JASRI）、口頭講

演10件、及びポスター28件が発表され、UVSOR利用者懇談会より、優秀学生発表賞が杉原弘基氏（大阪大学）および三田愛也氏（名古屋大学）の2名に授与されました。

UVSORでは、基本設備の老朽化を鑑みて今後10年程度以降の持続的な研究施設環境の構築を目指して、2019年から次期施設建設検討会を開催してきました。翌日午後に開催した第5回検討会では、UVSOR次期計画の進捗を紹介すると共に、建設中の次期放射光施設NanoTerasuおよび近隣のあいちシンクロトロン光センターの方々もお招きし、我が国の施設間連携を意識した情報交換を行いました。「NanoTerasuの現状」についてPhoSICの山根氏よ



り工事進捗や今後の予定をご紹介いただき、多くの新たな試みもあり、一個人としても非常に興味深く拝聴しました。次いで「あいちSRの現状」について岡島副所長、「あいちSRの将来計画」について國枝所長からご紹介いただきました。最後に総合討論として相互連携について、学術研究と民間利用の2つの視点で議論しました。あいちSRは設立から10年が過ぎ、社会的課題を踏

まえて今後の高度化展開が議論されており、設備開発においてUVSORで培ってきた経験が生かされる機会があれば御協力したいと存じます。また放射光の産業利用が我が国の特徴ですが、大学等と民間利用では施設への要望が顕著に異なり、オールジャパンとしての効果的運用に向けて、施設間連携の重要性を再認識いたしました。

UVSOR次期施設では、放射光に加えて小型レーザーをはじめとして広く長波長帯を網羅する先端光源を提供し、現行のUVSORの特徴である量子ビーム開発とその利用法の研究や分子機能・材料物性計測の展開を更に推し進めると共に、誰もが「光」を自在に活用で

きる先端計測科学支援環境を提供し、複雑系・不均一系の融合学理の開拓を目指します。先端計測としては、回折限界光の特徴を生かしたマルチビーム・マルチモーダル・時空間ダイナミクスの計測手法の開発により、非平衡現象や複雑物質系の光科学に挑むとともに、新しい量子ビーム源として放射光の時間構造に着目した研究を進めます。また長い歴史において未だ「光」を自在に活用できていない化学・バイオ分野ユーザー等への技術的な利用障壁を排除し、新鮮で斬新な視点による計測利用を開拓することが最大の課題です。光源制御と分光計測を専門家とする研究者と技術者集団による計測支援はも

ろんのこと、URAをはじめとした支援員の数的強化による抜本的な体制改善が必須であり、相談窓口から計測・解析支援までを一元化した協力研究環境を整備したいと考えています。

来年度は設立40周年です。今後は次期施設設備デザインレポートの策定、次世代を担う若手研究者へ向けた啓蒙活動、さらには技術者の確保へ向けた学生への広報なども検討しています。計画実現に向けては多くの困難課題が山積しますが、可能なことはすべからず検証し、一步一步進めていけたらと考えます。引き続き多方面からのご協力をお願いいたします。

## 文科省ナノテクノロジープラットフォーム

報告：物質分子科学研究領域 横山 利彦

平成24年度に始動した文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業は、大成功の事後評価を受けて令和3年度で完了した。ここではその実施概要を報告する。本事業は、ナノテク関連の最先端研究設備とその活用ノウハウを有する国内25機関が、緊密に連携してナノテク研究基盤（プラットフォーム）を構築することにより、産学官の多様な共用を促進し、利用者に問題解決への最短アプローチを提供するとともに、産学官連携や異分野融合の推進を目的とした。プラットフォームは、微細構造解析、微細加工、分子・物質合成の3つが構築され、分子研は分子・物質合成の代表機関と実施機関を務めた。利用者の成果が新しい利用者呼び、全国から多くの先端研究者が自ら集う先端ナノテク分子・物質合成拠点

を形成し、支援者と利用者双方の若手を育成できる環境を構築することを目指した事業を展開した。分子・物質合成プラットフォームの実施機関は、千歳科技大、東北大（平成24～29年度）、NIMS、JAIST、信州大、名大、名工大、分子研、阪大、NAIST及び九大であり、これらの機関が共同して業務を行った。

分子研は、代表機関としてプラットフォーム全体の運営に係わる業務を行う一方、実施機関として、機器センター利用を中心に、放射光利用、装置開発室利用、機能性分子システム創製プログラムを実施して研究支援を行った。10年間で実施された成果公開支援件数は分子・物質合成プラットフォーム総数5,675件のうち分子研実施が1,384件、成果公開支援日数は総数98,436日のうち分子研26,399日、論文発表

数は総数2,707報のうち分子研1,020報、学会発表数は総数7,620件のうち分子研2,559件を数え、研究支援は量的に大成功を収めたと言える。また、毎年6件程度選出される秀でた成果表彰は、分子・物質合成プラットフォームから19件（令和4年度分を加えると22件）あり、そのうち分子研実施支援から6件（同7件）の受賞があった。分子研支援の秀でた成果は、H26「内包フラーレン分子錯体ESR」（京大・筑波大、機器セ）、H27「危険ドラッグ合成」（科警研、櫻井G東林）、H28「神経変性疾患発症タンパク質ミスフォールディング」（慶応大、秋山G）、H29「合成カンナビノイド位置異性体識別」（石川県科捜研、櫻井G東林）、R02「スピロケタール網羅的短工程合成と結晶スポンジ法構造決定」（オーストリア

Graz大、藤田G)、R03「無機系キラル結晶キラル誘起スピン選択性」(大阪府大、東邦大、放送大、装置開発・山本G)、R04「六方晶 $Ba_2H_3X$  ( $X=Cl, Br, I$ ) のヒドリド導電特性」(京大、小林G)であった。質的な成果も大変優れていると評価された(いずれも題目は簡略化した)。

本事業は令和3年度からマテリアル先端リサーチインフラ事業(令和3年

～12年度)として発展的に継承され、共用に加えてデータベース構築とデータサイエンスへの展開が目的に加わった。分子研は「マテリアルの高度循環領域」スポーク機関と「横断技術領域(物質・材料合成プロセス)」責任機関として貢献することとなった。引き続き、利用者の方々の多くのご利用と支援者の方々の成果輩出への貢献を期待したく、よろしくお願い申し上げます。



## 受賞者の声

瀬川泰知准教授に宇部興産学術振興財団第62回学術奨励賞

伊澤誠一郎助教に2022年度分子科学研究奨励森野基金研究助成

米田勇祐助教に日本生物物理学会若手奨励賞

古池美彦助教にSPRUC 2022 Young Scientist Awardおよび日本生物物理学会若手奨励賞

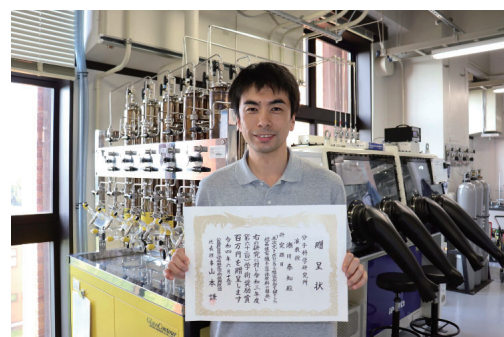
中村永研技術職員に第10回日本放射光学会功労報賞

## 瀬川泰知准教授に宇部興産学術振興財団第62回学術奨励賞

このたび、公益財団法人宇部興産学術振興財団(2022年8月よりUBE学術振興財団に改称)第62回学術奨励賞を受賞いたしました。本奨励賞は有機化学、無機化学、高分子化学、機械・計測制御・システム、電気・電子、医学を含む幅広い自然科学分野の優れた独創的研究をしている若手研究者に贈呈される歴史ある賞です。私が今回提案した研究課題である「3次元トポロジカル構造制御を鍵とした結晶性有機半導体材料の開発」は、3次元的な広がりをもつ有機分子の設計・合成をも

とに新たな有機半導体材料物質を開発することを目的としたものです。研究を進めていくうちにたくさんの方の困難にぶつかっていますが、このように将来性を評価して支援していただける機会は非常にありがたく、明日の研究の推進力となります。

最後になりますが、一緒に研究を進めている瀬川グループのメンバー、NMRや質量分析装置のサポートをいただいている機器センターのみなさま、量子化学計算でいつもお世話になって



いる計算科学研究センターにこの場を借りて感謝申し上げます。

(瀬川 泰知 記)