FeCrAlZr-ODS 鋼を応用した先進核融合機器の開発に関する研究
（4）核融合炉機器の材料共存性研究

Application of FeCrAlZr-ODS alloy for advanced liquid blanket and divertor concepts
(4) Experimental study on chemical compatibility for the development of fusion reactor components

*近藤 正聡 [1], 宮澤 順一 [2], 田中 照也 [2], 大野 直子 [3], 秋吉 優史 [4], 坂本 寛 [5], 植木 祥高 [6], 菱沼良光 [2], 笠田竜太 [7], 波多野雄治 [8], Bruce Pint [9], Jun Jiheon [9], Nick Russel [9]

[1] 東工大, [2] 核融合研, [3] 北大, [4] 阪府大, [5] NFD, [6] 阪大, [7] 京大, [8] 富山大, [9] オークリッジ研

核融合炉の液体ブランケットや液体ダイバータにおける共通の課題として、液体金属と構造材料の化学的共存性が挙げられる。液体金属流体の温度や流動条件、放射線照射が材料共存性に与える影響を明らかにする事を目的とし、様々な条件の共存性研究を実施している。その成果や計画について報告する。

キーワード：液体ブランケット, 液体ダイバータ, FeCrAl 合金, 材料共存性, 放射線照射

1. 緒言 液体鉛リチウム合金(Pb-16Li) を燃料増殖材とする液体ブランケットや、液体金属錫(Sn)を冷却材とする液体ダイバータの開発研究が行われている。こうした先進核融合炉機器の共通課題として、候補構造材料との化学的共存性が課題である。最近の研究成果から、液体金属流体の温度や流動条件が、腐食挙動を左右する事が徐々に明らかになってきた。一方で、核融合機器は高エネルギー中性子に晒されるが、材料共存性への影響は殆ど明らかにされていない。本論文では、液体金属の温度や流動条件、放射線照射が材料共存性に及ぼす影響を明らかにする事を目的として実施している様々な共存性研究の成果や計画について報告する。

2. 各種共存性試験の実施と計画

2-1. 静止場腐食試験 Pb-16Li や Sn と候補構造材料の化学的共存性を明らかにするために、核融合炉機器の流体出口温度に相当する 773K の温度条件で、低放射化フェライト鋼や 316L オーステナイト鋼を中心とする様々な候補構造・機能材料を対象に静止場腐食試験を実施した。試験温度は 773K から 1173K、試験時間は 250 時間である。熱力学的かつ化学的に安定な Al_2O_3 被膜を形成する FeCrAl 合金(APMT, Fe12CrAlZr-ODS, Fe15CrAlZr-ODS)が、これらの液体金属に対して優れた共存性を示す事が分かった。

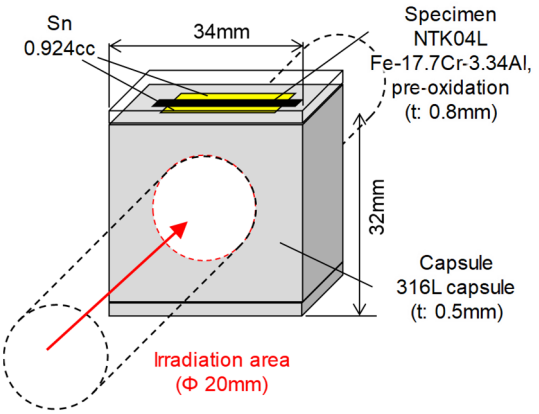

図 1 電子線照射下共存性試験に使用したミルフィーユ状キャプセルの構造

2-2. 攪拌流動場腐食試験 候補構造材料の短冊状試験片を、インペラー回転により形成した液体金属旋回流動場へ浸漬して等温条件の攪拌流動場腐食試験を実施した。試験温度は、873K、試験時間は 1000 時間である。液体 Sn 中では材料腐食が流れにより大きく促進される事が明らかになった。これは、試験片表面から液体金属中への金属元素の溶出現象が、流れにより促進される事が原因であると考察できる。予備酸化処理を施した FeCrAl 合金は優れた耐食性を示す事がわかった。

2-3. 電子線照射場腐食試験 京都大学の電子線型加速器を使用して、電子線照射下の腐食試験を実施した。図 1 に、腐食試験に使用した 316L オーステナイト鋼製ミルフィーユ形状キャプセルの構造を示す。予備酸化処理した FeCrAl 合金(NTK04L:Fe-18Cr-3.34Al)を Sn と共にキャプセル内に封じ、キャプセル中央付近に電子線を照射し、その熱により腐食試験温度を維持した。試験温度 480℃、試験時間 67.8 時間、電子線エネルギーは 8MeV、ピーク電流 250mA、パルス幅 4μs、パルス周波数 100-120Hz である。試験後に、キャプセルと試験片の腐食の状態を電子顕微鏡等により調べた。

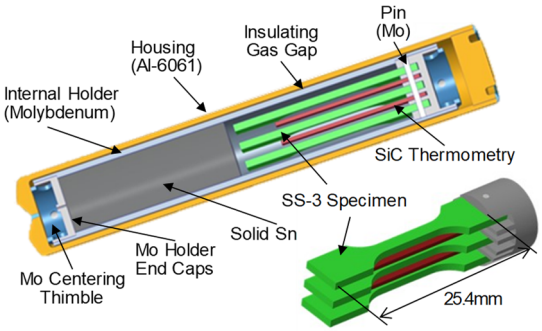

図 2 中性子照射下腐食試験キャプセル

2-4. 中性子照射場腐食試験の計画 日米科学技術協力事業 FRONTIER 計画において、中性子照射下の腐食試験の実施計画を米国 ORNL 研と共同で検討している。照射キャプセルの構造を図 2 に示す。容器の材質として使用する予定の Mo やサーモメトリーに使用する SiC の耐食性を予備試験により明らかにした。

*Masatoshi Kondo[1], Jyunichi Miyazawa[2], Teruya Tanaka[2], Naoko Oono[3], Masafumi Akiyoshi[4], Kan Sakamoto[5], Yoshitaka Ueki[6], Yoshimitsu Hishinuma[2], Ryuta Kasada[7], Yuji Hatano[8], Bruce Pint[9], Jun Jiheon[9], Nick Russel[9]
[1]Tokyo Tech, [2]NIFS, [3]Hokkaido Univ., [4]OPU, [5]NFD, [6]Osaka Univ., [7]Univ. of Toyama, [8]Kyoto Univ., [9]ORNL.