

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 エルダル オズデミル

東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉に当たり、溶け落ちた燃料デブリの分布状況を把握する事は重要である。このために、シビアアクシデントコードによる事象進展解析、ロボットによる内部調査やミュオン調査などが進められているが、精度の良い推定には至っていない。一方、事故後2週間程度から、格納容器内部の温度分布や圧力情報などが継続的に計測されている。これらの情報を再現するように、熱流体解析コード(CFD)を用いて発熱体の分布を予測する事で、発熱体である燃料デブリの分布を推定することが本研究の目的である。従来のアプローチとは異なる新しい視点で、廃炉に必要な情報を得ることを目的としている。本論文は5章にて構成されている。

第1章では、福島第一原子力発電所廃炉の現状と、燃料デブリ推定に関する現状の知見をまとめている。燃料デブリが発熱体であり、原子炉容器及び格納容器内で考慮すべき熱輸送のパラメータについてまとめている。これらの情報を元に、本研究の目的を述べている。

第2章では、福島第一原子力発電所1号機の格納容器を対象とした、数値シミュレーションについて述べている。CFDコードとしては、StarCCM+を用い、1号機の格納容器及び原子炉圧力容器をモデル化している。東京電力によって計測された温度データを分析、評価し、事故からあまり時間がたっておらず、かつ準安定的な条件である2011年4月6日を選定している。CFDコードのメッシュ依存性を評価し、200万メッシュでメッシュ依存性がなくなることを確認し、以後の計算はこのメッシュでの解析を行っている。発熱分布や除熱分布をパラメータとして分析を行い、燃料デブリが蒸気を過熱している熱量としては7～11%程度であることを推定している。また、一部の安全弁近傍で、他の領域より高温が観測されている。この状況を再現するために、安全弁弁座から20kWに相当する熱が蒸気漏洩もしくは核分裂生成物の崩壊熱で供給されている可能性を示している。また、ペデスタルの外側にデブリが流出している可能性を評価す

るため、発熱体をペデスタル外に一部設置し解析をした結果、温度分布にはあまり影響を与えないことを明らかにしている。

第3章は、蒸気凝縮モデルについて記述している。前章では、計算結果と計測結果の傾向が必ずしも一致していない。実機では蒸気が壁面で凝縮することによる熱輸送が大きいことから、凝縮モデルを考慮する必要性を示している。既存の凝縮モデルについて検討し、拡散層モデルを提案している。これは、壁面近傍の拡散層において蒸気が凝縮するものである。シミュレーションは気相単相で扱い、壁面での蒸気凝縮によって、気相質量消滅と除熱をモデル化している。気相質量消滅量は、伝熱とのアナロジーからシャーウッド数による境界条件として与えている。過去に行われた COPAIN 実験を、開発したモデルによって評価し、定量的に模擬ができることを示している。この開発した拡散層モデルを福島第一原子力発電所1号機格納容器モデルに適用し、解析を行っている。凝縮モデルを導入する事で、解析結果は計測結果と良い一致を示すようになり、凝縮モデルを考慮する事が必要であることを明らかにしている。

第4章は、格納容器への窒素供給の影響について評価している。1号機では2011年4月7日から窒素ガス注入が開始されている。窒素ガスは非凝縮性ガスであり、凝縮性能を阻害する。窒素ガス導入後の2011年4月9日を対象とし、拡散層モデルを適用し、非凝縮性ガスの影響を評価している。窒素ガス濃度をパラメータとして評価し、15%濃度の時に計測値との一致が最も良いことを示している。

第5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、福島第一原子力発電所1号機の発熱体分布を温度・圧力計測値からCFDコードを用いて推定したものであり、蒸気凝縮モデルを適切に導入する事が重要であることを示すとともに、非凝縮性ガスの影響を定量的に評価する事ができる事を示すなど、燃料デブリ分布予測や格納容器内熱輸送・質量輸送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。