



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Investigation of Corium/debris field behavior for Decommissioning and Nuclear Safety Assessment [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	SAHBOUN, Nassim Florian
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14231号
Issue Date	2020-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/79783
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	SAHBOUN_Nassim_Florian_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 SAHBOUN Nassim Florian

審査担当者 主 査 教 授 澤 和弘
 副 査 教 授 大島 伸行
 副 査 特任教授 中島 宏
 副 査 准教授 三輪 修一郎

学位論文題名

Investigation of Corium/debris field behavior for Decommissioning and Nuclear Safety Assessment
(廃止措置と原子力安全評価のための溶融コリウム・燃料デブリの挙動研究)

本学位論文は、福島第一原子力発電所で生じたような過酷事故時における、デブリ及び溶融コリウム (溶融した鋼構造物と燃料デブリの混合物) の挙動予測の高度化を目的とした研究である。原子力発電所で最も厳しい事故は、冷却材喪失事故 (Loss of Coolant Accident (LOCA)) である。この事故では、炉心を冷却する水が失なわれ、再注入できなければ炉心燃料の溶融によりコリウムの発生に至ることが分かっている。コリウムは自重により原子炉圧力容器 (RPV) 下部に移動し、RPV を溶解させて溶融金属の噴出物としてその下の 1 次コンクリートに広がってしまう。広がったコリウムは、閉じ込めて冷却し続ける必要があり、周辺住民の安全確保はもとより、事故が生じた後の廃止措置の観点からもコリウムの挙動を把握することが極めて重要である。

本学位論文の研究は、このような過酷事故のシナリオに沿って、噴出物の生成と衝突挙動に焦点を当てたもので、過酷事故の安全評価及び廃止措置の評価手法の改良に向けて、有用な情報を提供するために、実験及び解析に取り組んだものである。本論文は 5 章で構成されている。以下にその概要を示す。

第 1 章では、研究背景として福島第一原子力発電所で生じたような過酷事故の説明と本研究の位置付け、本論文の構成について記述している。

第 2 章では、これまでの関連研究をレビューするとともに、未解決の課題の抽出・整理を行っている。特に、原子炉圧力容器の貫通時に生じる重要な全ての現象を調査対象とし、着目すべき過程として、溶融コリウムの噴出の発生、噴出物の分断、落下面における広がり、断片化、固化のそれぞれの過程における研究の現状を調査し、その結果に基づいて本研究を進めた。

第 3 章では、廃止措置に関する研究として、福島第一原子力発電所におけるデブリ除去に関する検討を行った。具体的には、2011 年の事故時の原子炉建屋における熱の移動を数値流体力学 (CFD) コードである Star CCM+ を用いて解析評価し、対象とするコンクリート内部の温度分布を求め、セシウムなどの核分裂生成物が浸透しうる深さを推定した。その結果、RPV 直下のコンクリート構造物への放射性物質の汚染は約 25cm 程度となることを明らかにした。本研究結果により、コンクリート表面の汚染のみを考慮すればよいことが分かり、福島第一原子力発電所の廃止措置におけるデブリの除去計画への極めて有用な情報を得ることができた。

第 4 章では、溶融コリウムが発生した場合の安全評価手法の高度化を目指し、溶融コリウム落下後のふるまいに焦点を当てた。具体的には、安全評価上重要となる落下面における最大広がりの定

式化を試みた。定式化に当たっては、噴出したコリウムの落下面上における衝突時のエネルギー保存についてモデル化するとともに、コリウムの噴出物としての寿命を考慮した補正を行った。定式化したモデルの妥当性は、コリウムを模擬した銅と亜鉛に関する実験データと比較することで検討した。その結果、定式化した最大広がりモデルは、最大でも 20% の誤差範囲で予測可能であることが分かった。

第 5 章では、Star CCM+ コードを用いて、前述の銅と亜鉛に関する実験データの噴出のシミュレーションを行い、解析上重要なパラメータの抽出を行った。その結果、落下して固化した際の分岐形状を再現するためには、落下面の表面粗さなどについて、さらに検討を進める必要があることを明らかにした。

最後に、以上の章の結論として、本研究で得られた結果の要点と今後の研究課題について述べている。

これを要するに、著者は原子力分野において課題となっているデブリ除去及び過酷事故時の溶融コリウムについて、解析及びモデル化を通してその挙動予測手法の高度化を達成したものである。デブリ除去については、福島第一原子力発電所事故後のコンクリート内部の汚染分布を明らかにした。溶融コリウム挙動については、落下面の最大広がりを高精度で定式化できるモデルを作成した。

これらの功績は、原子力発電所の安全評価及び廃止措置にかかわる評価手法の高度化に貢献するところ大きく、すなわち原子力工学の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。