

燃料デブリの性状把握・分析技術の開発

国際協力を活用した大型模擬MCCI試験 により燃料デブリの性状を推定する

研究目標

- 1F炉内で生成が想定されるMCCI(Moten Core Concrete Interaction)生成物の特性を把握
 - JAEA-CEA*間の国際協力を活用して1F条件を考慮した大型MCCI試験を実施し、MCCI生成物のサンプルを分析することで、デブリ取り出しに必要な特性データ等を取得
- *CEA: 仏国原子力・代替エネルギー庁

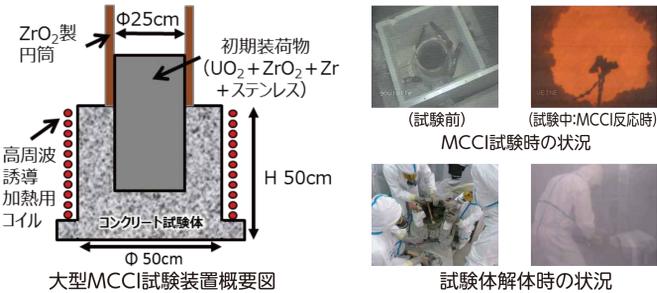
背景・課題

- 1Fでは燃料デブリがコンクリートと反応するMCCIが起こったと推定される。一方、MCCI生成物の特性についての知見が不足(TMI-2でも経験がない)
- MCCI生成物の特性は場所によって異なると予想され、このような「特性の不均一性」に関する情報は、炉内の燃料デブリ状態の把握、取り出し工具及び取り出し方法を検討するうえで極めて重要

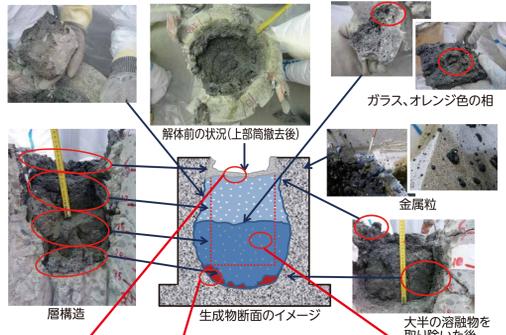
研究概要

大型MCCI試験の概要

- 1Fの炉心材料組成を考慮した条件(多量のZr、玄武岩系コンクリートの使用)での大型MCCI試験を実施
- 試験後の生成物から、上部クラスト、酸化層、境界部分など、代表的な部位のサンプルを採取し、生成相や硬さ等の分析を実施
- 試験体の解体作業を通じて、MCCI生成物の解体時の特性を把握



大型MCCI試験生成物の外観



上部酸化層・頂部 ・気孔が連結して分布。 【生成相と硬さ】 ① Si-Al-Ca酸化物(主体) : 6-8[GPa] ② (U,Zr)O ₂ : 7-12[GPa] ③ Cr-Fe酸化物 : 11-17[GPa] ④ その他、Cr酸化物など。	底部金属層 ・1から5[mm]程度の気孔が点在。 【生成相と硬さ】(2相) ① Cr(Fe-Ni) (内部にFeSが析出) : ~3[GPa] ② Si-Al-Ca酸化物(主体) : 7-12[GPa] ③ (U,Zr)O ₂ : 9-18[GPa] ④ Cr-Fe酸化物 : ~22[GPa] ⑤ その他、Cr酸化物、Fe-Si酸化物など。	下部酸化層・JUK ・0.5から5[mm]程度の気孔が連結して分布。 【生成相と硬さ】 ① Si-Al-Ca酸化物(主体) : 7-8[GPa] ② (U,Zr)O ₂ : 9-18[GPa] ③ Cr-Fe酸化物 : 11-16[GPa] ④ Fe-Ni系合金 : 1-3[GPa] ⑤ その他、Cr-Si酸化物、Si酸化物など。
---	--	---

燃料デブリの取り出し方法の検討に対する提言

解体時の特徴 (外観・作業環境)	本試験サンプルの分析結果 (生成相・硬さ・組成等)	提言
デブリの外観は非常にポーラスで脆く見えるが実際は非常に堅い	概ね5[mm]程度の気孔が全体的に分布。硬さとしては、酸化物相では5-22[GPa]、金属相では1-3[GPa]。	外観から得られる気孔の多寡に係る情報のみでは、最適な工具の選定は困難であり、本試験における硬さの最大値を参考としつつ、これらと同等の硬さをもつ材料(ステンレス鋼やアルミナなど)を想定した機器選定が必要と考えられる。
解体時に粉塵が多く発生	解体時の粉塵サンプルの性状: 粉塵サンプルの重量のうち、大きさ1[mm]未満の粒子が約4割。20-33[wt%]のUを含有。	気中において解体時、核物質を含む微細な粉塵による急激な視認性低下への対策と、これらの放射線モニタへの影響が懸念され対策が必要。
クラストの形成	上部クラストサンプルの性状: Si-Al-Ca酸化物マトリックス中に(U,Zr)O ₂ や(Cr,Fe)Oxなどの析出物が存在。硬さは5-18[GPa]。生成相および硬さは他のサンプルと同程度。	本試験では溶融プールの領域と同様の微小構造・硬さとなったが、実際の事故進展において注水により表面が急冷されるシナリオの場合は、溶融プール部よりも硬い相を形成する可能性あり。
熱劣化コンクリート層の存在	—	脆いため把持によるハンドリングに向かない
酸化層と金属層の分離	金属:主にFe-Ni合金からなる。硬さ~3[GPa]。分析試料の前処理においては破砕が困難。酸化物: Si-Ca-Al酸化物のマトリックス(硬さ5-12[GPa])の中に(U,Zr)O ₂ や(Cr,Fe)Oxが析出。	金属層に対して衝撃による破砕は困難。また、機械的性質の違いから酸化物と金属で異なる工具を選定する必要がある場合は、層の変化を検知する必要がある。

成果の反映

燃料デブリ特性リストへの反映

*模擬デブリによる各種の検討を通じて1F炉内で生成が想定される各部位の燃料デブリの特性情報を推定し、「燃料デブリ特性リスト」として集約した

結果・評価

- 大規模MCCI試験生成物の解体時の状況やサンプルの分析結果から、燃料デブリの取り出し方法の検討に対する提言をとりまとめた
- MCCI生成物の特性を推定し、「燃料デブリ特性リスト」に反映
- 取り出し技術開発におけるMCCI生成物への想定や被試験体選定の指標となる情報、収納保管検討における内容物に関する情報として関連プロジェクトと共有した

今後の計画

- 燃料デブリ取り出し時の放射性微粒子の飛散など、現場の喫緊のニーズを踏まえつつ、分析技術の開発を進め、「燃料デブリ特性リスト」を更新し、燃料デブリの取り出しや、保管方法の選択検討に役立てる
- 国際機関(OECD/NEA)の国際プロジェクト(PreADES)を活用し、国際的な専門家、有識者を交えての議論を通じて知見の収集、整理を行う