

## ミシガンの想いで

(東海大学原子力工学科) 阪元 重康

少し古い話で恐縮ですが、1988年から1989年に掛けて、5ヶ月の短期間ではありませんが、ミシガン大学に滞在する機会を得ましたので、その時の印象などを述べさせていただきます。

筆者が、所属する大学で放射線計測のテキストとして、G. F. Knoll 著の "Radiation Detection and Measurement" (邦訳: 放射線計測ハンドブック) を使用していた縁で、ミシガン大学 (U of M) で研究休暇を過ごすことになりました。

U of M は 1817年に創立され、1837年に現在の Ann Arbor に移転した伝統ある大学で、The University of Michigan と THE を付けて呼ばれています。同大学の Nuclear Eng. 課程は米国で最も早く設立され、我国からも多くの方が留学し、原子力開発の初期から活躍されたことは知る方も多いかと存じます。

### アナーバーへ

デトロイト郊外の空港に着くと、Knoll 教授が迎えに来てくれており、そのまま、Ann Arbor に向かいました。「宿舎に行く前に、大学のキャンパスを案内しよう」ということで、セントラル・キャンパスに向かいました。ハイウエーを出て暫くし、少し家なみが続く道に入ったと思った時、いきなり目の前の建物を指して、ここがA学部の建物で、と言われ一瞬驚きました。そこには、民家や商店とキャンパスを隔てる何ものもなく、それらが混在しているので、我国の大学キャンパスのイメージとは非常に異なっていました。そのことは、後日自分の足でキャンパス、いや町の中を歩いてみて一層良く分かるのですが。

### U of M の一員に

到着した翌日 Nuclear Eng. の中心である Cooley Building に行き、Knoll 教授の案内で、2 MWのスィミングプール型原子炉 (Ford Nuclear Reactor) のある Phoenix Memorial Laboratory、タンデム型加速器、14 MeV 中性子発生装置などのある Naval Architecture and Marine Engineering Building の地下にある Nuclear Eng. 関連の施設を見学しました。

Phoenix Lab. では、一通り見学を終えると、アシスタントの女性が私を工作室の片

隔に連れて行き、ポラロイド写真をとり、その場で外来研究員のIDカードを作成してくれ、出入口の電子ロックの番号を書いたメモを渡してくれました。数日後 Nucl. Eng. Dep. のセクレタリーがサインした書類を持ち、大学の Key Office に行くとき Cooley Building のバックヤードと実験室のドアの鍵を渡してくれました。これで大学のスタッフと同様、いつでも自由に研究室や実験室に出入りすることが出来ることになりました。なお全ての鍵には、複製が禁止されている旨の刻印がされていました。

### 管理区域への出入り

ここで、Phoenix Lab. の管理について少し説明させていただきます。Lab. の入口は、正面玄関、ビルの横、Cooley Building からの地下通路の3つがあり、横の出入口は電子ロックの番号を知っていれば、深夜であれ、クリスマス休暇中であれ、自由に出入りすることが出来ます。Lab. 内では、IDカードを着用していないと、university police により逮捕される事もあるとのこと。電子ロックの番号は、定期的に変更され、その時点で出入りが許可されているメンバーにのみ知らされます。私の滞在中にも番号の変更があり、数日後誤って古い番号を入力したところ、それを見ていた人に不審を抱かれ、Lab. の事務室に連れていかれるというハプニングがありました。

Reactor room への立ち入りは一層厳しく、磁気カードと個人別暗証番号が用いられています。私が磁気カードを手にしたのは10日程後で、その間は、supervisor を呼んではドアを開けてもらい、入室しなければなりません。磁気カードが出来ると、supervisor が炉室に入る際の、注意事項を説明してくれました。要点は、カードを紛失するな、紛失したら直ちに連絡せよ。例えスタッフにでも他人に暗証番号を知られるな。見知らぬ人が背後にいたらドアを開けるな。親切心でもドアを開けてやったり、他人を同伴して入るな。万一”hold up”されたら抵抗せずに、ドアを開けよ、ただし、”緊急時の番号で”ということでした。

このような厳重な入室者の管理に比べ、放射線管理と実験上の制約は極めて緩く、ホット・ラボや原子炉のプールサイドを含めて、日常の作業では、我国のような管理区域専用の作業衣や靴は使用しておりません。炉心内照射の準備等では、プールの中手に手を漬けて作業をする人もあり驚きましたが、逆になぜそれを心配するのか、と問い返されました。いわく、プールの水は常に浄化しているので放射能濃度は十分に低い、手を入れて危険なのは管理が悪い証拠であると。

原子炉での照射や実験の手続きは、国内の共同利用施設で、多くの書類と印判の列に馴されている筆者にとって、気の抜けた感じすらしました。検出器の較正用金属箔の照射などは直接制御室に行き、試料の種類と重量、照射希望時間などをオペレーターに告げ、ログ・ブックに記入してもらうだけで、その場で気送管に入れて照射する

ことが出来ます。50 Ci 近い $\gamma$ 線源を作るための炉心内長期照射でも、1枚の申請書と supervisor のサインでOKです。

ホット・ラボの使用に關しての制約も少なく、 $^{238}\text{U}$ の捕獲断面積を測定していた博士過程の学生は、200g 以上の金属ウラン箔を、酸で溶かして $^{239}\text{Np}$ を分離し測定する実験を行なっております。

### 断面積測定に挑戦

筆者が滞在中に行なった研究は、23keV および 967keV の光中性子源を用いた、金の捕獲断面積測定で、実験は Phoenix Lab. の Cross-Section Measurement Facility で行ないました。この施設は、重コンクリートで遮蔽された  $5.8 \times 5.2 \times 3.3\text{m}^3$  の部屋で、散乱中性子の影響を軽減するために、5cm の無水硼酸が内張りしてあり、中には中性子源強度校正用の直径 1m のマンガンバス、線源取り扱い用真空式マニピュレータ、線源/照射リグの移動装置が設置されており、50 Ci までの $\gamma$ -n 中性子源を取り扱う事が出来ます。原子炉で照射した $\gamma$ 線源は、pool から canal を経て hot cave に取り出し、鉛キャスクに入れて facility まで運びます。わずか 15m 程度の距離とはいえ、表面線量率が部分的に 500mR/h を超えるキャスクを手で押して移動させるのは、気持ち良いものではありません。キャスクから線源を照射リグなどに移すには、キャスクの後部から、ロッドにより線源を入れた引き出しを照射室内に押し出し、真空式マニピュレータで、取り出す方法を用いています。この操作は、ダミー線源で事前に何回も予行演習を行なっておかないと、安心出来ない代物です。球形の線源にカップ状のゴムが付いたマニピュレータの先端を当て、真空ポンプのスイッチを入れ真空ゲージを睨みながら、頃合を見計らってアームを操作し、線源を取り出し移動するのですが、線源とゴムカップの密着が悪いと線源が途中で落下し、万一床面に落ちた場合には、マニピュレータの構造上、再び拾い上げることは不可能です。操作はテレビカメラで監視しながら行なうのですが、このモニターが曲者で、なにしろ 14 インチの真空管式白黒テレビで、電源を入れてもいつ画面が出てくるのか、予測出来ない時代物を使っています。長時間連続使用すると、同期が不安定になったり水平発信回路が異常発振を始めます。一度など、線源を持ち上げた途端にパチッと音がして画面が消えてしまい、テレビを扇風機で冷やしたり、叩いたり 10 分間以上もテレビと格闘する羽目になりました。

計測器類も半導体検出器と MCA を除き、国内の研究機関に比べ古い物が多く、保守も行き届いているとは言えません。オシロスコープや増幅器などの一部は、他の研究と共用することがあり、そのような場合、トラブルなどで約束の時間に実験が終了していないと、測定中でもモジュールを外して持って行かれてしまうことがあるのに

は閉口しました。

### 急遽リペア・マンに

中性子捕獲反応により生じた金箔中の放射能の絶対測定には、予め校正した Na I シンチレーション検出器を使用することにし、その校正用線源には、 $4\pi\beta-\gamma$ 法により絶対測定した、小さな金箔を用いることにしました。

$\beta-\gamma$ 測定装置は Naval Building の地下にあり、シンチレーション検出器の方は Cooley Building の地下室にあるという状態なので、これらを Phoenix Lab. に移動することを考えましたが、遮蔽に使われている鉛ブロックは（例の煉瓦状のものと異なり）どう見ても 30 kg 以上はあり、移動は諦めざるを得ませんでした。その結果、時には零下 15℃ 以下になる厳寒の中を、3つの建物の間を行き来する羽目になりました。

$4\pi\beta$ 検出器は比較的最近使用した、というので安心しておりましたが、調整に行ってみますと、 $4\pi$ カウンターは銅のブロックを加工した手作りの品で、高圧ケーブルは、ワニ口クリップで接続している代物、おまけにアノードは上下とも切れていました。そこで、プラチナの細線と注射針を手に入れ、修理をすることにしました。

渡米する前に、米国の国立研究所で研究を行なった経験の持ち主から、米国の研究所では絶対に他人の職域を犯すな、特に実験装置を自分で修理するなどは以ての他だ、と注意されておりました。しかし、大学や国内の共同利用施設の利用経験から、自分で直すのが一番手っ取り早い方法であると思い、実験室の中を探しましたが、工具と名の付くものは数本の先の曲がったドライバー、ペンチ、モンキースパナだけでした。国内の研究施設では、共用の机の引き出しを開けると、用紙類、筆記用具、時には様々な工具まで見つける事が出来ますが、Phoenix Lab. に来て気付いた事の一つが、共用の机などにはレポート用紙や鉛筆、消しゴムさえも見当たらないことでした。

Phoenix Lab. には、エレクトロニクス・ショップとマシン・ショップが有り、それぞれ専任の技術者がおりましたので、検出器の修理や照射リグなどの製作について相談したところ、通常の実験装置などは実験者が自分で作る事になっていて、時間内であれば、ショップの工作機械、材料は自由に使用して良いこと、ただし工具（ドリルやバイトを含め）については、オープンのラックに在るものだけに限り、また、ショップ外に持ち出さない様にという事でした。

オープンにされているラックの工具だけでは、検出器の修理が困難であることを告げると、彼らは施錠された別の工具棚から工具を出して私に貸してくれ、ゲージやルーペなど必要と思われる道具を揃えてくれました。また、照射リグなどについては、私が加工出来ない部分は加工してくれることになり、結局旋盤加工のかなりの部分を

依頼しました。

ここのショップの印象、1960年代の我国の研究機関のショップに似ているのではないのでしょうか。技術者は自分の技術に誇りを持っており、“これは加工が難しいかもしれませんが”などと言うと、特殊な工具を作ってもそれを作りあげてしまい、どのようにして加工したかを楽しそうに説明してくれます。さらに、私や学生がぎこちない手付で作業をしているとしても、危険がない限り何も言いませんが、応援を求めれば可能な限り手を貸してくれます。

### 車を買う

滞在1週間にして、日常生活に車が欠かせないことを痛感し、Knoll 教授をはじめ周囲の人々にアドバイスを求めると、口をそろえて日本車を買えと言われました。私はむしろ米国製の車を購入するつもりで、その理由は、米国製であれば万一故障しても修理工場も多く、まして流通台数の多い車なら、部品を解体業者から入手出来るので、出費も少なくすむと考えたからです。

しかし彼らは、君は滞在期間が短いし、車の為に5~6000ドルも支払う気は無いだろう、(実は週1回の、食糧の買い出しが主な目的なので、1000ドルを目安にし、帰国時にはスクラップにする考えでおりました)2~3000ドルの米国車では、いざ帰国というとき、買い手を見つけるのは困難だが、日本車ならば買い手はすぐに見つかるだろう、また米国車を買うならば、1000ドル程度の修理費は覚悟しておけということでした。

私はローカル新聞の広告欄を調べ、予算内の車を見つけては持ち主に電話をし手当り次第見に行き、2日目に走行距離9万マイル余のH社のワゴンを購入することにしました。

米国では、車の所有者が替わるたびに、ライセンス・プレートが替わります。売り主は、車を私のアパートに持って来ると、譲渡証明書にサインし代金を受取ると、ライセンス・プレートを外して、持ち帰ってしまいました。

州の登録事務所に問い合わせますと、「保険に加入して、その保険証と譲渡証明書を持って来なさい」と言うので、電話帳を頼りに、保険会社に保険契約を申し入れましたが、州の運転免許証を持っていないということで、どの会社からも断わられてしまいました。これは、後に知ったことですが、米国には、小さな保険会社が多数有り、日本の国際免許証でも、保険を引き受ける会社が有るそうです。新車あるいは、高額の中古車を扱っている店なら、そうした保険会社と提携していて、店がライセンスまで取ってくれるので、保険料が相当割高になることを除けば、問題は無いそうです。

かくして、免許の取得に挑戦することになりましたが、州の規則では、筆記試験に

合格後、1ヶ月以上経たないと、実技の試験は受けられないことになっていたのです。これでは、なんのために車を購入したのか分からない、と一瞬ぼう然としました。ところが、筆記試験の合格証があれば、保険に加入出来ることがわかり、免許試験所の隣にある“AAA”に駆け込み保険に加入し、その日のうちに無事ライセンスを手に入れることが出来ました。翌日から、国際免許証で堂々と運転し、1月後にはめでたくミシガン州の免許を手に入れました。

老体のH社のワゴンは実に快調に走りました。購入直後にラジエターが腐蝕して穴が開いているのが判り、repair shop で新品同様に修理（取り外して持ち込み約90ドル、1日で出来上がりしました）してもらった以外は、何のトラブルもなく、Ann Arbor 近郊の集落巡り、ウインザー（カナダ）での夕食、厳寒期の2月にナイヤガラ・フォール／トロントまで往復 1000km の家族旅行などに活躍してくれました。1年後の5月、再び U of M を訪れた時、私が日本人留学生に譲渡してきたこの車は、学生の帰国で持ち主は替わったが、今なお健在であると聞き嬉しくなりました。

#### 駐車場事情

大学のキャンパス内を含めて、Ann Arbor には、実に多くの駐車設備が設けられています。数百台収容出来る駐車ビルから商店裏の数台のものまで、その多くはパーキングメーター付きで、25¢で1時間前後駐車出来ます。キャンパス内では、6時間程度まで駐車出来ますが、市の中心では1時間以下のところもあります。キャンパス内、市営の駐車ビルを含む大部分のメーターが、平日の午前9時から午後5時の間が有料でそれ以外は無料になります。

キャンパス内を含む Ann Arbor の駐車施設の管理は、市が行っており、専用の車が市内を循環して、駐車違反やパーキングメーターの時間切れを調べ、駐車違反のチケットを切ります。一口に駐車違反と言っても、様々な段階に分けられています。間違ってもハンデキャップ用の駐車スペースには車を止めないこと、反則金は50ドルと高額です。また、キャンパス内の loading 専用駐車スペース、教職員用の有料駐車場への無契約車の駐車なども10ドル以上の反則金となります。比較的寛大に扱われるのは、パーキングメーターの時間切れで、チケットを切られてから、1時間以内に市のオフィスに行き（ドライブ・スルーになっているそうです）1.5ドルを払うか、1週間以内に3ドルの小切手（現金不可）を送ります。支払いが延びると金額は次第に高くなり、それを支払わない限り、車の売却、免許の更新が出来ない仕組みになっています。

郊外のわずか4、5軒の商店が並んだ場所であっても、そこに駐車禁止の表示があったり、パーキングメーターが設置されているときは、そこに駐車する方が安心でき

す。Ann Arbor から6マイル程離れた Saline という小さな町の商店街には、1¢で12分駐車出来るパーキングメーターがあり、そこから僅か150mも離れると、駐車禁止が解除されていました。ところが、パーキングメーター以外の場所に止めてある車のワイパーには、駐車違反のチケットが挟まれていました。

Ann Arbor は寒さの厳しい所で冬の生活は大変だと聞き、それなりの覚悟をして出かけました。しかし、暖冬の年であったのも幸いしてか、古い木造アパートにもかかわらず、部屋は快適な集中暖房が行なわれており、食品も”こしひかり”にも匹敵するカリフォルニア米や”T O F U(豆腐)”など日本料理に必要な材料も驚くほど安く手に入り、ビール・ワインなどは日本の3分1以下と安く、こころ豊かな生活を楽しむことが出来ました。ただ一つ残念なのは、雪が少なく念願のクロスカントリースキーが出来なかったことです。

