

高温溶融物とデブリベッドの相互作用に関する実験

Experimental study on remelting of multicomponent debris and debris-structure interactions

*秋葉 美幸, 堀田 亮年

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

デブリベッドの冷却性を評価する解析コード開発に資する、多孔質状デブリベッド内の溶融金属の浸透挙動に関する実験を計画し、デブリ材料、形状及び温度等をパラメータとした基礎実験を実施した。

キーワード: 重大事故、溶融炉心、デブリベッド、浸透挙動

1. 緒言 軽水炉の重大事故時において、格納容器下部のプール水中に堆積する多孔質状のデブリベッド中に十分に水が流入しない場合には、デブリベッド内で再溶融が発生する可能性がある。その状況に至ると、高融点の酸化物デブリベッド内を低融点の金属溶融物が浸透してゆくこととなる。同様に固化したデブリベッド上に高温溶融物が落下した場合、溶融物がデブリベッド内に浸透し空孔を閉塞等することで局所的に再溶融が発生する可能性がある。このような溶融金属の浸透挙動等に関する実験はこれまでに実施されておらず、デブリベッドの冷却性を評価する解析コードの開発には、これらデータの取得が望まれている。そのため、高温溶融物とデブリベッドの相互作用に関する実験(REMCOD)を計画し、支配パラメータの検討と基礎実験を実施した。

2. 支配パラメータの検討と全体計画 上記解析コードの開発には、まずプール水の無い条件でのデータが必要とされており、ドライ条件を実験対象とした。ドライ条件における多孔質状あるいは粒子堆積状デブリベッドへの浸透挙動を支配する因子としては毛細管現象が挙げられる。毛細管現象には濡れ性、多孔質体の孔の大きさ、形状及び空隙率、並びに、流入する溶融金属の量及び水頭が大きく影響する。加えて、浸透時に溶融金属が固化することを考慮すると、デブリベッドの熱的物性及び温度分布、溶融金属の初期温度及び熱物性も影響する。そこで、上記項目をパラメータとし、まずは基礎実験として比較的簡素な装置による可視化実験(REMCOD-1, 2)を行い、ここで得られた知見を基に、より詳細なデータを取得する実験(REMCOD-3)を行う計画とした。

3. 基礎実験 図1に溶融金属を流下させる前の基礎実験装置を示す。前背面をガラスとした矩形容器を縦に4分割し、各分割域に粒子堆積状デブリを模擬した様々な材質及び形状の粒子を試験体として充填する構成とした。実験時には背面にヒータを設置して試験体を所定の温度まで上昇させた後、容器上部に設けた漏斗から、模擬溶融金属を各分割域に流入させ、浸透時の挙動及び固化後の浸透状況を観察した。なお、各試験部には熱電対を軸方向に数本挿入し、温度上昇の測定による浸透挙動も計測した。試験体材質は濡れ性や熱物性を考慮してガラス、セラミック及び金属を選択し、形状を球または円筒形状とした。また、溶融金属はスズとビスマスの共晶組成で模擬した。代表的な実験結果を図2に示す。試験体は、左から①直径及び長さ6mmの円筒形アルミナ 空隙率0.39、②同形状ステンレス 空隙率0.41、③直径及び長さ3mmの円筒形ステンレス 空隙率0.35、④直径6mmの球形ガラス 空隙率0.46で、全て初期温度を模擬溶融金属の融点139°Cより高く、過熱度30°C以上に設定したものである。濡れ性は、アルミナとステンレスよりガラスが良い。また、空隙率は試験部容積、試験体重量及び密度から評価した。どの試験体も模擬溶融金属が試験体上側に残ることなく全て流入し、浸透も途中で止まらず試験体下部から流下した。なお、試験体の初期温度が常温の場合、溶融金属の固化による試験体内での浸透停止を確認している。また、実験前後の試験体重量を計測した結果、溶融金属の試験部保持量は④が最も多く、①が最も少ない結果となった。他の実験ケースも合わせてデータを分析したところ、本実験範囲ではデブリベッド表面の単位面積(実験前試験体重量、粒子1個の重量と表面積から全表面積を算出)あたりに保持される金属量は、バラツキはあるものの全体として、デブリ材質に依らず空隙率とともに増加する傾向等が得られた。

4. 結言 多孔質状デブリベッド内の溶融金属の浸透挙動について支配パラメータを検討し、基礎実験を行った。今後さらに基礎実験を行うとともに、詳細な計測が可能な実験装置を設計製作して実験を行い、データを拡充し、浸透等の現象を明らかにする予定である。

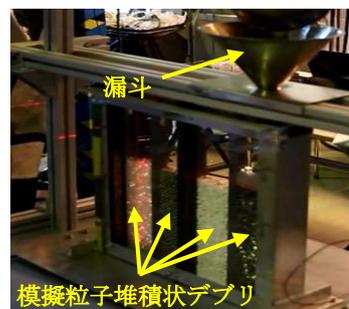


図1 基礎実験装置



試験部下部からの流下
図2 代表的な基礎実験結果
(Run No. E09)

*Miyuki Akiba, Akitoshi Hotta

Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)