サロン

スイス連邦工科大学ポール・シェラー研究所留学記

Visiting Research Fellow at ETH, Paul Scherrer Institute

後藤 優樹

Masaki GOTO

2014年4月より1年間、筆者はスイス連邦のアルガウ州フリゲンにあるスイス連邦工科大学(ETH) 付属のポール・シェラー研究所(PSI)に客員研究員として留学した。PSIはシンクロトロン源、中性子源およびミュオン源を用いた大型放射光施設であり、筆者は中性子源を用いて高圧中性子散乱実験を行う機会を得た。

1. ETH と PSI

2校のスイス連邦工科大学(ETHZ:チューリッヒ校, EPFL:ローザンヌ校)および4つの連邦研究機関(PSI:ポール・シェラー研究所, WSL:森林・雪・景観研究所, Empa:材料試験研究所, Eawag:水質研究所)はETHドメインを構成し、スイス政府直属の教育・研究機関となっている。PSIはETH出身のスイス人物理学者ポール・シェラーの功績を記念して1988年に設立されたスイス最大の研究センターである。ここは自然科学および工学を対象にした多学問領域研究所であり、固体物理学、材料科学、素粒子物理学、生命科学、原子力・非原子力エネルギー科学そしてエコロジー科学等の研究が盛んに行われている。放射光施設としては、同種の中性子源では世界で初めて建設されたSwiss Spallation Neutron Source (SINQ), 2.4 GeV電子蓄積リング(288 m)を有するシンクロトロン源Swiss Light Source (SLS)そして世界最高強度(590 MeV)を誇るミュオン源Swiss Muon Source (SμS)から構成されている。現在は原子や分子構造の極めて短時間の変化を検出可能なX線自由電子レーザー施設(SwissFEL)が建設中であり、

2016年より運用が開始される予定である。さらに、SμSから出力される陽子を用いたがん治療施設も有しており、PSIは基礎研究から応用研究まで幅広く行うことができる世界でも数少ない研究所となっている。

2. PSI での研究内容

筆者はこれまで2本の炭化水素(アシル)鎖長が異なる非対称型リン脂質や二重鎖陽イオン性界面活性剤が形成する二重膜の高圧相挙動を明らかにしてきた。特にリン脂質のアシル鎖部分が相互貫入することにより形成する非二重膜構造である指組み構造に注目し、指組み構造形成の最小圧力とアシル鎖構造の関連性を明らかにして指組み構造化の機構に関する仮説を提唱した。しかしながら、これら熱力学的研究では微視的そして直接的な(相)構造に関する情報は得難いという弱点がある。この弱点を補うため筆者はPSIの中性子散乱研究室のチームリーダーJoachim Kohlbrecher先生(Fig. 1)に留学を申込み、スイスでの研究生生活を開始することとなった。

PSIでは主にSINQにおいて、高圧中性子散乱実験を行った。SINQには中性子源を用いる様々な測定機器があるが、中性子散乱実験が行えるのはSANS-I (40 m)およびSANS-II (12 m)である。中性子ビームの光路に様々な形状のセルをセットして固体や流体の中性子回折を得ることができる。Joachim先生の研究室では早くから高圧力研究に着目して高圧力下で溶液を測定可能なセルキット(Fig. 2)を有しており、筆者はそれを実験に使わ

〒770-8506 徳島市南常三島町2-1 徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部 ライフシステム部門
Department of Life System, Institute of Technology and Science, Tokushima University, 2-1 Minamijosanjima-cho,
Tokushima 770-8506
Electronic address: goto@tokushima-u.ac.jp

Fig. 1. (Color online) Dr. Joachim Kohlbrecher and laboratory members.

Fig. 2. (Color online) SANS instruments under high pressure.

せて頂いた。Fig. 2にあるような直径1.5 cm程のインナーセルに試料を注入し、これをセル内にセットする所から実験は始まる。SANS-Iの所定の位置にセルを固定し、PCでの自動制御可能な高圧ポンプおよび恒温槽を接続して高圧中性子散乱実験が可能となる。実験可能な圧力範囲および温度範囲は0.1~500 MPaおよび5~90°Cで、測定条件にもよるが一つのサンプルをおおよそ一晩から一日かけて測定を行うことができる。得られた中性子プロファイルはソフトウェア BerSANS でデータ整理を行い、Joachim 先生が作成したソフトウェア SASfit でフィッティングを行い、解析する。

しかし、SINQ では中性子源をそれぞれの測定機器に割り当ててるのでいつでも中性子散乱実験が行えるわけではない。ユーザーの予約状況に依存するが、1~2 ヶ月に1度ビームタイムが割り当てられる。

Fig. 3. (Color online) Light scattering instruments under high pressure.

ビームタイムの割り当てがないときは Fig. 3 に示すような He-Ne レーザーを用いる高圧光散乱実験を行った。この機器のインナーセル、セル、高圧ポンプおよび恒温槽は高圧中性子散乱実験で用いるものと同様である。従って、高圧中性子散乱実験と光散乱実験を同時に行うことができる世界でも珍しい装置で、ソフトマターの回折プロファイルの詳細な解析が可能となる。筆者はこの装置を用いてリン脂質二重膜に対して等温昇圧実験を行い、指組み構造化時に一時的にベシクル粒径が増大するデータを得た。詳細は割愛するが、このデータにより我々が提唱する圧力誘起指組み構造化機構の仮説を裏付けることができた。

3. おわりに

スイスは自然に恵まれ、特に登山列車から見える風景はこの世の物とは思えない美しさである。スイスは九州ほどの大きさしかないため、鉄道で国中を日帰りで旅行することができる。筆者はスイス国内外を東西南北と旅行し、遙か彼方まで続く雄大な景色を目前にしてあれこれと物思いにふけるのを好んだ。大きく高くそびえる山々とスイス人が作り出す緻密なデザインを見かけるたびに、マクロとミクロの融合美を感じた。熱力学研究により得られる温度-圧力相図等の巨視的研究とそれに基づく微視的な散乱研究の組み合わせはまさに融合美であり、これにより二重膜会合体の物性を綿密に調査できることを本留学により学ぶことができた。このような貴重な機会を設けて頂いた徳島大学および PSI に感謝すると共に、今後は一層の研究の発展に努めたい。