

バルセロナ自治大学での長期海外滞在を終えて
物理学専攻 小森研究室 博士課程2年 高橋文雄

2015/12/07-2016/02/29 の日程で、バルセロナ自治大学内の研究施設 Catalan Institute of Nanoscience and Nanotechnology (ICN2)の Aitor Mugarza 教授のグループに滞在し、実験および研究を行った。Mugarza 研究室では、大学に隣接する第3世代放射光施設 ALBA を活用した X 線磁気円二色性(XMCD)や角度分解光電子分光 (ARPES) といったマクロスケールの手法と、走査トンネル電子顕微鏡 (STM) というミクロスケールの手法を組み合わせ、ナノスケール物性を多角的・相補的に研究しており、自らの博士課程での研究方針にとっても近くまた先進的な研究室であることから、今回滞在をお願いし快諾して頂いた。

1. バルセロナの文化と生活

バルセロナはスペインの中でも北部、フランスとの国境近くに位置しており、マドリードと並ぶスペインの主要都市である。海沿いの街であるため年間を通して湿度が高いのが特徴で、夏場は気温が 40 度に達する日もあるが、冬場の気温は東京に比べ 5~10 度も高いため滞在期間中は快適に過ごすことができた。観光地としても有名なバルセロナには、サグラダファミリアやグエル公園に代表される建築家ガウディの残した建造物や、美術館、博物館、音楽堂といった歴史ある建物が多く残されており、路地を一つ入れば古き良き時代を感じることができる。その食文化は他のヨーロッパ諸国に比べ日本人に優しく、海が近いので海産物も新鮮なものが手に入る。特にカタルーニャにあるボケリア (サン・ジュゼップ市場) には、肉・魚を始めとしてフルーツ、チーズ、ワインなどバルセロナの全ての食材が集まっており、その活気ある雰囲気と共に食事を楽しむには最適な場所である。基本的に現地の方は英語を話せないため、中心部に行かない限り、物の購入あるいは注文の際などは最低限のスペイン語が必要である。スペイン語自体は文法・単語共に英語に良く似ており、発音も字面通りローマ字読みをすればしっかりと伝わる言語であるため、日本人が習得するにはおすすめの言語である。



サグラダファミリア



グエル公園



ボケリア

2. 研究内容および成果

今回の滞在では、Mugarza 研究室が合成のノウハウに長け、単層グラフィンには現れない大きなバンドギャップと原子レベルで精密な構造がボトムアップ的に作製可能なグラフィンナノリボ

ン(GNR)を、自らの博士課程のテーマである単原子層の強磁性体鉄窒化物・絶縁体銅窒化物($\text{Fe}_2\text{N}\cdot\text{Cu}_2\text{N}$)の上に作製することが目的であった。基板の性質の違いによる GNR の構造・電子状態の違い、さらにはエッジでスピン偏極が予想されるジグザグ型 GNR の選択的成長やバンドギャップ幅のコントロールを目指し、合成および実験を繰り返し行った。

前提として、GNR 合成のためには前駆物質である分子に対して (1) 脱ハロゲン化・ポリマー化 (2) 脱水素化という 2 つのプロセスが必要である。一般的にはアニール温度の上昇と共に (1) → (2) という順番で反応が起き、一例として Au(111)基板上ではそれぞれの反応温度は 200°C、400°C 付近であることが知られている。この温度領域は分子の基板との結合の強さや反応性に強く依存するため、まず初めに Fe_2N や Cu_2N を成長させる基板である Cu(001)清浄表面上への分子蒸着を試みた。

Cu(001)上ではその反応性の高さゆえ室温蒸着で (1) の過程が既に起こり、その後アニールを続けると分子が壊れる、あるいは脱離してしまい GNR/Cu(001)を成長させることはできなかった。また Cu(001)上の Fe_2N や Cu_2N に分子を室温蒸着すると、 Fe_2N や Cu_2N 上に吸着した分子は加熱と共にすぐに脱離してしまい、(1) の過程が起こることはなかった。その他 Cu(111)、Au(111)上の $\text{Fe}_2\text{N}\cdot\text{Cu}_2\text{N}$ に対しても GNR の合成を試みたが、分子の反応性の違いから作製には至らなかった。

しかしながら、滞在の最後に今までどの基板上でも GNR の作製例のない分子を用いて Cu(111)基板上に GNR を作製することができ、当初の目的とは少し異なるが全く新しい成長に成功した。今後 Mugarza 研のポスドクの方が引き続きスペインで実験を行い、随時連絡を取り合いながら研究を継続・成果を発表する予定である。

3. 研究スタイルの違い

スペイン人はシエスタと呼ばれる昼寝を取るイメージがあると思うが、一部積極的に導入している企業などを除き、現代ではその習慣はほとんど廃れてしまった。多くの欧米人研究者と同様に朝方の出勤スタイルであり、夜は早めに帰り土日はしっかり休む。家族との時間やプライベートも大切にしながら成果を出し続けるそのスタイルは、理想であり見習うべきところが多い。実験に関していえば、装置の数に対してメンバーの数が多いため、通常実験が始まると 2~4 週間は実験室に張り付き、他の時間は解析にあてるというサイクルは多くの STM の研究室で共通であると思う。日本との大きな違いは教授や助教、ポスドク、学生といった立場である以前に、人々の間には「友人」という意識が強いことであろう。それは議論の際も同じであり、ただただ実力を頼りに相手を説得できるか自分が説得されるかという戦いになることが多く、それはもはや”discussion”というより”dispute”と呼ぶべきものであった。サイエンスにおいても不必要に遠慮がちになってしまう日本人にとっては、毎回教授と真正面からぶつかり忌憚なく意見を言える機会は新鮮であったし、この姿勢は日本においても貫きたいと思ったことの 1 つである。また最も印象的であった言葉は、”As a scientist, to be independent, but not isolated.”というものである。これは筆者が外国人のポスドクや学生に感じた、日本人研究者よりも若くして自立している研究者が多い、という印象にも合致していた。最後の”not isolated”というフレーズは、周りの意見もちゃんと取り入れるべし、といった意味で使われているが、筆者にはむしろ自立性が足りていないと痛感させられた

ので、博士課程の最後の 1 年は次のステップのためにも自立した研究者になる努力をしたい。

4. 謝辞

今回の滞在に関しては、受け入れを快諾して下さった Mugarza 教授、終始面倒を見て頂いた Dr. Moreno を始めとする研究室のメンバーの方々、派遣を推奨して頂いた指導教官である小森教授 および受け入れ先を紹介して下さった宮町助教、そして MERIT からの多大なるサポートに感謝申し上げます。



研究室のメンバーと共に