ナトリウム冷却高速炉における格納容器破損防止対策の有効性評価技術の開発（16）着火濃度に着目した水素誘導拡散燃焼挙動

Development of Estimation Technology for Availability of Measure for Failure of Containment Vessel in Sodium Cooled Fast Reactor
(16) Ignition study on various gas concentration of hydrogen jet containing sodium vapor/mist

*土井 大輔[1,2]，伊藤 啓[1]，清野 裕[1]，宮原 信哉[2]、宇埜 正美[2]
[1]原子力機構，[2]福井大

ナトリウム冷却高速炉のシビアアクシデント研究の一環として、ナトリウムの蒸気やミストを含んだ水素ガスの拡散燃焼試験を実施した。今回は、炉外事象進展評価上重要でありかつ既往知見のない水素・酸素の濃度をパラメーターとした燃焼試験結果を報告する。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，シビアアクシデント、ナトリウム、水素燃焼、拡散燃焼

1. 緒言　ナトリウム冷却高速炉のシビアアクシデントにおいて、炉心溶融物やナトリウムとコンクリートとの反応を想定した場合、不活性雰囲気下でナトリウムの蒸気やミストを含んだ水素ガスが発生する。この水素は空気雰囲気中へ流入すると、ナトリウムの自己着火に起因して高速炉特有の水素誘導拡散燃焼が生じることが報告されている[1]。この既往研究では、高濃度条件（水素濃度；75vol%、酸素濃度；>19vol%）における試験結果に基づいた着火閾値が整理されたが[1]、水素が空間に滞留する以前に燃焼消費させる観点から低濃度条件（水素濃度；1-15vol%、酸素濃度；3, 5, 8, 10, 15, 21vol%）における着火閾値の知見を得ることは重要である。今回は水素誘導拡散燃焼現象における着火機構の解明[2]および多次元解析手法の開発[3]を目指す研究のうち、ナトリウム混在水素拡散燃焼試験の結果について報告する。

2. ナトリウム混在水素拡散燃焼試験の概要

2-1. 試験目的　ナトリウム冷却高速炉の炉外事象進展評価上重要である低濃度条件における着火閾値を明らかにする。

2-2. 試験方法　水素燃焼試験装置の主要部を図 1 に示す。金属ナトリウムを 750°C まで加熱して発生させた蒸気やミストを燃焼容器内のノズルまで輸送し、ノズル内にて水素ガスと混合した後、酸素濃度を調節した常温・大気圧の燃焼容器内雰囲気へ一定温度（約 240°C）、流量（約 10L/min）で噴出させる。ノズルから噴出させるガス中の水素濃度、燃焼容器内の酸素濃度をパラメーターとし、主に熱電対による火炎温度測定を用いて水素ガスの着火・燃焼の有無を観測する。

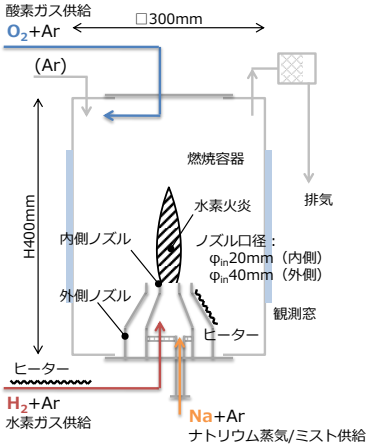


図 1 水素燃焼試験装置 燃焼容器

2-3. 試験結果　図 2 に示すように、水素・酸素の濃度条件に応じた着火・燃焼現象の傾向を把握した。酸素濃度の増加に伴い、水素が着火・燃焼継続し易くなる傾向を確認でき、低酸素濃度ではナトリウムは着火するものの、水素は着火しない濃度領域が存在することがわかった。水素の着火傾向には、酸素濃度に応じたナトリウムの燃焼挙動が影響を与えていると考えられる。また着火源が十分に供給継続される状態では、原子炉格納容器に対する過圧要因となり得る水素蓄積燃焼の下限濃度閾値（水素濃度；約 4vol%（大気圧、空気中）、酸素濃度；約 5vol%）以下で水素誘導拡散燃焼が生じ、水素蓄積燃焼による原子炉格納容器破損のリスクは低減する可能性があることがわかった。今後はナトリウム濃度の定量精度向上を検討する予定である。

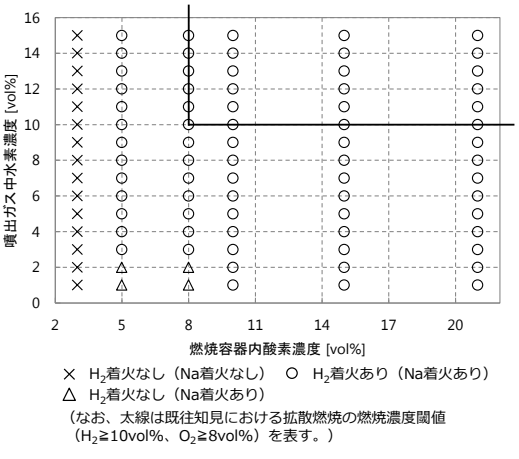


図 2 燃焼試験結果

参考文献 [1] R.W. Wierman and R. K. Hilliard, HEDL-TC-730 (1976).
[2] 土井ら、日本原子力学会 春の年会 G04 (2015).
[3] 伊藤ら、日本流体力学会誌 vol.35 pp.123-126 (2016).

本研究は、文部科学省のエネルギー対策特別会計委託事業による委託業務「ナトリウム冷却高速炉における格納容器破損防止対策の有効性評価技術の開発」として委託先の福井大学および再委託先の原子力機構が実施した成果の一部である。

*Daisuke Doi[1,2], Kei Ito[1], Hiroshi Seino[1], Shinya Miyahara[2] and Masayoshi Uno[2]
[1]JAEA, [2]Fukui Univ.