

福島第一原子力発電所の燃料デブリ取出しに向けたダスト飛散率データの整備

(15) ケーシング形状と切削条件がダスト飛散挙動に及ぼす影響に関する感度解析

Assessment of dust dispersion data for future safety analysis of Fukushima Daiichi fuel debris retrieval
(15) Simulations to evaluate the effects of casing shape and cutting conditions on the dust dispersion behavior

*加藤健太¹、稲垣健太¹、小山正史¹、魚住浩一¹、金井大造¹、中村勤也¹、金川俊¹、土方孝敏¹、加藤徹也¹、山内大典²、茂木一貴²、岩田裕一²
¹電中研、²東電HD

ダスト飛散挙動は流れ場の影響を強く受けるとともに、一部切削手法のダスト回収率は切削の進行状況に依存し得る。そこで本研究では、乾式条件でケーシング形状と切削の進行状況をパラメータとした感度解析を実施し、飛散挙動に与える影響を明らかにした。

キーワード：ダスト、飛散挙動、粒子追跡法

1. 緒言

燃料デブリ取り出しには、切削によるダストの発生・移行過程を考慮した安全評価が必要である。これまでドライ環境において模擬燃料デブリを複数の手法で切削し、発生するダストの性状や飛散挙動を明らかにするためのダスト飛散試験を実施した[1]。また、粒子追跡法によるダスト飛散挙動予測手法を構築し、ダスト飛散試験(図1(a))の再現解析を行い手法の妥当性を確認した[2]。本研究では、ケーシングの形状がダストの飛散挙動に与える影響を明らかにするため、図1(a, b, c)のようにケーシングの大きさを変えた場合のダスト回収率(回収口に到達した粒子数/全粒子数)をダスト飛散挙動予測手法を用いて計算した。また、ディスクカッターで切削が進むにつれて、ダスト生成時の飛散方向が変化した場合のダスト回収率への影響を評価するための感度解析を実施した。

2. 感度解析結果

感度解析の1例として、レーザー切断による回収率のケーシング形状依存性について述べる。図1(b, c)中の曲線は、レーザー切断で飛散したダストの軌跡を示す。前年度に実施したレーザー切断の解析では壁面と衝突した粒子がすべて固着すると仮定することで試験結果の再現性が向上した[2]ことから、同様の過程で解析を実施した。赤線がダスト回収口に捕集された粒子、青線が捕集されなかった粒子、緑線が壁に固着した粒子の軌跡を表す。小ケーシングでは、レーザー切断のアシストガスによって乱れた流れ場が形成され、粒径が50 μmより小さなダストでは、約90%のダストが壁に固着する。一方で、大ケーシングでは切削部近傍の壁面の影響による流れ場の乱れが低減されたことで、壁に固着するダスト量が約75%に減少した。このことから、開けた空間であれば壁面への衝突が少なくなりダストが外部へ放出されやすくなることが示唆された。なお、壁面に衝突したダストが実際に固着する頻度については、今後の検討課題である。

またディスクカッター切断で、ダスト発生時の飛散方向を変えた解析を実施した結果、100 μm程度の粒径を持つ大きなダストでは、飛散方向の角度によって回収率に変化が見られるが、10 μm程度の比較的小さいダストでは初速方向が回収率に与える影響は小さいことを明らかとした。

3. 結論

粒子追跡法に基づくダスト飛散挙動予測手法を用いて、ケーシングの形状やダスト発生時の飛散方向がダストの回収率に与える影響を明らかにした。これらの感度解析で得られた知見をダスト飛散試験結果の評価に反映することで、試験データに含まれる不確かさを低減することを目指す。また、実機でのデブリ切削時における飛散率予測の高度化に向けて、手法の高度化を継続する。

参考文献

[1] 小山正史、他、日本原子力学会 2022年秋の大会 2B20 (本シリーズ(1))

[2] 稲垣健太、他、日本原子力学会 2023年秋の大会 1F18 (本シリーズ(13))

*本研究は、令和5年度開始「廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助金(安全システム(ダスト飛散率データ取得))」によって実施したものです。

* Kenta Kato¹, Kenta Inagaki¹, Tadafumi Koyama¹, Koichi Uozumi¹, Taizo Kanai¹, Kinya Nakamura¹, Shun Kanagawa¹, Takatoshi Hijikata¹, Tetsuya Kato¹, Daisuke Yamauchi², Yuichi Iwata², Kazutaka Mogi² ¹CRIEPI, ²TEPCO

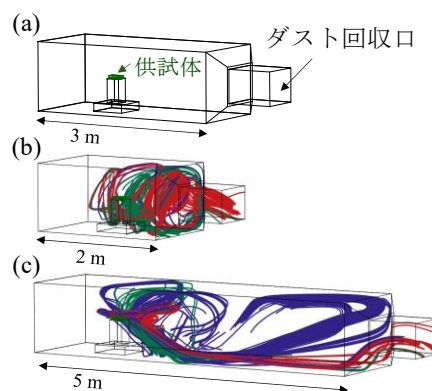


図1 (a) 実験体系[2]、レーザー切断時の(b) 小ケーシングおよび、(c) 大ケーシングの解析結果。