

地質調査総合センター共同利用実験室 と震災後の再構築

小笠原正継¹⁾

1. はじめに

産業技術総合研究所（以下、産総研）地質調査総合センターには共同利用実験室が設置され、地質試料の観察・分析に利用されている。2011年まで共同利用実験室は、工業技術院のつくば移転時に設計された実験室の配置を基礎としていた。地質調査総合センターの第7事業所本館は8階建の建物で、その中ほどの5階、そして平面的にも建物の中央部に共同利用実験室の主要な機器が設置されていた。この場所は、建物内のどこからもアクセスが良いという利点がある。建物の中央部は特に床の耐荷重が高く設計されており、共同利用実験室の下層階にはコンピューター室、図書室も配置されている。2011年3月の東北地方太平洋沖地震ではつくば市は震度6弱の揺れとなり、地質調査総合センターでは書棚の転倒等の様々な被害があり、特に建物の上層階ほど被害が大きかった。5階にある共同利用実験室の大型分析装置にも損傷が出た（写真1）。1階の岩石粉碎室では被害は全くなかったが、8階の蛍光X線分析装置（XRF）用試料調製実験室では、約4mの長さで連結されて壁と壁の間に密着して固定されていた実験台が動いていた。これらの状況の分析から、今後の安全を確

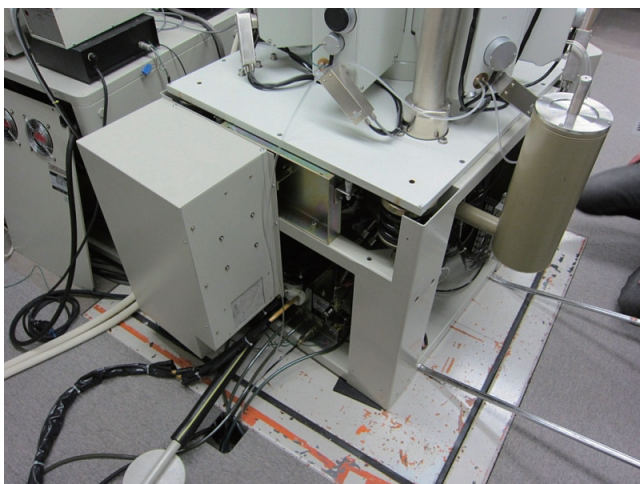


写真1 震災により移動したEPMA本体の状況と担当者等による復旧作業。
EPMA本体は約15cm移動した。引き続き余震により、専用の基礎からはみ出す可能性があるため仮の復旧を行った。

保するため、共同利用実験室の下層階への移設の案が提案され、震災後の実験室再構築の一環として実施されることとなった。最終的には本館1階に移設することとなった。

筆者は共同利用実験室運営委員会の委員長として、2012年3月まで移設作業の取りまとめを行っていたので、共同利用実験室の概要と実験室再構築の経緯を紹介する。

2. 共同利用実験室

地質分野で必要とされる実験は観察・分析系の作業が多く、その手法の多くはすでに確立されており、一度機能的な実験室を作ると10年または20年と長期間利用することが可能である。一方、工学系の実験では、その時々目的に合った効率的な実験室への改造または改廃が行われることがある。その点で地質分野の実験室の在り方には特徴がある。実験室に設置されている設備も同様であり、長い期間使用されることが多い。共同利用実験室に設置されている機器もこのような特徴を持っている（第1表）。

共同利用実験室の主要装置である電子線マイクロプローブ（EPMA）の2台の内1台は、20年近く使用されている。XRFの1台は設置後25年を経過しているが、今なお

第1表 共同利用実験室の主要機器と設置年月。

装置名	設置年月	使用年数
電子線マイクロプローブ(JXA-8900)	2000.9	13
電子線マイクロプローブ(JXA-8800)	1994.2	19
蛍光X線分析装置(PW1404)	1988.2	25
蛍光X線分析装置(Axios)	2007.7	6
X線回折装置(RINT2000)	2003.3	10
X線回折装置(Ultima IV)	2009.3	4
熱分析装置	2000.3	13
エネルギー分散型蛍光X線分析装置	2000.9	13
走査電子顕微鏡	2010.3	3
X線CTスキャナー	1996.3	17
レーザー回折・散乱式粒度分布測定装置	2002.3	11
画像解析方式粒度分布測定装置	2008.12	5
岩石粉碎室装置各種	1964.6-	49-
全自動岩石微粉碎装置	2003.3	10
蛍光X線分析用ガラス試料作製装置	2000.3	13

1) 産総研 地質情報研究部門



写真2 岩石粉碎室の自動乳鉢。
中央の装置は1964年製で、モーター、スイッチ、上部のカバーはオーバーホール時に交換している。

現役の装置であり、精度の良い分析結果を提供している。これらの装置は制御系のコンピューターと制御システムソフトを適時アップグレードすることにより、現在でも使用可能となっている。ただし、20年以上の古い装置のシステムアップグレードや修理は装置メーカーがその対応を終了することもあり、その場合は装置の更新が必要となる。装置を長く利用するためには、常に安全な使用ができるように装置の保守が必要であり、装置担当者はその装置についての十分な知識とメンテナンスの技術が必要である。岩石試料粉碎室の機器はつくば移転時に導入されたものが多く、約30年前に設置された。ただし、中には古い機器も使用されている。自動乳鉢は5台使用されているが、そのうちの1台は約50年前、旧地質調査所に導入されたものであり、世代を超えて今なお利用されている(写真2)。この自動乳鉢は、15年前にモーターとスイッチの電気系の交換、およびガラスカバーの木枠の交換を行い、機械系のオーバーホールを実施しているものである。そのため50年前の装置であるが、安全な使用が可能である。

共同利用実験室整備の経緯について、筆者の担当した部分を中心に振り返ってみる。5階の共同利用実験室はコンピューター室の直上にあることから、冷却水を必要とする装置の夜間連続運転には注意が必要であった。当初、EPMAやXRF等は、毎日、朝に立ち上げ、安定するのを待ち、測定を行い、測定終了後すべてを停止するという利用形態であった。1987年に新しいXRFが導入されるにあたり、専用の空冷循環式冷却水送水装置を設置した。空冷循環式冷却水送水装置は約30Lの冷却水をエアコンのようなシステムで冷却しており、たとえ漏水事故があっても30Lの水の一部が漏れるだけであり、漏水被害は最小限に抑えられる設備を作り上

げ、24時間運転が可能なシステムを構築した。このXRFは導入後25年が経過したが、事故もなく現在も使用されている。1990年代になるとEPMAの担当者による提案で、EPMA用の空冷循環式冷却水送水装置が設置された。そのため24時間連続運転が可能となり、電子銃のフィラメントは常時ONの状態とし、常に安定した電流の電子線を得ることができ、装置立ち上げ後の安定する時間を待つことなく、精度の良い分析が効率良く実施できるようになった。空冷循環式冷却水送水装置の導入はXRFとEPMAの効率的な運用にとって大きな貢献となった。

岩石粉碎室についても、担当者として実験室の整備を行ってきた。地質試料の場合、粉碎し均質な粉末試料を作成する試料調製は、各種分析において最初に必要となる作業である。この粉碎作業を安全に効率良く実施できるように、様々な改装・改善を行ってきた。もともとは大きな部屋であったが、粗粉碎スペースと微粉碎スペースを間仕切りにより区分した。集塵システムは2回の大きな改造を行い現在のものとなっている。粉塵は発生場所またはその近傍から取り去る局所排気型とした集塵システムを構成している(口絵写真11, 本号p. 66)。鉄乳鉢等の粉碎では粉塵が発生するが、その作業もフードの中で行えるようなシステムを作り作業環境の向上を目指した(口絵写真11および12, 本号p. 66)。また作業性を上げるための様々な工夫を加え、その結果として効率的な試料粉碎室を作ることができた。国内外の研究者が見学された際には、その多くの方から機能的な実験室として評価していただいた。

その他の共同利用機器も装置担当者の努力により、機器の更新もなされてきており、効率的な作業ができるような実験室と機器が整備されてきた。共同利用実験室運営委員会は年2回の定例会議で半年毎の使用実績と課題を議論しており、また新たな機器導入への提案の検討もなされている。共同利用実験室運営委員会の存在は長期的視点に立った地質分野での機器の整備に貢献している。

3. 共同利用実験室の運用の課題

国内の大学等の研究機関では共用機器実験室、機器分析センター等の名称で、共同利用機器の運営が行われていることが多い。特に高額な機器については組織全体での運営がなされている。そのような場合は、一般に施設のスペースと人員が確保されており、また運営経費も手当てされている。地質調査総合センター共同利用実験室の運営に関しては、一時期、非常勤職員の方に担当していただいたこと

はあるが、現在、専従の職員はいない。また運営経費に関しては、工業技術院時代は地質調査所全体での対応がなされ、産総研移行後は地質関連研究ユニットに分担金として負担いただいている。現在は地質分野全体で運営経費を負担している。このような環境で、各研究ユニットの研究職員の内その装置の利用が多い職員または装置に関する技術を持っている職員等が、装置担当者として機器の基本的なメンテナンスと使用法の指導および安全管理を行っている。現状では使用に関する課金は行わず、使用の実績のみの集計と報告を行っている。機器使用時間に対応した課金を行う場合は、使用時間の管理業務が必要となり、事務処理に関する専従の職員の手当てが必要と考えられる。また課金を行う場合、装置の利用者は課金に対応した機器の利用から得られる結果を期待することとなり、装置のメンテナンスと使用法の指導に関する要望は高くなる。そのためには専門知識を持つ専従技術職員の対応が必要となる。

国内の研究機関では、テクニシャンまたはテクニカルスタッフとしての技術職員が少ない。これは海外の研究機関の実態と大きく異なる点である。海外の研究機関ではテクニカルスタッフが充実しており、またその地位も高い。ラボ・マネジャーと称されるテクニカルスタッフを頂点にして、常勤のテクニカルスタッフが研究遂行に大きな貢献をしている。またテクニカルスタッフが技術の継承と指導を担っている。さらに新たな機器の導入においては、組織としてその機器の役割を明確にして導入されることが一般的である。研究部門程度の組織の中では、その組織に属している研究者がその部門内の研究グループ等の枠を越えて、その部門内の装置を利用することにあつての障害は少ない。さらに部門を越えての利用が可能となるようにシステムが準備されている。そのような機器は米国の大学等では Shared Research Facilities または Open Facilities として位置付けられ活用されている。一方同様な共同利用機器に関しては Common Research Facilities とする表現も、その他の国では使用されている場合がある。日本においては分析機器の導入プロセスとその運営法が異なるため、海外のような機器の利用に至ってはいないのが現状である。国内の機関においては、技術職員が少ないこともあり、研究者が多く時間を割いてその装置のメンテナンスを行うなど、担当する研究者個人または少数のメンバーが導入から運営まで行うこととなる。EPMAの利用については河内・奥村(1972)が課題を指摘しており、それから40年経った現在でも状況は大きくは変化していないと感じる。日

本国内における分析機器の利用に関して国立極地研究所の白石和行氏が議論された(「分析機器はだれのものか」：2012年3月特別シンポジウム“地質試料の先端分析システムとそのマネジメントの課題”での講演)。地質分野における分析機器利用の現状の分析と、今後の在り方に対する貴重な提案を伺うことができた。

実験機器の運営には予算、人、設備(実験機器と設置されているスペース)が適切に管理されることが必要である。地質調査総合センターの共同利用実験室は、上述の国内の研究環境の実態を反映しつつ運営がなされている。共同利用実験室では、担当者による専門的メンテナンス作業が比較的少ない装置が多いのもこのような事情からである。高額な機器であっても、同位体比測定用質量分析装置のように使用者の高度な専門的知識と技術が必要な機器は、共同利用機器としては含まれてはいない。

このような共同利用実験室の運用形態であるが、スペースの効率的運用や消費電力の低減、そして研究予算の効率的運用には十分貢献していると考えている。その一例としては、岩石粉碎室の利用実績がある。広いスペースに効率的な作業スペースがあることからその利用率は高い。分析機器は研究グループで保有していても、前処理としての試料調製は共同利用実験室で行うことが多い。数年前のことであるが、岩石粉碎室は年度の後半になると2か月先まで予約がつまり、実質上利用が困難であると苦情が寄せられた。そのため、コンタミネーションが問題にならない範囲での複数使用者の同時利用も可能とした。予約が取れないことが問題になるほど毎日実験室が利用されるということは、地質調査総合センターの機器とそのスペースが有効活用されていることを示している。

4. 共同利用実験室の震災後の再構築

2011年3月11日の震災により、研究排水システムや局所排気システムには被害が生じた。また電気、水道等の復旧にはすべての系統において損傷がないかの安全確認が必要であり、研究機器の復旧は研究インフラストラクチャーと区分されるユーティリティー関係の復旧作業の進捗と共に実施された。震災直後の3月16日からは装置の状況を把握し、復旧経費の概算の見積もりが始まった。ユーティリティーの復旧前であるが、装置の外観等の状況から判断した。3月28日からは電気のみで運転できる装置については、立ち上げての点検が開始された。電力供給の課題から実験機器の電力消費量調査への対応も行われた。

4月中旬には地質調査総合センターが入る第7事業所では、機器再構築対策チームが地質分野研究企画室の下に組織され、筆者は共同利用実験室運営委員会を代表して対策チームのメンバーとして参加した。4月19日には対策チームによる機器再構築の方針、また復旧スケジュールの概要が示された。その後、復旧は徐々に進み、共同利用実験室の機能は一部を除き5月末にはほぼ回復した。ただし、電力供給の状況から2011年夏の共同利用実験室の利用に関しては、電力使用量が低くなるように計画が立てられた。

5月に、産総研全体として、スペースと電力効率を高めたスペース再構築の方針が出された。この際、他の事業所で大きく被災した図書室を第7事業所へ集約すること、研究ユニットスペースのモザイク解消や電力供給の逼迫に備えた特殊空調や大型機器の集約化などの方針が出された。6月には第7事業所内においても研究室や実験室のスペース再構築の一環としての共同利用実験室の移設計画案が承認された後、具体的な作業が始まった。7月6日には地質分野スペース再構築対策チームが地質分野研究企画室の下に組織され、筆者は共同利用実験室を代表してその対策チームのメンバーとして参加することとなった。対策チームにおいて基本的な方針が議論され、移設計画の策定、費用の積算がなされた。7月12日には、地質分野研究企画室による詳細な移動スケジュールが作成され、7月下旬からは実際の作業が開始した。また同じ頃から、震災による損傷があった機器等をより安全な機器へとする更新の準備も開始された。

この共同利用実験室の移設に際して以下のことを考慮した。

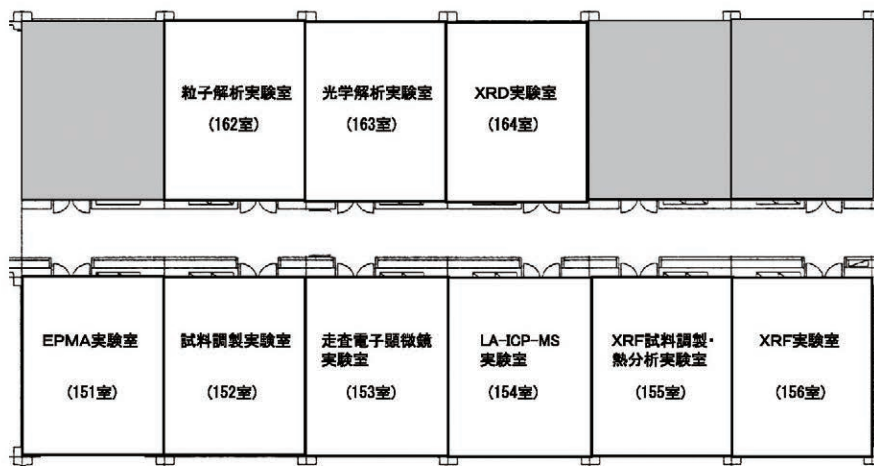
- ・耐震性の強化
 - 1階に移設する実験室・装置類の安全確保と損傷防止
 - 実験作業中の地震等に対する安全性の確保
- ・消費電力の削減、冷却水の使用量の削減、特殊空調使

用の削減

- ・実験室の集約化と機能的な実験室の配置
- ・実験室内の装置類の機能的配置
- ・リサイクルできる^{じゅうき}仕器の活用
- ・不用品の廃棄、つくば移転後実験室内にたまってきた物品の整理

共同利用実験室の移設計画において、実験室の配置は作業の関連性から決められた(第1図)。EPMA実験室と走査電子顕微鏡(SEM)実験室の間の実験室には、両者の前処理に必要な真空蒸着装置と最終研磨を行うことが可能な各種研磨装置が設置された。同様にXRF実験室の隣には、XRF試料の調製が可能な実験室を配置した。移設前の5階の共同利用実験室はすべて温度・湿度の制御がされている特殊空調実験室であったが、移設後はEPMA実験室のみとし、その他の実験室は個別空調にすることにより、消費電力の削減に貢献している。また今回更新される一部の機器は、可能な限り低消費電力のものとするを旨とした。共同利用実験室には今回移設された実験室以外に、岩石カッター室、岩石粉碎室、岩石磁気・古地磁気実験室、X線CT実験室、コアライブラリー内のコア観察・処理施設がある。岩石カッター室については実験室の移設は行わなかったものの、安全で機能的な実験室への整備がなされた。

実験室内の機器の配置については、安全性と研究者の動線を考慮し決めていった。最終的な機器の配置に関しては若干の差異はあるが、ほぼ当初の計画どおり行うことができた。実験室の配置と実験室内のレイアウトに関しては、各実験室の担当者に説明をしつつ、意見を聞き、最終案を作成していった。その中で最も重要な点は、移設後の実験室を担当者がイメージできるかという点であったと考えている。EPMA実験室内のレイアウトについては、担当者の強い希望で現状となっている。また、今回更新される走査



第1図 第7事業所本館1階の共同利用実験室配置。

電子顕微鏡および蛍光エックス線マッピング装置の機能に関しては、担当者が検討し決めている。

実験室には耐震性強化のため、高さ 1.5 m 以上のキャビネット等は置かないようにした。5 階にあったエネルギー分散型 XRF では、プリンターが上部に載ったタイプのパソコンラックが転倒したことから、装置の制御用 PC によく使用されている 2 段または 3 段のパソコンラックは極力使用しないようにした。

共同利用実験室の作業には、XRF 用のガラス円板作成時に約 1000℃の白金をつばをるつば挟みで移動する作業がある。実験作業の安全性を高めるうえで、その作業が省略できる全自動ガラスビードサンプラーを導入した。また実験室内で使用する高圧ガスポンベの数量削減のため、パイプラインガスの使用に切り替え、さらに実験室内で同じ種類のガスを複数の装置が使用する場合は 1 本のボンベから供給できるシステムを作った。このように、実験室内機器の安全性向上と実験作業の安全確保を目的に移設計画が作られた。

今回の移設では、1 階の実験室用に 3 相 200V150A と単相 200V250A の主幹線の新規電源ケーブルを引いた。第 7 事業所を含め産総研つくばセンターの建物は建設後 30 年が経ち、電気配線ケーブルも同じ年数が経過している。今回実験機器用の電力を新たに引いた主幹線から供給できることは、今後の電気供給の安全性の向上にも貢献できると考えられる。この主幹線を新たに引く作業には、第 7 事業所全体の停電が必要となる。毎年 10 月に実施される事業所、および産総研つくばセンター中央地区全体の電気設備の定期点検に合わせての作業が必要であり、この時期を外すと翌年の 10 月まで待たなければならない。そのため共同利用実験室の 1 階移設の計画の中で、この作業は最優先課題として対応がなされた。2011 年 10 月に無事、主幹線の配線が終わり、移設される機器への電気の供給が可能となった。その後主要機器の移設が開始され、2012 年 3 月末には機器の移設は完了した。様々な付帯工事が 2012 年 4 月からも継続し、また更新される機器の設置が行われた。

2013 年 2 月には今回の再構築作業がほぼ完了することとなった。震災後の復旧、その後の移設作業および整備に約 2 年という長い時間が必要となったが、今後 20 年以上にわたり安全で機能的に活用されるような実験室となったと考えている。

5. おわりに

今回の共同利用実験室の再構築はひとまず完了したが、顕微レーザーラマン分光装置等共同利用実験室の設備として整備されることを希望されているものもある。今後さらに整備すべき実験室または機器を常に検討し、地質分野で必要となる機器の整備また更新を継続していくことは必要であると考え。2012 年 12 月 7 日つくばで震度 4 となる地震が発生した。地震直後に装置の点検がなされ、EPMA のターボ分子真空ポンプが故障したことが明らかになった。その他の装置については異常がなかった。EPMA のこの真空ポンプは 2011 年 3 月 11 日の地震以前にも少し大きな地震が起きた際に損傷していた。今回地震による EPMA 本体の移動等ではなく安全は保たれたが、この真空ポンプに関しては地震に対する脆弱性が残っている。立川市にある国立極地研究所は建物自体が免震構造となっており、その中に設置された EPMA や大型の二次イオン質量分析装置である SHRIMP は 2011 年 3 月 11 日の地震でも損傷を受けていない。今後重要機器については免震実験室または免震台に設置することが可能となれば、研究作業の安全性確保と研究活動の継続について貢献できると考える。

謝辞：本文は 2012 年 3 月の特別シンポジウム「地質試料の先端分析システムとそのマネジメントの課題」での講演内容をもとにまとめたものである。シンポジウムの世話人の皆様にはシンポジウムや特集号の準備にご尽力いただいた。また国立極地研究所所長白石和行氏および海洋研究開発機構の谷健一郎氏にはつくばまで講演に来ていただいた。心から感謝申し上げたい。共同利用実験室の再構築にあたっては、地質分野研究企画室には大変お世話になった。また共同利用実験室の運用と今回の移設については共同利用実験室運営委員および担当者の方の様々な貢献に感謝申し上げる。

文 献

河内洋佑・奥村公男 (1972) オンライン制御したエレクトロンプローブによる珪酸塩の定量分析. *MAGMA*, no. 31, 2-6.

OGASAWARA Masatsugu (2013) Re-organization of Shared Research Facilities of the Geological Survey of Japan after the great Earthquake.

(受付：2012 年 12 月 21 日)