

TEM/FIB 関連機器における長期維持管理業務の現状と課題

○山本 千綾^{a)}、勝又 まさ代^{a)}、篠塚 郷貴^{a)}、河村 隆之介^{a)}、山中 淳二^{a)b)}

^{a)}山梨大学 研究推進・社会連携機構 研究機器統轄センター、^{b)}山梨大学 クリスタル科学研究センター

1. はじめに

透過型電子顕微鏡(Transmission Electron Microscope; TEM)および集束イオンビーム装置(Focused Ion Beam; FIB)関連機器は、初期導入費用が高額であり、一度導入すると 15~20 年以上が経過しても容易に更新できないのが現状である。また、年数の経過に伴い製造終了や保証対象外となる装置が増え、故障時の部品供給が困難になるとともに、メンテナンス費用も割増となるなど、維持管理費の増加が大きな課題となっている。実際に、本学機器分析センターが所管する TEM や FIB も各所で故障が頻発しており、修理・整備の負担が年々増大している。本報告では、導入から長期間が経過した以下 3 機種種の TEM/FIB 関連装置を例に、現場で直面している維持管理上の課題とそのコスト実態を整理し、参加機関との情報共有を図ることを目的とする。

2. 機器分析センターが所管する TEM/FIB 関連装置

本学、機器分析センターの所管する TEM/FIB 関連装置を表 1、図 1 にまとめる。

表 1：機器分析センター所管の TEM/FIB 関連主要装置一覧

	英語略称	メーカー/モデル	導入	電子銃/電子源	主なメンテナンス内容 (Gun/LMIS 交換実績)	保守契約	消費電力量 (2023 年)
(a)	FE-S/TEM	FEI 社製 Tecnai Osiris	2011 年	SEG	SEG 交換 (3~4 年間隔)	無	37,000 kWh
(b)	STEM	日立製 HD-2300C	2004 年	CFEG	CFEG 交換 (7~10 年間隔)	無	42,000 kWh
(c)	FIB	日立製 FB-2100A	2004 年	Ga-LMIS	LMIS 交換、絞り交換、 チャンバークリーニング等 (1000h⇒1~2 年間隔)	2020 年まで 契約、現在は 無	20,000 kWh

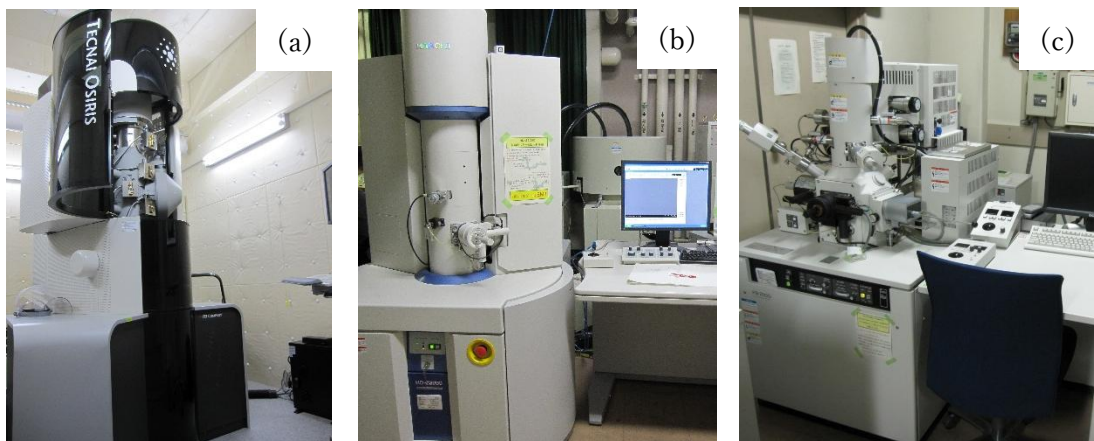


図 1：機器分析センター所管の、(a) FE-S/TEM、(b) STEM 専用機、(c) FIB 外観

(a) FE-S/TEM(SEG 搭載)

ショットキー放出型電子銃(Schottky-emission electron gun; SEG)を搭載し、安定したエミッション維持のため陰極は常に 1800 V 程度の電界がかかっている¹⁾²⁾。ZrO 供給枯渇や形状変化により通常 2~3 年周期で電子銃の交換が必要となり(本学実績 4~5 年)、その費用は毎回数百万円に上る。保守契約は未締結であり、突発的な修繕負担が大きい。年間の電力コストは空調運転分を含めて約 100 万円を超える。

(b) STEM 専用機(CFEG 搭載)

冷陰極電子銃(Cold Field-emission Electron Gun; CFEG)が搭載されている。本装置は別研究室から機器センターに移管された経緯があり、導入から 20 年以上が経過している。CFEG は、SEG と異なり観察時間に応じた消耗となるので使用頻度によって稼働期間が変化するが、通常 5 年間程度、長くても約 10 年間の使用後に交換することが望ましい。しかし、本装置では移管後一度も交換されておらず、すでに 15 年が経過している。現在は基板系の部品調達が困難となっており、一部動作制限があるが修理ができず、そのまま使用している。本学所有の FIB とのホルダ共用機能や、本学の FE-S/TEM には非搭載の二次電子検出器などの点からも、代替不能な装置として維持が求められている。年間の電力コストは空調分を含めて約 130 万円前後。

(c) FIB 装置(Ga LMIS 搭載)

Ga 液体金属イオン源(Liquid Metal Ion Source; LMIS)の定期交換など、高額な整備費が必要である。本装置も別研究室から機器センターに移管されたものである。電子顕微鏡と比較してもより頻繁に保守すべき装置であるため、当初はメーカーとの保守契約を締結していた。しかし、継続した費用捻出が困難となり、近年は保守契約を締結できていない状況にある。各種補助事業等を活用して運用継続を図ってきたが、導入から 20 年を超える装置は補助制度の対象外となるケースが多く、継続的な支援の確保が難しくなっている。現在、LMIS の交換目安である 1000 時間を超えて使用を継続しており、明日にも運用停止となる可能性がある。年間の電力コストは空調分を含めて約 60 万円を超える。

3. 情報交換のお願い

いずれの装置も、超高真空維持と装置安定性確保のため 24 時間連続運転を行っており、冷却系を含めた電力消費も非常に大きい。これらの高額な運用コストや修理・更新の負担に対して、同様の装置を運用されている他機関における維持・費用捻出・延命措置の取り組みや制度活用事例など、具体的な情報を共有いただければ幸いである。

4. まとめ

今回、導入経過年数が長い TEM/FIB 関連機器の維持管理業務について報告をした。機器分析管理をするにあたり、分析技術だけでなく機器を安定的に運用するための総合力が必要であると感じている。近年、機器更新の仕様策定委員に技術職員も招集され始め、一層の知識と技術が求められている。今後も研究者や学生の今を支えながら、将来の研究基盤形成に貢献していくのだという自負を持って、誠実に役割を果たしていきたい。

引用文献

- 1) 木本浩司、三石和貴、三留正則、原徹、長井拓郎、「物質・材料研究のための透過電子顕微鏡」、講談社(2020)
- 2) 長迫実、「分析科学実技シリーズ機器分析編・14 電子顕微鏡」、共立出版(2023)