

審査の結果の要旨

氏名 呉 楊

高温ガス炉は、シビアアクシデントを非常に起こしにくい原子炉として知られているが、その中でも配管破断に伴う空気侵入事故が相対的に厳しい事象として検討されている。このとき、高温となる燃料の除熱量を正確に把握することが燃料健全性の重要な因子となる。特に、空気侵入時には黒鉛が酸化発熱するとともに、一酸化炭素などの生成や、輻射伝熱にも影響を与える。従来から様々な検討がなされてきているが、特に黒鉛酸化時の挙動については、安全評価の観点から、より詳細な検討が必要となる。また、安全を評価するシステム解析コードに、適切なモデルを構築しなくてはならない。本研究においては、高温の黒鉛酸化時の挙動を評価することを目的とし、そのためのシステムコードの整備と、コード検証のための、高温黒鉛酸化過渡実験を提案するとともに、実験データを取得し、評価を行っている。本論文は8章にて構成されている。

第1章は序論であり、本研究の目的が高温ガス炉空気侵入事故時の黒鉛酸化挙動を評価することであることを述べている。

第2章では、高温ガス炉開発の歴史を振り返るとともに、黒鉛構造物の物理化学的特性の概要と、本研究で用いた数値解析コードの概要をまとめている。

第3章では、黒鉛酸化に対する熱物質輸送及び化学反応についてまとめている。また、システムコード **RELAP5** における、熱流体輸送モデルや、輻射伝熱モデル、酸化モデルについてまとめている。

第4章では、過去に実施された、黒鉛酸化実験や酸化モデルについて整理している。特に黒鉛の酸化反応モデルをレビュー整理するとともに、黒鉛の輻射伝熱を支配する輻射率の計測方法と既存のデータについてまとめている。

第5章では、本研究で実施した、黒鉛の輻射率計測実験とその結果をまとめている。対象は高温ガス炉で利用されている **IG110** と、それを酸化させた **IG110** の二種類で実施した。その結果、**1050** 度までの範囲における輻射率を計測し、モデルで用いられている **0.8** よりも大きく、安全側であることを確認した。酸化することによって輻射率が大きくなる傾向があることも確認した。

第6章では、**RELAP5**の黒鉛酸化モデルを改良するとともに、その結果を示している。具体的には、酸化反応による黒鉛質量欠損(**burn-off**)をパラメータとして、反応促進係数を修正する式を提案している。過去の実験データを用いて検証することで、従来よりも、実験結果に近い酸化量を模擬できることを示した。

第7章では、黒鉛酸化を**RELAP5**で評価するための、過渡変動実験を考案している。中心部の黒鉛円柱をジュール加熱し、アニュラス空間に濃度を調整した窒素と酸素の混合気体を5分間導入することで、過渡温度変動と質量欠損を計測する。950度及び1150度の条件で、酸素濃度をパラメータとして実験を行い、酸素濃度が大きい場合は酸化反応による発熱によって黒鉛温度が上昇することなどを確認した。流体解析コードで本実験における電極への除熱量を評価したのち、第5章で得られた輻射率と、第6章で改良した**RELAP5**を用いて過渡変動を評価し、温度変化や質量欠損量を、比較的良く模擬できていることを確認している。

第8章は、結論であり、本論文の成果をまとめている。

以上、本論文は、高温ガス炉で厳しい事象である空気侵入を対象とし、黒鉛酸化モデルを改良するとともに、実験によって輻射率を取得する手法を提案、さらには、過渡変動を評価する実験手法を提案するとともに、950度及び1150度における過渡変動実験データベースを取得し、これを用いて改良したシステムコードによって検証を行うなど、高温ガス炉の安全性評価に重要な知見を与えることから、原子力工学の進展に寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。