

5-4 PWRの苛酷事故を防止する原子炉計装

— 事故時の炉心過熱度と出口検出温度との乖離原因を解明したOECD/ROSA実験 —

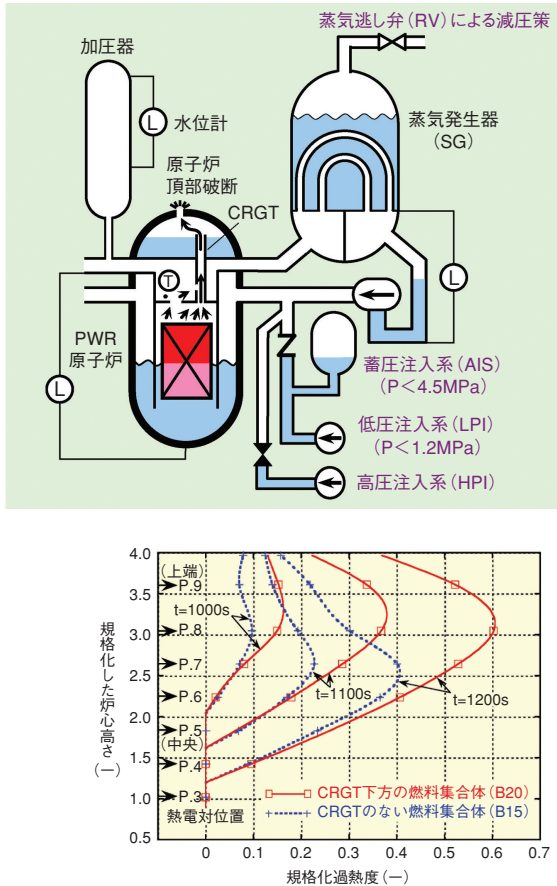


図 5-10 二つの高出力燃料集合体での蒸気温度比較
上方にCRGTがあるか否かで軸方向温度分布が著しく異なります。

私たちは、LSTF実験を通じた国際共同研究により、軽水炉の安全向上を図るOECD/NEA ROSAプロジェクトを2005年に開始し、苛酷事故防止や解析コード高度化などの課題に14か国で取り組んでいます。その一つとして、PWR容器頂部小破断によるLOCA模擬実験(図5-8)を実施し、苛酷事故防止に用いる原子炉計装の特性を調べました。特に、破断口から冷却材が流出し続けて炉心が空だき状態になった時、その過熱を検知する上で最も信頼できると期待されている炉心出口温度計(CET)の特性を、実験で詳しく調べました。

炉心が過熱すると過熱蒸気は上方の出口に向かいましたが、最も早いCETの過熱検出は炉心の過熱開始より約70秒遅れ、運転員が減圧を開始する条件(623K)までには更に160秒かかりました。またCETの最大過熱度も、炉心最高温度点の過熱度よりずいぶん小さいものでした(図5-9)。私たちは二つの原因を考えました。一つは、破断位置が異なるほかのLOCA模擬実験でも、CETの昇温開始の遅れは共通して生じており、燃料棒上部の低温領域や炉心の出口付近と外周部の非加熱構造材による冷

図 5-8 原子炉頂部小破断LOCA実験での炉心出口温度検出制御棒駆動機構の貫通ノズル周辺に著しい減肉が発見された米国データベース炉の事例(トピックス5-1)を参考に、110万kW級PWRの模擬実験装置(LSTF)を用いて原子炉容器頂部における小破断LOCAの模擬実験を行いました。ノズル1本の完全破断(コールドレグ1.9%破断相当)と高压注入系(HPI)の全故障という厳しい条件を想定し、更に、炉心出口に設置した温度計(CET:20点、図中T)が一定の過熱度(飽和温度からの上昇分)を検知したら、蓄圧注入系(AIS)や低压注入系(LPI)の作動を促すため、運転員は蒸気発生器(SG)の二次側急減圧操作を開始することとしました。炉心で発生した過熱蒸気は、8本のCRGTに集中して多次元的に流れ、CETの過熱度検出特性に影響しました。

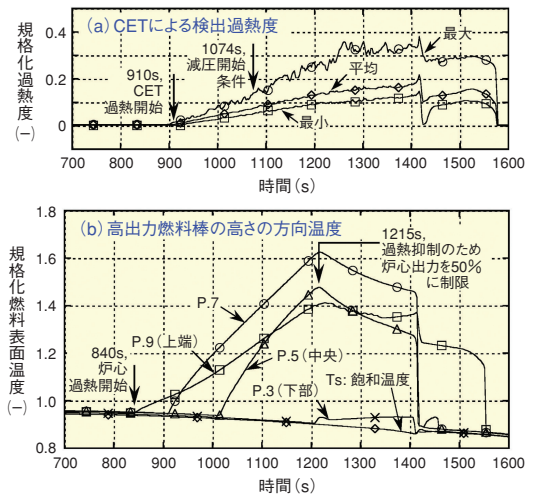


図 5-9 CETが検出した蒸気の過熱(a)は、炉心燃料棒の温度(b)の過熱開始より遅れて発生し、かつ低い過熱度を示しました。

却効果が遅れの原因と考えられます。第二はこの実験特有の現象として、図5-8のように、炉心の高温蒸気が破断口につながる制御棒案内管(CRGT)下部入口へ集中し、三次元的な蒸気流れが生じたことです。実験では、出口付近にCRGTが設置された高出力燃料集合体(B20)では高温蒸気が上昇しましたが、CRGTのない燃料集合体(B15)では高温蒸気が近接のCRGTに向かって横向きに流れ、外周から低温の蒸気が流れ込んだと判断される結果を得ました(図5-10)。LSTFではCRGTの外側にCETを設置しており、蒸気の過熱検出が遅れる要因となりました。

私たちはこのような現象が実機でも生じうることを示すとともに、事故の兆候をより早く検知する代替指標(水位計3種、図5-8のL)の有用性を指摘しました。OECD/NEAはこれらの情報を参考に、新たなタスクグループを設立して調査・検討を始めました。この成果は、ROSAプロジェクト運営委員会の開示承認に基づく知的財産情報を含みます。

●参考文献

Suzuki, M. et al., Performance of Core Exit Thermocouple for PWR Accident Management Action in Vessel Top Break LOCA Simulation Experiment at OECD/NEA ROSA Project, Proceedings of 16th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE16), Orlando, Florida, USA, 2008, ICONE16-48754, 11p., in CD-ROM.