

固体表面の研究に魅了されて



岡田 美智雄*

1. はじめに

私が大阪大学大学院理学研究科化学専攻の助手に着任して、早くも一年あまりが経過しました。初めての大阪での生活に戸惑いながら一年余りが足早に過ぎ去ったというのが本当でしょう。これを機会に今までの研究生活を振り返り、これからの研究をどのように進めてゆくのかを整理し個人的なお話で恐縮ですが紹介させていただきたいと思います。

2. 学生時代

私は卒業研究を東京大学理学部化学科物理化学第三講座で行いました。そこでは朽津耕三教授(現城西大学教授)のもとで、高励起原子ビームと分子クラスタービームの衝突による負イオンクラスター生成過程の研究を行いました。高励起原子内の低速電子をクラスターに付着させ負イオンを生成するという内容でした。実際に負イオンクラスターが飛行時間型エネルギー分析スペクトル上に現れた時には感動したものでした。卒業研究は半年間と大阪大学に比べて短い期間でしたが、装置づくりの基本を学び研究の一端に触れる事ができ有意義に過ごせました。この頃から、私の興味は固体と孤立原子・分子の中間の性質をもつクラスターや固体表面へと向いてゆきました。

大学院では、東京大学物性研究所村田好正教授(現電気通信大学教授)のもとで金属単結晶表面の研究を始めました。固体表面ではバルクの対称性が破れており、興味深い物理・化学が期待されますので私にとって魅力的な研究対象でした。大学院を研究所に選んだ最大の理由は、多くの高価な実験装置があり研究環境が整っている事でした。最初の見学会の時、学部では見た事もない装置がたくさん並んでいた事に驚き大学院は物性研究所に決めていました。研究環境の良さは、例えば、研究者工作室が24時間利用できる事や液体窒素・液体ヘリウムが容易に手に入る事などが挙げられます。この研究室では徹底的に装置づくりを学びました。最初の数ヶ月間は研究者工作室に入り浸り材質に応じた加工法を学び実際に自分で様々の部品を作れるまでになりました。熱中するあまり夜を徹して図面を描いたり、旋盤・フライス盤を廻して部品作りをする事もしばしばありました。驚いた事に、この研究所では真夜中研究者工作室に行っても必ず誰かに会いました。ここでは、自分で作製した装置を使って実験し新しい物理・化学を議論する喜びを知りました。

修士課程では、当時興味をもっていた金属表面上のアルカリ金属原子吸着系について、低速電子回折法等を用いて研究を行いました。アルカリ金属原子吸着系は最も単純な化学吸着系の一つであり、化学吸着に関する物理・化学の基礎概念をテストする上で重要です。また、アルカリ金属原子がもたらす表面構造は規則的で美しく魅力的でした。この研究では金や銀の単結晶表面上でアルカリ金属原子の吸着にともない原子列欠損型再構成が起こる事を見出しました。原子列欠損型再構成は、下地表面(ここでは銀や金)の原子列が例えば1列おきになくなるような表面構造変化です。弱い化学吸着状態をと

*Michio OKADA
1965年7月6日生
1993年東京大学大学院理学系研究科化学専攻修了
現在、大阪大学大学院理学研究科化学専攻、助手、博士(理学)、表面物性
TEL 06-850-5401
FAX 06-850-5403
E-Mail okada@chem.sci.osaka-u.ac.jp



るアルカリ金属原子が下地表面の原子を動かす現象には驚きました。アルカリ金属原子が金・銀表面に規則正しく溝を掘るこの現象は、畑を耕やす事に似ており何とも不思議な表面特有の現象でした。この発見を機にますます表面物理・化学の世界に魅せられてゆきました。

博士課程では、異なった点から金属表面を眺めてみたいと考え、金属表面上で起こる動的過程に興味を持つようになりました。100 eV以下のエネルギーをもつ超低速イオンビームと金属表面の相互作用について研究を行いました。超低速領域のイオンビームは、通常の熱温度では進行しない化学反応を誘起する可能性がありイオンビームによる表面化学反応を利用した表面微細加工の素過程を解明する上で有用であると考えられます。低速のイオンが金属表面に近づいた場合、オージェ中性化過程や共鳴中性化過程により、電子が表面からイオンの方に遷移するため、ほとんどのイオンが中性粒子になり散乱されてしまいます。この研究では、それらの表面近傍で繰り広げられる電子移動過程について明らかにしました。また、入射する低速イオンのエネルギーは表面原子間の結合エネルギーよりも大きいためエネルギー移動により表面から構成原子が放出するいわゆるスパッタリング現象が起こります。そこで、低速領域のスパッタリングで原子がイオンとして飛び出して来る事を見出し、その放出ならびに電子移動の機構について明らかにしました。中性化確率の高い低速領域でスパッタされた粒子がイオンとして観測される事には驚かされました。

以上、驚きの連続でありました大学院の研究生活では、超高真空装置を中心とする装置づくりを身につけ、また、研究テーマを自分で見出す力を身につける事ができたのが大きな成果であったような気がします。

3. ポスドク時代

大学院博士課程修了後、半年間日本学術振興会特別研究員として物性研究所で研究を続けたあとポスドクとして渡米し新しい研究を始めました。米国での生活は、研究以外の面で思ったよりも大変でした。山のように積まれた様々の

事務書類を処理するだけで一日が過ぎてゆく日もありました。英語力不足のために買い物等で困ることもしばしばで、時には店員との交渉等で失敗する事もありました。研究以前に生活する事自体がとても大変であると痛感しました。研究上での英会話には、しばらくすると慣れましたが、町の中での英会話では妻の方が早く上達したような気がします。

米国では、テネシー大学ノックスビル校とオークリッジ国立研究所に籍を置きました。オークリッジ国立研究所は、第2次世界大戦中原子爆弾に用いられたウランを精製した場所でその原子炉は今なお臨界点に達した時のログブックとともに博物館として残っています。広島出身の私は戦後50年という事もあり複雑な気持ちになりました。オークリッジ国立研究所では様々な危険と隣合わせであるためか安全訓練ならびに安全知識の確認には特に厳しく、半日講義を聞いた後、試験され9割以上正解しないと研究所で働く事が許可されないというものでした。ほとんどの聴講者がネイティブの米国人のためその講義についてゆくのは至難の業でした。いずれにせよ、私の英語力は不足していたようです。

研究は金属表面と水素の相互作用について行いました。研究内容ならびに実験手法は大学院時代とは大きく異なっていましたので一から勉強し直さなければなりませんでした。最初の数ヶ月は学生と一緒に表面に吸着した水素の絶対量を原子核反応を用いて測定しました。水素原子には電子が1個しかないため電子分光法により定量する事は不可能ですので原子核反応を用いました。加速器の運転にも習熟でき良い経験となりました。所属したグループでは、自分のテーマは自分で考え、それについて一時間程度のプレゼンテーションを行いマシントイムを決める事になっており認められなければ何もできませんでした。私の提案したテーマは、モリブデン-レニウムランダム合金表面上への水素吸着系の物理を種々の高分解能電子分光法を用いて明らかにするというものでした。特に表面フォノンの異常分散とフェルミ面の形状の関係を明らかにする事に力点を置きました。この合金は格子ひずみがないためレニウムの含有量を変化さ

せる事によりその電子状態のみを変化できる点で興味深い系です。一つの系を様々の測定法で総合的に評価できる点で、この研究所は優れていると思います。

紫外光電子分光はニューヨーク州ロングアイランドにあるブルックヘブン国立研究所で行いました。ブルックヘブンまでは妻と二人で片道1,200 kmを車で旅しましたがアメリカらしい広大な風景や町並が見られ長旅の割にとっても楽しいものでした。ブルックヘブンはマンハッタンから車で1時間半程のところにありますが、のんびりとした田舎で研究所内で夕方になると鹿の群れを見つける事ができます。車で一走りすれば美しいビーチの広がるリゾート地があります。シンクロトロン施設では一人で実験を行ったわけですが他のビームラインの人達とも仲良くなり有意義でした。シンクロトロンで1ヶ月間一人で実験するのは非常に忍耐の必要な事で実験を終えた時には研究者としての自信がついていましたが体重は10 kg減っていました。

米国での二年程にわたるポスドク生活で研究者として不可欠なものを数多く学びました。特にプレゼンテーションのやり方や論文の書き方は徹底してトレーニングされました。また、多くの優れた研究者の研究に対する哲学やその研究姿勢に触れる事ができたのは、今後自分自身の研究姿勢を考えてゆく上で宝物となるような気がします。

これは全くの余談ですが米国で車通勤中に突然、燃料系が破れて爆発してしまった事には驚きました。何台もの消防車やパトカーがやって来て消火にあたってくれました。車は見るとも無惨になりましたが怪我一つなかったのは幸いです。今でも思い出すとゾッとします。

4. 大阪大学での研究生活と今後

大阪大学では大学院理学研究科の笠井俊夫教授のもとで助手として新しい研究を行う事になりました。この研究室は私にとって五つ目の所属研究室となります。前章までに述べてきましたように様々な研究室を体験したわけですが、それぞれが個性あふれる研究室で良い点、悪い点をもっていると思います。多くの研究室を体

験した事は、幅広い分野の知識を得る事ができる点と多くの研究者の考え方ならびに研究姿勢に深く触れる事ができる点で良かったと思います。以前に比較して幅広い視野に立ち物事を眺められるようになったと思います。

笠井研究室では、分子の向きを量子レベルで制御する配向分子線技術を確立しており私はその配向分子線を用いて表面化学反応の素過程を立体化学的に解明する研究を行うために、この研究室に着任しました。従来このタイプの研究は表面物性研究室と分子線研究室が共同で行う事が多かったようです。しかし、研究室間の考え方や研究費の面での違いからうまくいかない事が多いようです。このタイプの研究の様々な困難な面を覚悟でひとつの研究室内で行えば成功するだろうという笠井教授の考えに強い印象を受けこの研究室に着任しました。分子線と表面の相互作用に関する研究は国内では例が少なく諸外国に比べて大きく遅れている分野です。一研究室内での表面研究者と分子線研究者の協調がうまくゆけば大きな成果が得られる事は間違いないでしょう。私自身分子線による表面反応の研究は初めての経験で新しく勉強しなければならぬ点が多々あります。しかし今までの経験を生かして何とか成就したいものです。

助手に着任して新しく学生実験を担当する機会を与えられました。自分自身の学生時代の物理化学実験を振り返ると感動する事が多かったような気がします。例えば、気体の電子回折で四塩化炭素からのハロー状の回折パターンの解析から原子間結合距離が3桁以上の精度で求まる事には驚いたものです。そのような感動を与えるように指導できればと思うのですが一年目は初めての事もあり、なかなかうまくゆきませんでした。2年目以降、努力してゆきたいと思っています。

5. おわりに

以上、全く取り留めのない文章になってしまいましたが、私自身について少しばかり紹介させていただきました。

最後に本誌への投稿を勧めて下さった大野健教授に感謝いたします。