

9-4 核融合炉条件を作り出す強力中性子源の建設に向けて —リチウム施設の工学実証研究と工学設計の構築—

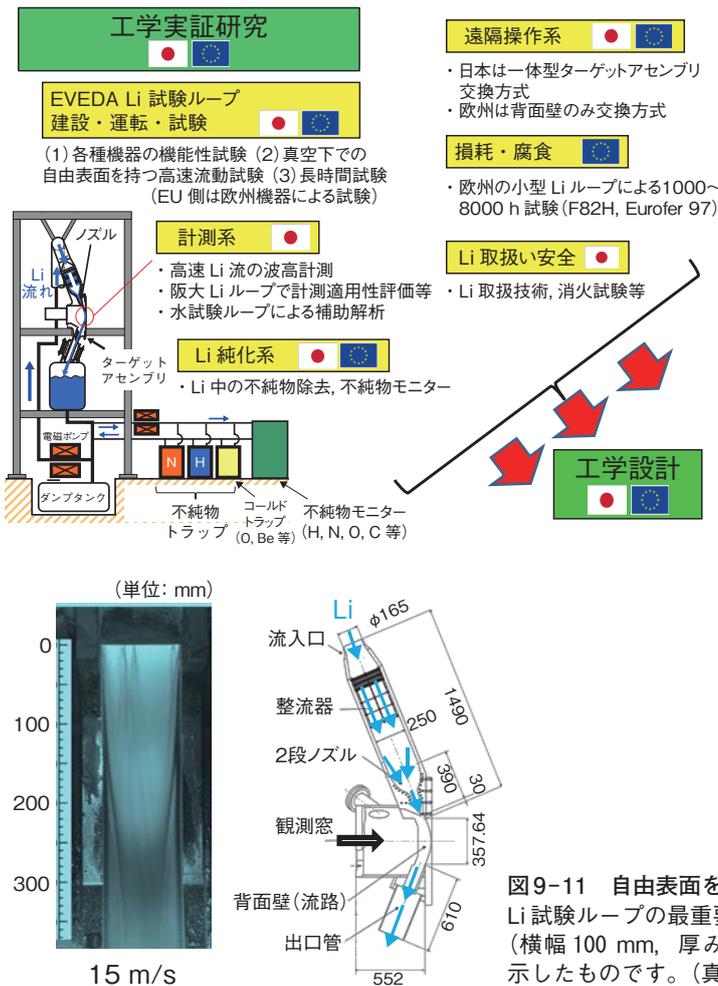


図9-10 IFMIF の Li 施設の工学実証と工学設計活動の内容
Li 施設の工学実証としてプロトタイプのリチウム試験ループの建設と運転及び試験などの実証試験を実施し、これを基に IFMIF の中間工学設計書を作成しました。

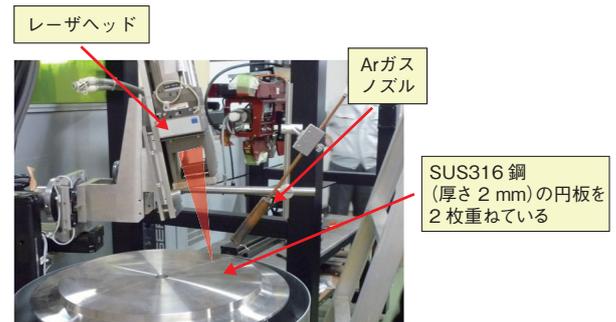


図9-12 ファイバーレーザーによる溶接と切断の実証
大阪大学接合研との協力下で、ファイバーレーザーによる溶接の実証試験を実施した様子です。この時のレーザーの出力は 5 kW で、溶接速度は毎分 3 m で制御しました。

図9-11 自由表面を持つ高速 Li 流 (左) と流路 (右)
Li 試験ループの最重要な実証試験として 1/2.6 スケール (横幅 100 mm, 厚み 25 mm) の安定した高速 Li 流を示したものです。(真空中 (約 370 Pa) で 250 °C)

核融合炉では、核融合反応 (D-T 反応) により生成した 14 MeV 中性子によって材料中では弾き出し損傷や核変換生成物 (H や He 等) により、材料の照射硬化や照射脆化などの現象が生じます。現在、建設が進められている国際熱核融合実験炉 (ITER) による材料への中性子照射量は原型炉目標の数 % 以下のため、原型炉の材料開発の評価には十分ではありません。このため、核融合原型炉の材料開発には、国際核融合材料照射施設 (IFMIF) のような高強度の 14 MeV 中性子相当の照射環境場で、材料やコンポーネント等の照射量依存性評価が不可欠です。

IFMIF では 40 MeV, 125 mA の 2 本の重陽子ビーム (形状: 横幅 200 mm, 縦幅 50 mm) を、真空中 (約 10^{-3} Pa) で自由表面を持つ 250 °C の液体リチウム (Li) ターゲット (横幅 260 mm, 厚み 25 mm) に入射させ、中性子を発生させるシステムです。現在、IFMIF の工学実証・工学設計活動 (EVEDA) が、日欧協力のもと幅広いアプローチ活動のひとつとして実施されています。

私たちは、図 9-10 に示すような IFMIF の Li 施設の工学実証試験の課題評価とその工学設計を実施しています。この中で IFMIF の Li 施設のプロトタイプである世界最大の流量 (3000 l/min) を持つ EVEDA Li 試験ループを建設・運転し、IFMIF の建設などの判断に必要な Li 施設の工学実証試験データの取得を積み重ねているところです。この高速 Li 流の評価においては、図 9-11 に示すようなビデオカメラによる高速観察法や、開発を進めてきた非接触型のレーザー波高計測器による計測によって正圧だけでなく、負圧においても安定した流れを形成することが分かりました。また、遠隔操作系技術の工学実証試験として、Li 施設の構成要素であるターゲットアセンブリと呼ばれる機器の交換方法に対して、ファイバーレーザーを利用した切断と溶接の適用性試験 (図 9-12) を実施し、良好な結果を得ています。そして、これらの工学実証試験を基にして、IFMIF 施設全体として約 6500 ページにも及ぶ中間工学設計書を 2013 年度に作成しました。

●参考文献

Wakai, E. et al., Engineering Validation and Engineering Design of Lithium Target Facility in IFMIF/EVEDA Project, Fusion Science and Technology, vol.66, no.1, 2014, p.46-56.