

NMRの地震対策、安全管理について

吉田 慎一郎

東北大学大学院理学研究科附属巨大分子解析研究センター

1. はじめに

巨大分子解析研究センター（以下、「当センター」という。）は大型分析機器を備え、各種物性データの測定・構造解析を行い、物質科学に関する研究と教育の発展に貢献している。特に、当センターの核磁気共鳴（NMR）分光分析部門（以下、「本部門」という。）は、原子レベルの分解能によって幅広い構造情報を得ることができるため、物質科学で最も基礎的かつ重要な分析業務を担っている。本部門は、依頼分析業務を通じて、学内外の研究者や学生に対して高精度なデータを提供し、研究の進展を支援することを目的としている。



図1 免振台の敷設

2. NMRの地震対策、安全管理

当センターは3台のNMR装置を運用しており、それぞれ液体ヘリウムと液体窒素の冷媒で極低温に冷却された超伝導磁石（SCM）を備えている。そのため、大きい地震の発生時には冷媒の流動と沸騰による温度上昇でSCMのクエンチング（磁石機能喪失）が起こり得る。これまで、2011年3月に発生した東日本大震災や2021年2月と2022年3月に発生した福島県沖地震で、当センターの装置は壊滅的な被害を受けた。そこで、センター棟改修工事（2021年2月完了）に伴う移設や、損壊装置更新の機会に、各装置の地震対策、安全対策の強化を図った。

2.1 免振台の導入

NMR装置の地震対策として、主にSCMの下部に免震台（図1）を導入した。これまでNMRに免震台を導入した例はなく、装置メーカーと協力しながら磁場への影響などを現地調査により評価した上で設置を決めた。この免震台は震度5~7で最大35cm動き、横揺れを緩和するもので、SCMが大きく振動することを防止できると考えられる。設置後は台から35cmの位置を明示して物品を置かないようにし、台の外の設備との接続はフレキシブルにすることに注意した（図2）。



図2 免震台上に設置された装置類

2.2 遠隔監視システムの導入

地震発生などでSCMがクエンチングした際には大量の気化した冷媒ガスが装置室内に充満し、室内の酸素濃度が人に危険なレベルまで低下する。そのため、従来は装置室内の残留人員確認や装置の状況を確認することが難しかった。そこで、酸素濃度計と連動し、外部電源が失われた状況でも12時間以上装置室をモニタリング可能な遠隔監視システムを導入した（図3）。

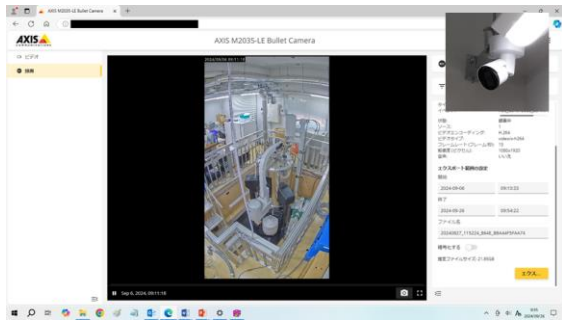


図3 webカメラ（右上）および撮影画面

2.3 ヘリウム回収ラインの見直し

SCM からは液体ヘリウムが常に蒸発しており、そのヘリウムガスを回収することは高騰するヘリウム調達費用を抑えるために非常に重要である。当センターのNMR 装置室には極低温センターまで繋がるヘリウム回収ラインが設置されており、これとSCM のヘリウム蒸発口を常時接続してヘリウムガスを回収している。接続の際にはSCM と回収ラインの間に逆止弁とフローメーターを設置し、水分の流入・凍結による閉塞を防止・確認できるようにしている。しかし液体ヘリウム補充時には排気量を十分確保するため、逆止弁とフローメーターを通さない太いラインに切り替える必要がある。従来はその切り替え部分が蒸発口付近及び手の届かない高い位置（図4）にあり、脚立等を用いて蒸発口を一度開放し付け替える必要があった。そこで配管と切り替えライン（図5）を設計し、手の届く位置に設置した。これにより高所作業及び切り替え時のヘリウムのロスを解消した。



図4 従来の逆止弁の位置



図5 新規増設した切り替えライン

2.4 ピット内換気ダクトの設置

当センターのNMR のうちの1基は、上方の漏洩磁場が2階まで及ぶことを防ぐために、ピット下にSCM を設置している。このピット内は液体窒素使用時等に低温の窒素ガスが溜まりやすく、酸素濃度低下の恐れが高い。そこで吸気口を低い位置にした排気ダクト（図6）を設置した。設置に際しては前装置のクエンチダクトの排気口と部材を流用し、コストダウンも考慮した。



図6 ピット内換気ダクト

3. おわりに

当センターの装置に対し、地震による被災や維持管理業務の経験をもとにした対策を施し、管理者を含めた装置利用者の安全性および装置の安定性を向上させた。各種設備の整備が出来たのは、尽力して下さった教職員、装置メーカー、設置業者の皆様のおかげであり、感謝申し上げたい。