

ISS 搭載静電浮遊炉の状況

石川 毅彦, 中村 裕広, 猿渡 英樹, 田丸 晴香, 大塩 正人, 小山 千尋 (JAXA), 高田 哲也 (IHI エアロスペース)

Status of the electrostatic levitation furnace (ELF) on the ISS

Takehiko Ishikawa*, Yasuhiro Nakamura, Hideki Saruwatari, Haruka Tamaru, Masato Oshio, Chihiro Koyama, Tetsuya Takada

*JAXA., Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505

E-Mail: ishikawa.takehiko@jaxa.jp

Abstract: Status of the electrostatic levitation furnace on the International Space Station (ISS-ELF) is described. Development of the furnace was started in 2011. The facility was launched in 2015 and assembled in the ISS 2016. Since then, functional checkout and technical demonstration experiments have been conducted. Oxide materials at high temperature were successfully levitated and molten in the ISS-ELF and their temperatures and densities were precisely measured.

Key words; Electrostatic levitation, International Space Station, High temperature melts

1. はじめに

静電浮遊炉は、クーロン力を利用して試料を位置制御し、高出力レーザーを試料に照射して溶融する装置である¹⁾。国際宇宙ステーション (ISS) 搭載用の静電浮遊炉は、2011 年から開発を開始し、2015 年に ISS に輸送された後、2016 年から運用が開始された。本稿では、装置の概要及び初期チェックアウトの状況について概要を説明する。

2. 装置概要²⁾

ISS 搭載静電浮遊炉 (ELF) の概要を Fig.1 に示す。ELF は、既存の多目的実験ラック 2 (MSPR-2) に組

み込まれて、MSPR-2 を通じて ISS システムから電力・冷却水等のリソースを得る。実験データや画像データも MSPR-2 を介して ISS の伝送システムに送られる。ISS-ELF は、Fig.2 のとおり、大きく 3 分割で ISS に運ばれ、搭乗員によって組み立てが行われた。Left 部及び Right 部には、装置を制御するコントローラや雰囲気コントロールのためのバルブが組み込まれている。Center 部には、実験チャンバー及び光学装置がおかれている。

Center 部にはサンプルカートリッジが挿入され、実験が行われる。サンプルカートリッジの詳細を Fig.3 に示す。サンプルカートリッジ内の電極の部分で試料は浮遊する。試料ホルダーには 15 個の試料が充填され、1 つずつサンプルカートリッジ内のロッドで供給及び回収が行われる。試料カートリッジには 20 を越える光学窓があり、チャンバーに取り付けた光学観察装置より試料を観察したり、加熱したりすることができる。

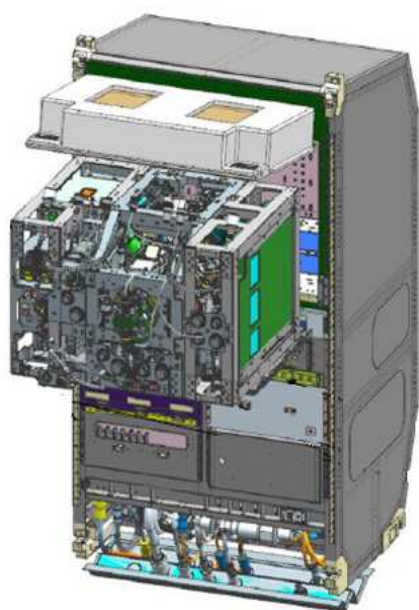


Fig.1 Drawing of ISS-ELF to be inserted in the MSPR-2

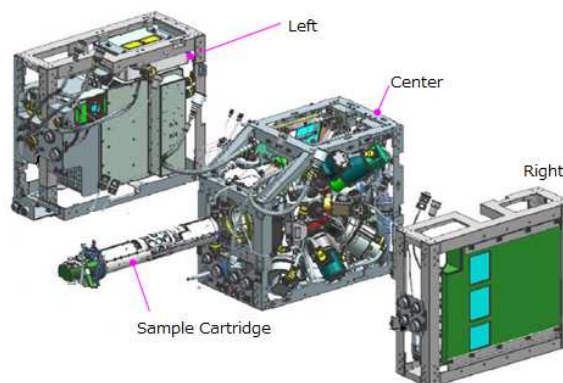


Fig.2 Detailed drawing of the ISS-ELF

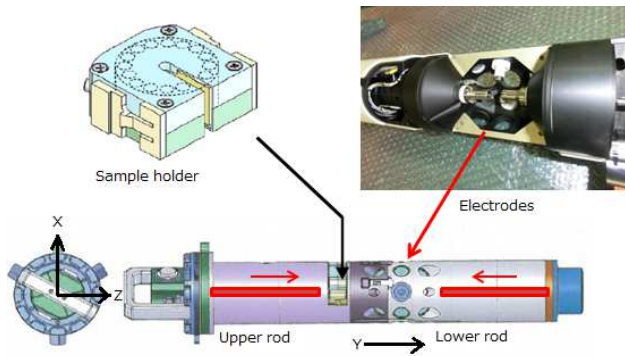


Fig.3 Detailed drawing of sample cartridge

3. 実験状況

2016年2月より実験運用を開始した。固体試料の浮遊はすぐに達成したが、チェックアウトを通じて実験の妨げとなるバグが幾つか発見されたため、ソフトウェアの改修を行った。2016年末には、Zr及び酸化エルビウムをドープしたアルミン酸カルシウム（ガラス化する試料）の浮遊溶解に成功した。Table-1に浮遊溶解を達成した試料及びその融点を示す。また、Fig.4に浮遊溶解するアルミナ試料を示す。試料投入から捕捉までの試料の動きを示す初期検証の実験は、地上では浮遊溶解が困難な高融点酸化物試料を対象としている。

Table-1 List of melted samples in the ISS-ELF

	Sample name	Melting temperature (°C)
1	Zr	1,855
2	40wt%Er ₂ O ₃ -CaOAl ₂ O ₃	1,605
3	Gd ₂ O ₃	2,395
4	Er ₂ O ₃	2,315
5	Al ₂ O ₃	2,046
6	Fe ₂ O ₃	1,565



Fig.4 A molten alumina sample levitated in the ISS-ELF

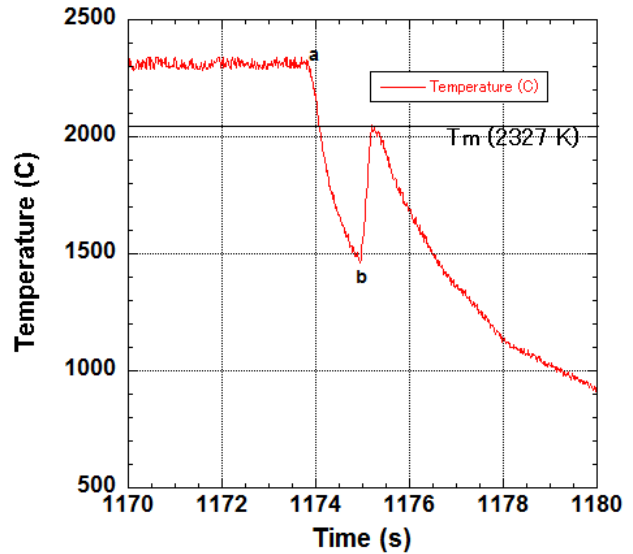


Fig.5 Measured temperature of molten alumina

Fig.5に試料の温度測定と密度測定結果を示す。試料位置は温度測定に揺らぎを与えない程度に十分安定していること、深い過冷却が達成出来ることが確認されている。更に、試料の画像から密度の詳細測定が出来ることも確認済みである（論文投稿中のため、データ、グラフは掲載しない。）

4. 今後の予定

現在、液滴振動法による表面張力及び粘性係数測定法の機能確認を実施している。これが終わり次第、公募で採択された実験テーマの試料を用いた実験に移行する予定である。また、高温酸化物融体の熱物性測定を継続して実施していく予定である。

参考文献

- 1) Rhim, W.-K., Chung, S. K., Barber, D., Man, K. F., Gutt, G., Rulison, A., Spujt, R. E., *Rev. Sci. Instrum.* **64**, 2961-2970 (1993)
- 2) Tamaru, H., Ishikawa, T., Okada, J.T., Nakamura, Y., Ohkuma, H., Yukizono, S., Sakai, Y., Takada, T, *Int. J. Microgravity Sci. Appl.* **32**, 32104 (2015)
- 3) Fuse, T., Nakamura, Y., Murakami, K., Shibasaki, K., Tamaru, H., Ohkuma, H., Yukizono, S., Ishikawa, T., Okada, J., Takada, T., Sakai, Y., Arai, T., Fujino, N., 64th International Astronautical Congress, Beijing, China IAC-13-A2.7.8 (2013)
- 4) Ishikawa, T., Okada, J. T., Paradis, P.-F., Marahalli, V. K., *Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan* **12** ists29, Th_15-18 (2014)