

超高温ガス炉減圧事故時の空気浸入挙動の研究

(3) 破断位置が自然循環流発生時刻に及ぼす影響

Study on Air Ingress Phenomena during a Depressurization Accident of VHTR

(3) Influence of pipe rupture position on onset time of natural circulation

*武田 哲明¹, 志賀倫哉¹

¹山梨大大学院

第四世代原子炉の一つである超高温ガス炉の減圧事故時には、配管破断により空気が浸入する場合を想定しなければならないが、事故後直ちに空気が浸入する可能性は低いとされている。ここでは、配管の破断位置の違いが空気浸入及び自然循環流の発生時刻に及ぼす影響について考察した。

キーワード：VHTR, 減圧事故, 空気浸入, 多成分気体混合, 自然対流, 分子拡散

1. 緒言

超高温ガス炉の原子炉設計を行う際に想定事象の一つである一次冷却系主配管破断時の空気浸入事象においては原子炉内の高温高压のヘリウムガスが格納容器内に破断口から噴出し、原子炉内外の圧力が均圧した後、多成分気体の分子拡散と局所的な自然対流及び原子炉内を一巡する混合気体の自然循環流、あるいは不安定密度成層下での密度置換流など、密度の異なる気体の複雑な混合現象が生じる。今後の超高温ガス炉の安全設計に関して、これらの現象が重畳する場合の空気浸入過程を明らかにしておくことは、設計上の安全裕度を確定する上でも重要である。

2. 破断口位置及び炉内構造物による現象の考察

JAEA が所有する高温工学試験研究炉 (HTTR) に代表されるような原子炉の下部に一次冷却系配管が位置する場合に配管が破断すると、一般的には破断口上部の炉内には密度の小さい気体が、破断口下部には密度の大きい空気とヘリウムの混合気体が存在するため、炉内外が均圧後、直ちに混合気体が浸入する可能性は低い。この場合、炉内の流路構成は逆 U 字型流路となるが、単純な流路の場合、高温側が並列流路の場合、局所的に自然対流が発生している場合については、実験及び数値解析を行い、黒鉛が酸化する場合についても同様に考察してきた[1-7]。これらは全て、配管の破断位置が原子炉下部を想定した場合であり、HTTR を参考に検討してきたものである。これまでに行った実験結果について、高温側流路の加熱壁平均温度を横軸に、配管破断後に流路下部から密度の大きい成分気体の自然循環流が発生する時刻を縦軸にとった結果を図 1 に示す。加熱流路の高さが約 1m 以下の場合でも加熱流路側に局所的な自然循環流や自然対流が発生している場合には自然循環流の発生時刻は短くなっている。加熱流路に黒鉛を用いて実際に酸化反応を生じさせた実験結果では、発生する一酸化炭素や二酸化炭素は自然循環流の発生時刻に大きな影響を与えないことも分かる。ここでは炉心下部の配管長の影響についても考察し、自然循環流の発生時刻の考察結果を報告する。本研究は JSPS 科研費 JP16K14535 の助成を受けたものである。

参考文献 [1] T. Takeda and M. Hishida, *Nucl. Eng. Des.*, **135**, 341 (1992), [2] *Int. J. of Heat and Mass Transfer*, **39**, 527 (1996), [3] *Nucl. Eng. Des.*, **200**, 251 (2000), [4] T. Takeda, et al., *Nucl. Eng. Des.*, **240**, 2443 (2010), [5] *Nucl. Eng. Des.*, **271**, 417 (2014), [6] *Nucl. Eng. Des.*, **306**, 108 (2016), [7] *Proc. of HTR* 2016-18632

*Tetsuaki Takeda¹

¹University of Yamanashi

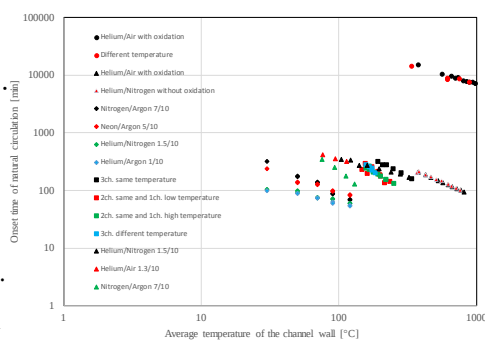


図 1 自然循環流の発生時刻