放射光利用プロジェクト研究所活動報告書

所　長　山口　克彦

〇研究目的

放射光利用プロジェクト研究所は、2024 年度に東北大学の青葉山キャンパスに設置された次世代放射光「ナノテラス」を有効に活用するために、2022 年度に組織された時限付きのプロジェクト研究所である。ナノテラスは強力な軟 X 線領域の光を放出することができる大型放射光施設であり、国内はもとより世界的に見ても最先端の機能を有していることから、工業製品から薬剤、生体試料まで、さまざまな材料の特性を明らかすることが可能とされている。福島大学はナノテラスへのアクセスもよいことから、地の利を生かした活用が期待されているところである。これまで放射光を使ったことのなかった学内研究者や院生・学生、県内企業の方にもナノテラスの利用を検討してもらい、本学を中心とした地域の研究者の研究力の向上につなげることを目的としている。

〇研究メンバー

＜研究代表者（研究所長）＞

山口 克彦（福島大学共生システム理工学類・教授）

＜研究分担者（プロジェクト研究員）＞

大橋 弘範（福島大学共生システム理工学類・准教授）

大越 正弘（福島大学地域未来デザインセンター・特任教授）

横尾 善之（福島大学共生システム理工学類・教授）

＜連携研究者（プロジェクト客員研究員）＞

矢内 誠人（福島県ハイテクプラザ職員）

小野 和広（福島県ハイテクプラザ職員）

杉原 輝俊（福島県ハイテクプラザ職員）

本研究所では、次世代放射光の利用を促す体制を作るために、学内研究者だけではなく、福島県ハイテクプラザの職員も連携研究者として位置づけ、福島大学や福島県内の企業における放射光活用に向けた取り組みを協力しながら進められる体制を取っている。

〇研究活動内容

1. 教育効果を考える上での学内作業手順の確認

ナノテラスでの利用では、福島県内利用希望者は福島大を基幹としてビームタイムを振り分けることを想定している。学生を含む学内利用者を想定した場合に、放射線業務従事者登録が必要かどうかなど、学内手続きのスキームに関する整理を前回までに行ったが、これを基に 2024 年度は、スキームに従った実際の登録作業ができるか検証を行った。

SPring-8 や SAGA-LS は、リング外のハッチがあるエリアが管理区域となっているが、ナノテラスの場合は、ハッチ内（硬Ｘ線）とＸ線が通る装置内（主に軟Ｘ線）が管理区域のため、ナノテラス本来の強みを生かす軟Ｘ線領域の測定では、放射線従事者登録が不要であることが確認された。

管理区域作業を行う XAFS の実験の場合は、学内手続きの後、使用責任者が参加者登録すること、同時に Nanoterasu での放射線業務従事者登録を行い本学放射線取扱主任者の許可の下で同所の教育訓練を行い登録となる。一連の作業は web 上のみで完結し、実験日には実験をするだけ、というシンプルなシステムであることがわかった。実際に 2024 年度はこのシステムで滞りなく学生を業務従事者登録できた。

2. NanoTerasu 等の放射光施設での測定実践

福島大学のコアリションによる割り当て時間は年間 20 時間であり、2.5 シフト相当（1 シフト=8 時間）である。当初は小数点以下シフトの測定も可能との観測もあったが、2024 年度の NanoTerasu のコアリション運用方針より、1 シフト単位での利用となっているため、NanoTerasu を有効に利用するためには、他の放射光施設での測定も含めた複数機関での測定を志向する必要があることが改めて確認された。

このことは既に研究所として想定されており、2024 年度はこの状況を踏まえて SPring-8 と SAGA-LS での測定を行った。ここでも、学生の放射線業務従事者登録の方法を確認し、滞りなく進めることができ測定を行うことができ

た。詳細は昨年度の報告書と重複する部分もあるため、紙幅の関係で省略する。

今年度は初めて NanoTarasu での測定を行うことができた。本研究所では、BL14U と BL08W ビームラインでの測定を行った。測定の様子などを図 1-2 に示す。共同利用施設で行うべき作業は多岐にわたる。例えば BL14U は軟 X 線ラインのため超高真空下での測定が必須となる。通常の真空下ではサンプルホルダーにサンプルを装着する場合は、カーボンテープ等を使用する場合も多い。しかし超高真空下ではガスが出ないようにする必要があり、カーボンテープは使用することが難しい。導電性を保ちつつ、かつ超高真空下で対応できる接着剤として、NanoTerasu では、2 液混和型ムロマック®ボンドを用いている。また、このマウント（試料作製）も含め今回の 1 シフト（8 時間）の測定であっても前準備に数日かかった。このような細かい部分については実際に測定してみないとわからないことであり、今後の県内の企業や大学との共同利用測定の際に必要な情報として本研究所で共有することができた。

一方、BL08W は汎用性の高い XAFS のビームラインであるため非常に混みあっており、予約を取ること自体が難しくなってきている。夜中も含めシフトがすべて埋まっていることも多々あることがわかった。ここでの検証事項は他機関との比較である。NanoTerasu は他の放射光施設より輝度などの点で良いとされているが、どのくらい良いのか、実際に測定してみる必要があった。そこで、Fe-K 吸収端と Cs-L_3 吸収端における他機関との比較を行った。ここでは、一例として、植物試料へセシウムイオンを吸着させたものの XANES スペクトルと EXAFS 振動をそれぞれ図 3 と図 4 に示す。測定のセッティングは若干違うが測定時間は近い値になるようにした。セシウム濃度は仕込みベースとなってしまうが、少なくとも SAGA-LS と比較しておよそ 10 倍以上スペクトルの質が良い（同程度のスペクトルが得られる濃度が 1/10）ことがわかった。吸収端にもよるが、より濃度の低い試料ほど NanoTerasu の長所が生き、短時間で測定が可能、ということがわかった。

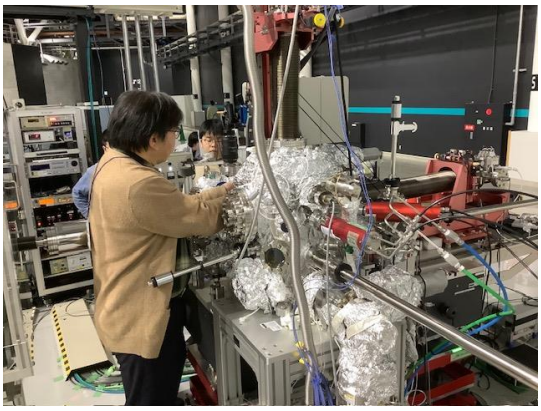

図 1. BL14U での測定の様子.

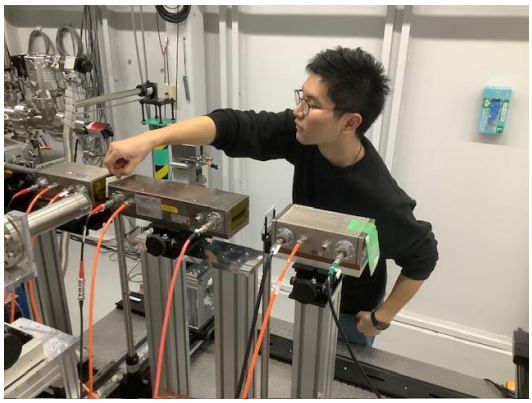

図 2. BL08W での測定の様子.

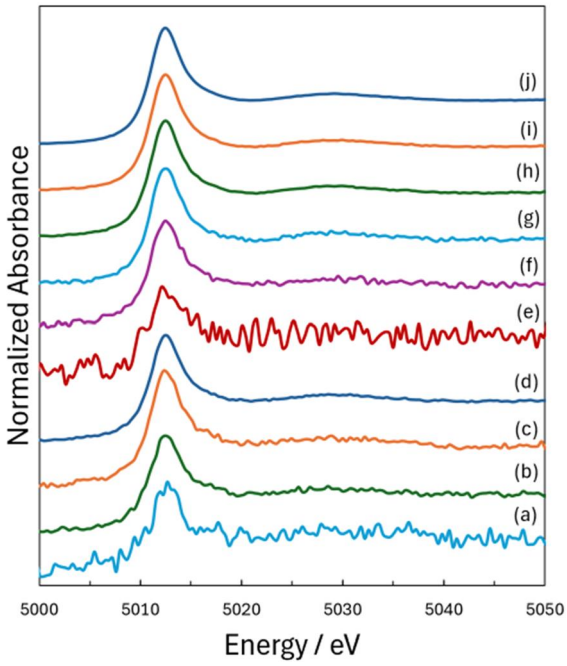

図 3. セシウムイオンを植物生体試料へ吸着させた試料の Cs-L_3 吸収端 XANES の比較. (a)～(d) SAGA-LS BL06, (e)～(j) NanoTerasu BL08W. (a) 0.1wt%, (b) 0.5wt%, (c) 1wt%, (d) 5wt%, (e) 0.01wt%, (f) 0.05wt%, (g) 0.1wt%, (h) 0.5wt%, (i) 1wt%, (j) 5wt%, 濃度はセシウム重量基準で仕込み値.

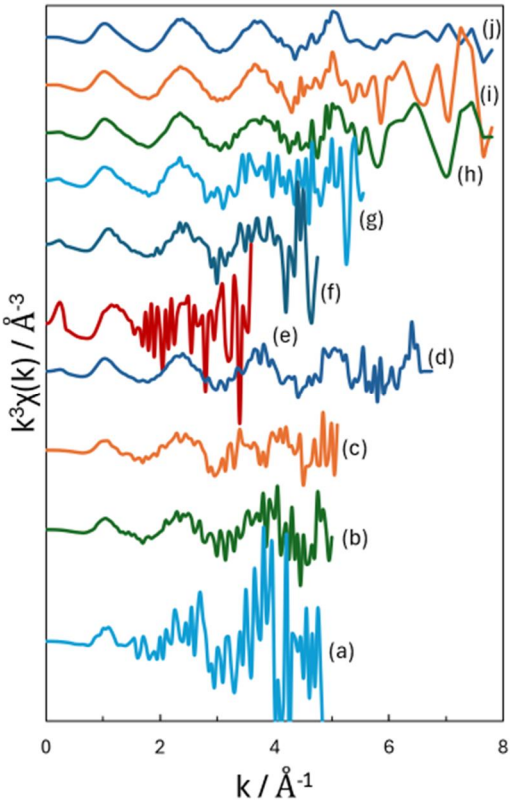

図 4. セシウムイオンを植物生体試料へ吸着させた試料の Cs-L_3 吸収端 EXAFS 振動の比較.

3. 学内外への情報発信

本研究所の成果として、いくつかの学会で発表を行った。日本分析化学会年会（名古屋）や環境放射能除染学会（いわき）での発表を行った。また同時に、所員の大橋は放射光利用も含めた高校生への研究補助などアウトリーチ活動も進めている。

本研究所の所員の大橋は、このような放射光の活動を含めた県内高校での理科教育の成果が認められて、環境放射能除染学会より連名で奨励賞を受賞した。2024 年 9 月の同学会での受賞講演では、福島県における放射光利用教育も含めたこれまでの研究について講演を行った。

上記内容も含めて 2024 年度は本研究所関連で 3 件の記者発表を行い、3 件の新聞報道がなされた。

また、河合塾が運営するインターネットの学問・大学選び支援サイト『みらいぶっく 学問・大学なび』より、本研究所および所員の大橋への記事寄稿依頼があり、2024 年度に掲載された。記事掲載は、福島大学としてはおそらく初めてであり、高校生へ向けたアウトリーチ活動としては非常に有益であったと考えている。

4. まとめ

上述したように本研究所では、2024 年度に運用が開始された次世代放射光「ナノテラス」を本学関係者が確実に有効利用できるように準備を整え、研究力の向上につながることを目指している。

これまでの本研究所による福島県内団体の利用促進に向けた活動によって、ナノテラスは県内でも広く認知されるようになってきた。また、今年度は本プロジェクト研究所の研究員による本格的な共同研究として、河川のコロイドレベルの浮遊土砂の測定を既存の放射光利用施設とナノテラスで達成した。このような学際的かつ革新的研究の発信ができる素地が固まったと言える。また、特許が絡む可能性のある案件について福島県ハイテクプラザとの合同での測定も試行している。

2024 年度までに行った広報活動・試験的研究活動を踏まえて、2025 年度はより県内団体による利用や研究成果の発信を目指して活動を続ける予定である。

【プレスリリース】

1) 2024 年 4 月 10 日記者会見 山口克彦「次世代放射光施設 NanoTerasu(ナノテラス) 利用開始について」
2) 2024 年 4 月 10 日記者会見 大橋弘範「共生システム理工学類 大橋弘範准教授が 2023 年度日本化学会『化学教育有功賞』を受賞」
3) 2024 年 10 月 9 日記者会見 大橋弘範「共生システム理工学類 大橋弘範准教授が 2024 年度 環境放射能除染学会『奨励賞』を受賞」

【新聞報道】

1) 福島民報新聞 2024 年 4 月 11 日朝刊 2 面 『日本化学会の化学教育有功賞 福島大初 大橋准教授が受賞』
2) 福島民友新聞 2024 年 4 月 16 日朝刊 4 面 『大橋准教授（福島大）教育有功賞 県勢 12 年ぶり「化学で復興後押し」』
3) 福島民報新聞 2024 年 10 月 10 日朝刊 12 面 『各研究で評価 福島大 2 氏奨励賞』

【学会発表】

1) 大橋弘範，横尾義之，山口克彦，阿武隈川の浮遊土砂のXAFS分析， 第60回X線分析討論会にて口頭発表（2024年11月1日 高知県高知市高知城ホール）