

炉物理部会セッション

福島第一原子力発電所の燃料取り出しに向けた研究開発状況
R&D status for Fuel Removal on Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants

(1) 福島第一原子力発電所事故の特徴と廃炉作業から得られる燃料デブリの情報

(1) Features of Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants Accident and Information on Fuel Debris Obtained from Decommissioning Works

*溝上 伸也¹¹東京電力

1. はじめに

2011年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震とそれにより発生した津波により、定格出力運転中であった東京電力福島第一原子力発電所の1～3号機は冷却機能を喪失し、シビアアクシデントに至った。各号機の事故進展はそれぞれ異なるものの、いずれも、スクラムに成功し核分裂反応は停止させることができた。しかしながら、そののち、津波による影響で直流・交流電源喪失が発生し、最終的に冷却機能を喪失し、崩壊熱を冷やしきれなくなり、炉心損傷・炉心溶融に至ったものと推定されている。電源喪失は、計測系の機能喪失も伴ったため事故時の情報が限られており、正確な事故進展挙動は現時点でも未解明の事項が残っている。しかしながら、東京電力が廃炉作業の一環として進めている調査は格納容器の内部まで進んできており、事故炉の状況について情報が蓄積されてきている。本報告では、東京電力福島第一原子力発電所の1～3号機の事故進展を概観し、炉物理に関するトピックも含め、廃炉時に取り出される燃料デブリについて最新の情報をもとに説明する。

2. 各号機の事故進展

2-1. 1号機

1号機は地震スクラムに成功し、発生する崩壊熱をICを用いて冷却していたところ、地震から約50分後に発電所敷地に到達した津波により、直流・交流電源を喪失したため、一時的に弁を閉じて停止させていたICによる冷却を再開することができず、「冷やす」ことができなくなった。そのため、原子炉内の水が蒸発により失われ、燃料が露出して過熱するとともに、水-ジルコニウム反応による化学反応熱ともあいまって燃料が高温化し、3月11日の夜には炉心損傷・炉心溶融するに至った。直流電源を喪失し計測機器も機能喪失していたため、原子炉挙動を知るための圧力・水位等の情報が十分に得られていないが、原子炉圧力は高圧のまま炉心損傷・炉心溶融に至り、炉内が高温になったことに起因する原子炉圧力容器からの気相漏えいが発生し、原子炉圧力が低下するとともに格納容器圧力も増加したものと推定している。

2-2. 2号機

2号機も地震スクラムに成功し、発生する崩壊熱をRCICを用いて冷却していたが、津波による電源喪失の直前の15時39分にRCICを再起動させていたため、電源喪失後も「冷やす」機能が約70時間維持された。しかしながら、3月14日の午前中にはRCICは原子炉に注水できない状況になり、原子炉内の水が蒸発により失われていくこととなった。ただし、2号機の場合には燃料が露出する前に原子炉を減圧することができたため、原子炉圧力が低い状態で燃料が過熱し、炉心損傷・炉心溶融に至ったものと推定されている。なお、2号機において急激に炉心損傷・炉心溶融が進んだ3月14日夜から3月15日未明にかけて、検出限界程度の低い数値ではあるが原子炉建屋から1kmの距離にある正門にて線量測定していたモニタリングカーにおいて、中性子が検出されている。

2-3. 3号機

3号機も地震スクラムに成功し、発生する崩壊熱をRCICを用いて冷却していたが、津波による電源喪失は交流のみであり、直流電源は津波の被害を受けなかった。そのためその後はRCICおよびHPCIを制御しながら冷却を継続することができた。しかしながら3月12日の夜には直流電源が枯渇し、HPCIの制御ができない

状況となったことから、原子炉に水を注入できない状況になり、「冷やす」機能を喪失した。直流電源の枯渇後しばらくは水位を測定できない状況になっていたが、水位計測を再開できた3月13日未明には水位はすでに低下しており、この時間帯に燃料が過熱し、炉心損傷・炉心溶融に至ったものと推定している。なお、3号機において急激に炉心損傷・炉心溶融が進んだ3月13日早朝から朝にかけて、検出限界程度の低い数値ではあるが原子炉建屋から1kmの距離にある正門にて線量測定していたモニタリングカーにおいて、中性子が検出されている。

3. 各号機の燃料デブリに関する情報

3-1. 1号機

1号機は2020年2月現在において、燃料デブリが存在していると推定されている格納容器ペDESTAL内の内部調査を実施することができていない。また、ペDESTAL外の調査結果においては、図1に示す通り、砂状の物質が約20cm~1m程度積もっていることが確認されているが、その組成等についての情報は得られていない。

3-2. 2号機

2号機は格納容器ペDESTAL内の調査が最も進んだプラントであり、格納容器ペDESTAL内の各部について映像情報が取得されており、ペDESTAL床部には溶融物が固化したような堆積物や燃料集合体の上部タイプレートが形状を保ったまま落下しているのが見つかった。また、2019年2月には堆積物の可動性確認試験を実施し、堆積物が固い固形物であること、図2のように小石状、塊状の堆積物は容易に摘み上げることができることが確認されている。堆積物は40~70cm程度の高さでペDESTAL床面全体に広がっており、原子炉に注水された水が雨のように降り注いでいる状況であるが、堆積物自体は冠水していない。

3-3. 3号機

3号機は格納容器内の水位が他プラントと比較して高いため、水中ロボットをペDESTAL内で遊泳させることにより状況を確認している。3号機は2号機と比較して損傷状況が大きく、RPV内構造物である制御棒案内管が複数ペDESTAL内に落下していることが確認されている。また、堆積高さも2m以上となっており、運転時に炉心に装荷される約100tのウラン量から推定される体積に比較して、より多くの空間が堆積物により占められている。堆積物は完全に冠水しており、2015年の調査では気相部の温度は液相部よりも低いことがわかっていることから、熱源はペDESTAL内堆積物である可能性が高い。



図1 1号機格納容器床の堆積物



図2 2号機ペDESTAL内堆積物可動性調査

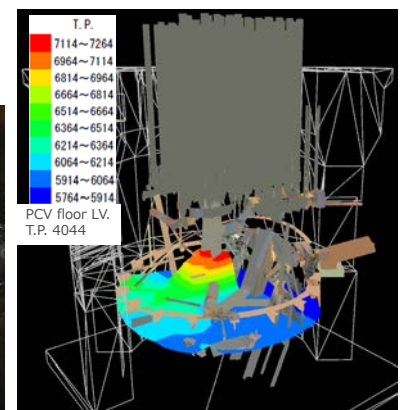


図3 3号機ペDESTAL内堆積物

*Shinya Mizokami¹

¹ Tokyo Electric Power Company, Incorporated.