

こんにちは



## IAEA サイバースドルフ保障措置分析研究所を訪ねて

〈はじめに〉

まるで初夏を思わせるようなヨーロッパ特有の透き通る晴天の2011年5月10日、オーストリアの首都ウィーンから南南東に車で約40分、サイバースドルフに所在する国際原子力機関（IAEA: International Atomic Energy Agency）の保障措置分析研究所（SGAS: Safeguards Analytical Services）を訪問した。中世を想わすウィーンの荘厳華麗な街並みとは異なり、あたりは田園風景が広がる長閑な片田舎である。そんな風景とは裏腹に、ここSGASは世界中から集められた検査試料を精密に分析するラボであり、秘密裏に行われている核開発などの疑惑を裏付けるための重要な研究機関、まさに「核の番人」との異名をとるIAEAの心臓部の一つである。現地に到着すると、待ち構えたように入域のための受付を求められた。セキュリティゲートは同地を一括で管理するオーストリア研究センターと共用しており、そこで入構証を受け取る。そして敷地内に移動し、保障措置局分析部ディレクターのGabriele Voigt氏、IAEA-SGASのユニットヘッドのSteven D. Balsley氏、その他関係者らと挨拶を交わしたのち取材をスタートした。

ここでいう「保障措置 (safeguards)」とは、核物質が平和目的に限ってのみ利用され、核兵器に転用されないことを検証するための査察活動そのものをいい、保障措置分析はその根拠となる数値をはじき出す重要な役割を担っている。以前はSAL (Safeguards Analytical Laboratory) と呼ばれていた研究所だが、昨年に組織改編され、SGASに改称されている。核セキュリティ問題や福島原発事故に関連してたびたびメディアに登場するIAEA、本稿では、分析関係者にとって最も関心が高いであろう保障措置分析研究所の横顔を紹介してみようと思う。



写真1 IAEA本部が置かれるウィーンの国連ビル群

〈沿革・組織・活動〉

IAEAの本部はドナウ川に程近いウィーン国際センター国連ビル群に置かれ（写真1）、邦人約50人を含む2000人超のスタッフが原子力の平和利用と安全保障のために従事している。その始まりは、1957年に当時のアイゼンハワー米国大統領の国連での演説「平和のための核」を契機として米国の主導で設立された。2005年にはノーベル平和賞がIAEAと当時のエルバラダイ事務局長に授与され、結実した平和への貢献は歴史的事実として刻まれている。現在の加盟国は151か国で、2009年12月より事務局長は初の日本人である天野之弥氏が就任した。事務局長以下に原子力局や安全局など6局が統括され、今回訪問したIAEA-SGASはそのうちの保障措置局の一組織である。SGASは、核物質分析ラボ（NML: Nuclear Material Laboratory）と環境試料クリーンラボ（ECL: Environmental Clean Laboratory）から成り、前者は青森県六ヶ所村の核燃料再処理施設（RRP: Rokkasyo Reprocessing Plant）に隣接する、IAEAが初めて日本に設置したオンサイトラボ（OSL: On-Site Laboratory）も管轄する構成となっており、総勢約70名のスタッフを擁している。その他、品質管理や計画管理などをサポートするセクションにも支えられ、近年ではECAS (Enhancing Capabilities of the Safeguards Analytical Services) と呼ばれる「保障措置分析の強化プロジェクト」が発足し、ECLの機能拡張と環境微粒子分析の高度化が進行中であるとともに、NMLの建て替えのための概念設計が今まに行われている。NMLは、1976年に発足してから既に35年以上もの年月が経過し、分析ラボとしての機能強化と手狭さを解消するため、このECASプロジェクトの一環でラボを新規に建て替え、2014年に立ち上げを予定しているとのこと。また、SGASサイトは、現在オーストリア研究センターの敷地に間借り状態であることから、近接する土地にIAEA専用のラボを集約させ、セキュリ

ティ面を一括管理することも ECAS の大きな目的だという。

筆者は、幸運にも ECAS プロジェクトのコンサルタントとして新ラボの設計確認に参画しており、今回の訪問の主目的はその設計レビュー会合への出席であった。まさに新旧の分析ラボが移行する絶好のタイミングで取材が行えるという大変貴重な機会に恵まれた。

### 〈核物質分析ラボ (NML)〉

NML は延べ床面積 900 m<sup>2</sup> の 2 階建ての建物で、その大部分が管理区域に設定され、放射性物質を取り扱えるようになっている。放射線管理用の線量計を入り口で受け取り、白衣に着替えていざ内部に立ち入った。NML では、各国が核燃料取扱施設に所有する核物質の申告値を検証するために、保障措置協定に基づく IAEA の検査において、各施設から採取された試料を分析するとともに、各分析に必要な標準物質の調製なども行っている。世界中の核燃料施設から採取された試料は年間約 500~800 件にも上り、多くの日本の試料もここで分析されるというから、我が国とのかかわりは予想以上に密接であることを改めて認識した。因みに RRP の査察試料については、NML の処理能力、試料の輸送コスト、そして適時性を考慮して、RRP に隣接する OSL で現場分析されている。NML における分析の対象元素は、U と Pu が中心のようだが、代替の核物質になり得る Th, Np, Am, Cm, その他試料に含まれる不純物成分なども必要に応じて分析されるという。U 及び Pu の分析では、施設側から申告された核物質量の不確かさを極めて精密に評価する必要があるため、この分野では高精度測定が可能な表面電離型質量分析装置 (TIMS) (写真 2) を用いた同位体比測定、及び元素定量として同位体希釈質量分析法 (IDMS) が専ら適用されている。やはり TIMS は主力の装置とあって、高価な装置にもかかわらず 3 台もの姿が惜しげもなく実験室に並ぶ。また、IDMS に用いるスパイクは、例えば Pu の場合 <sup>239</sup>Pu を主としたメタル標準から調製され、そのバリデーションには絶対測定が可能な電位規制クーロメトリーが用いられており、装置の状態は極めて高い水準に維持管理されていると Balsley 氏は強調する。その他、精密滴定法、ICP-MS (四重極及びマルチコレクター-磁場型)、波長分散型蛍光 X 線分析法、 $\alpha$  スペクトロメトリー、 $\gamma$  スペクトロメトリー等、試料の形態や要求精度、分析項目に応じて使い分けされているようだ。各装置や分析作業ごとに部屋が区切られたラボ内には、所狭しとグローブボックスが並べられ (写真 3)、測定に先立ちイオン交換や固相抽出などの前処理操作を行うなど、核物質の厳重な取り扱いの様子を窺うことができた。分析装置から見てもなかなか際立った機能があるわけではないが、特殊な分析ができるかより、高度なスキルを持った



写真 2 同位体比測定用の TIMS

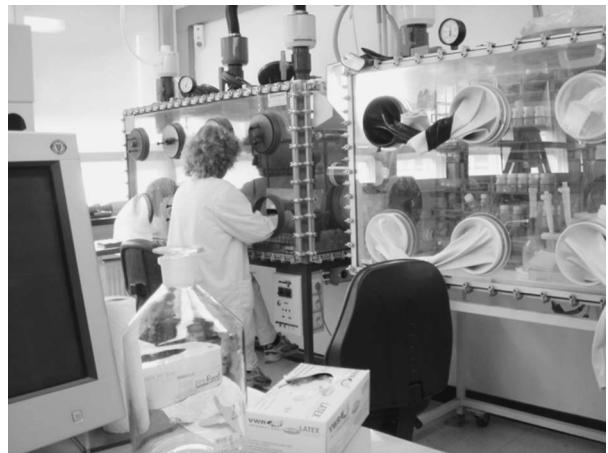


写真 3 グローブボックスでの分析作業の様子

エキスパートによる核物質の厳格な分析がなされているのだということを感じた。また、ロボットを用いたラボオートメーションや分離精製、高精度測定法に関する研究開発にも積極的に取り組んでいるほか、核物質の分析データバンクとしてもその膨大さは群を抜いているという。

### 〈環境試料クリーンラボ (ECL)〉

核兵器を開発する国は、高濃縮 U (核分裂を起こす <sup>235</sup>U の組成比を必要以上に高めたもの) の製造などを秘密裏に行っている。核分裂性の <sup>235</sup>U の濃縮度を高めれば核爆弾の原料になるからである。環境サンプリングは、採取された極わずかな塵などの微粒子からできるだけ核兵器の原料に関する有用な情報を引き出すことが最大の課題である。ECL は、環境試料中の超微量核物質を測定し、その同位体比情報から水面下で行われている核開発を突き止める、まるで犯人の指紋を割り出すような「核の鑑識」というべき重要な役割を担って 1995 年に設置された。核兵器の原料となる U や Pu を微粒子単位で探知するため、特に試料の化学処理はクラス 100 を維持したクリーンルーム内で細心の注意を払って行われている。クリーンルームの内部に入るには、まず専用

の実験衣に着替えエアシャワーを浴びる。ここで主に分析されるのは、世界各地の核関連施設で査察官が採取してきたスワイプと呼ばれるふき取り試料で、Puならばfgオーダーという超微量検出が可能だという。さらにここでは、査察用のサンプリングキットの準備に始まり、試料のスクリーニング分析、各試料のバルク分析やパーティクル分析を実施すること。スクリーニング分析は、γスペクトロメトリーや蛍光X線分析が用いられ、ある程度含まれる核種のめぼしをつける。特筆すべきはパーティクル分析で、わずか数pgの単一粒子の同位体比情報を走査型電子顕微鏡と蛍光X線にて位置的情報を得て、二次イオン質量分析(SIMS)、TIMSを駆使して検知・測定し、本来なら存在するはずのない未申告核物質の同位体比情報や産地の特定が可能で不純物の同位体組成を引き出すことができる。実に緻密な作業が行われており、核鑑識として相当な威力を発揮することに疑いの余地はないであろう。またIAEAでは、前述のECASの一環で、2011年3月にECLの拡張建屋を増設し(写真4)、より精度・感度の高い同位体比測定装置をここに投入した。それがLG-SIMS (large geometry-secondary ion mass spectrometry) (写真5)



写真4 環境試料クリーンラボの拡張建屋



写真5 環境試料クリーンラボ拡張建屋内に新しく設置されたLG-SIMS

である。この装置の購入は日本が出資したもので、UやPuなどの同位体比を通常のSIMSと比較して10倍の高感度・高速で高分解能測定が実現でき、採取試料中核物質の起源を特定するための最新鋭の機器として相当の優位性が認められる。その特徴として、分析管の有効長を稼ぐことで、一般にマイナーな同位体である $^{234}\text{U}$ や $^{236}\text{U}$ の測定に関して信頼性が向上するほか、より小さいサイズの粒子や高いバックグラウンドの試料に対する分析能力の向上、それと同重体の干渉(例えば、 $^{236}\text{U}$ と $^{208}\text{Pb}+^{28}\text{Si}$ )の回避などが期待されるという。訪問時はまだ納入直後とあって機器の調整中であつたが、今後大いに威力を発揮するであろうその実力に期待したいものだ。

### 〈新NMLへの移行〉

先にも述べたとおり、すっかり古くなったNMLを新規に建設するため、保障措置加盟国の協力のもと、その詳細設計が現在進められている。新NMLは、敷地を含め総面積が9500m<sup>2</sup>、地下1階、地上4階のフロアを持ち、現行NMLの約2倍の十分なラボスペースが見込まれる。また、試料導入の流れや分析作業の流れを最優先に考え、クロスコンタミネーションの防止がロジカルに考慮されている。分析装置も過不足のない充実ぶりであり、その理由として保障措置上の将来的な未知の要求に対して柔軟に対応できるようにとの説明であつた。しかし、ラボを贅沢にすればするほど建設コストが上がり、その資金集めにも苦慮している切実な様子も見てとれた。先行して拡張工事が開始されたECLは既に増築建屋が完成し、そこに隣接する新NMLの建設予定地が整地状態であつたが、その地を見てとにかく広大であることに驚かされた。SGAS全体をとり囲む防護フェンスはドイツが出資したもので、その工事もほぼ終了しており、今後、専用のセキュリティゲートが完成すると、IAEA独自の管理領域が確保され、間借り状態から脱却できるとの説明であつた。2014年には運用を開始する新NMLは、多くの期待を背負いながら2011年5月の時点でその設計の30%を終えたという。現行NMLの歴史と技術を継承しつつも、その機能が飛躍的に強化されるであろう新NMLの完成が今から楽しみである。

### 〈おわりに〉

IAEA-SGASでは最新鋭の分析装置を駆使して闇の核開発を突き止めている一方、同地に配置される別の部署では核の平和利用も推進しており、主に発展途上国の食糧支援のために、例えば、バナナや米などの品種改良、塩水でも育つイネなど、すでに3000以上の新種を開発しているとのことであつた。幅広い分野において原子力の平和利用が進む一方で、闇の核兵器開発の動向は予断を許さない。平和と戦争の表裏一体で利用される

「核」を今後どう監視して行くのか、IAEA が担う役割は重みを増し続けるであろう。2014 年には一新される NML の姿を心中に思い描き、改めての取材を希望しながらこの地を後にした。

3・11 から約 2 か月が経過した中での本取材は、筆者にとって複雑な思いに満ちた行程であった。諸外国の原子力関係者はどのように日本を見ているのか、より日本のイメージが悪くなっているのではないかなど、様々な気懸りが脳裏を駆け巡ったが、皆そっと小声で、日本の現在の様子を尋ねたり、家族や同僚の安否を聴いてきたり、被災者の心のケアを暗示したり、そういった周囲の気遣いにひとしおの温かさと優しさを覚え、取材を終えた後しばらく感慨にふけていた。紙面の関係で割愛せざるを得なかった部分が多岐にわたることも多く、残念でならないことを付け加えて本訪問記をここで終わりたい。

末筆ながら、本来の目的とは異なる訪問でありながらも本取材並びに本誌への掲載を快諾して頂いた G. Voigt 氏と S. Balsley 氏に深く感謝の意を表す。ま



写真 6 核物質分析ラボの前に並ぶ IAEA-SGAS のスタッフ

た、貴重な時間を割いて懇切丁寧なご説明とご対応を賜った IAEA-SGAS の皆様（写真 6）に心よりお礼を申し上げたい。

〔日本原子力研究開発機構 駿河谷直樹〕

## 新刊紹介

化学 基本の考え方を学ぶ 問題と解答

Raymond Chang・Jason Overby 著，村田 滋 訳

本書は「化学 基本の考え方を学ぶ」(上)(下)の演習版である。その内容に従って、章立てされた項目に関する問題とその解答が解説付きで掲載されている。問題の数、質も充実しているが、分量的に半分を占める解答も懇切丁寧に記載されている。ユニークなのは各章ごとの末に設定されている「特別問題」であろう。例えば、化学反応を扱う章の問題としては、反応の標準生成エンタルピーを計算させたり、熱量計算をさせるのは常套的であるが、特別問題においては自転車のタイヤの空気入れの弁が暖くなる事象を断熱圧縮過程から解説させるなど、身近な事柄を引き合いにして考えさせる、といった工夫がされている。基本的に初級から上級までの問題を網羅した、教科書として非常に使いやすい演習書であろう。

(ISBN978-4-8079-0741-0・B5判・320ページ・3,400円+税・2011年刊・東京化学同人)

別冊化学 化学のブレークスルー【機器分析編】  
——革新論文から見たこの10年の進歩と未来——

『化学』編集部 編

「温故知新」、分析化学の真髄をオムニバス形式で展開。一部、座談会では、日本の、否、世界の分析化学を牽引されてきた4名の分析科学者がブレークスルーをキーワードに、機器分析の「この10年の進歩を振り返り、その未来を語る」と題して、持論を展開。珠玉の言葉が並ぶ。「感激」「目利き」といった、一見不釣り合いな言葉で「化学のブレークスルー」が語られている。挙句に、これからの分析は、演繹でも帰納でもなく「ええかげんさ」だと云う。二部は、11名の機器分析のフロントランナーが選ぶ「ここ10年の革新論文」。フロントランナーの方々の見識が凝縮している。各項の後半には、「ここ1(2)0年を振り返り、未来を語る」「私が選んだこれからの“何々”分析をつくるフロントランナー」なるコーナーがある。非常に挑戦的な企画である。雑誌別冊といえども、一読してごみ箱ではもったいない。大切に書棚にしまい、何年後かに再読をしたくなる書である。

(A4判・96ページ・1,000円・2011年刊・化学同人)