

# 高エネルギーアーク損傷(HEAF)の爆発現象に係る数値解析

## (1) AUTODYN による電気盤モデルの圧力上昇評価の検討

Numerical analysis for explosion phenomena of High Energy Arcing Faults (HEAF)

(1) Discussion on pressure rise evaluation model of electrical cabinet by AUTODYN

\*松田 航輔<sup>1</sup>, 笠原 文雄<sup>1</sup>, 梶島 一<sup>1</sup>, 宮崎 利行<sup>2</sup>

<sup>1</sup>原子力規制庁長官官房技術基盤グループ, <sup>2</sup>アドバンスソフト株式会社

全アークエネルギーに対する空気加熱に要したエネルギーの比率(空気加熱割合  $k_p$ )が、高エネルギーアーク損傷(HEAF)の爆発現象の圧力上昇に与える影響を検討した。この検討に当たり、電気盤を模擬した HEAF 試験体の評価モデルを衝撃解析ソフトウェア AUTODYN で構築し、圧力挙動による評価を行った。

**キーワード**：高エネルギーアーク損傷(HEAF)、AUTODYN、火災防護、原子炉施設

### 1. 序論

HEAF における爆発現象は、短絡箇所に数十 MJ もの高エネルギーが解放され、そこで閃光、熱及び瞬間的な圧力上昇が発生する現象である。電気盤内で HEAF が発生した場合には、爆発により機器の破壊、変形等が起こることに加え、破壊された部品の飛び散りなどが発生する場合がある [1]。NRA では上述の現象が周囲に及ぼす影響を定量的に評価する手法の整備を進めている [2]。

### 2. 評価手法

HEAF 試験体と解析に用いたモデル体系は、図 1 に示すような筐体及びベントで構成される。筐体及びベントのモデル化に当たり、HEAF 試験体と同様の形状・内容積とした。今回の解析は、将来的に破壊、変形などの現象等の動的変化を取り扱える AUTODYN を用いた。モデル内へ注入するアークパワーは、実試験 [1] で取得したアークパワー履歴を用い、圧力の上昇から下降までの一連の挙動を確認するためにアーク開始 0 秒から最大 0.2 秒まで評価した。感度解析として、空気加熱割合  $k_p$  に対する解析を実施した。

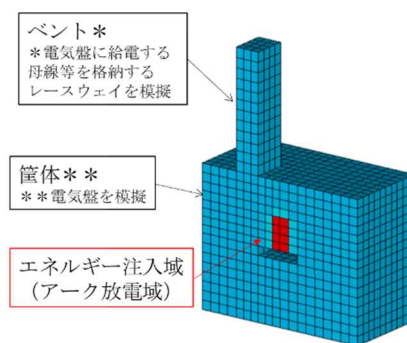


図 1. 電気盤モデル

### 3. 評価結果

筐体内の圧力上昇に関する HEAF 試験の実測値と解析結果( $k_p$  固定条件及び経時変化条件)を図 2 に示す。アーク放電の空気加熱割合( $k_p=0.50$ )を固定した感度解析では、圧力挙動は、0.023 秒(図 2 の(a))までは実測値と同様な傾向が認められたが、それ以降では大きく乖離した。これは、実際には筐体内の空気がベントから流出することで空気分子数が減少し、アークエネルギーによる加熱を受けにくくなるためであると考えられる。時間経過に伴い筐体内の空気が希薄となるにもかかわらず  $k_p$  値が一定である場合、空気加熱で消費されるエネルギーが過大に計算され、実測値とは乖離する過剰な圧力が出力されることが考えられる。したがって、 $k_p$  値を時間とともに小さくする必要があると考えられる。 $k_p$  値が 0~1 の範囲で変化すると仮定した場合(図 2 の黒実線)、今回の解析値(図 2 の青実線)は全解析時間にわたり実測値と同様な圧力挙動を示した。

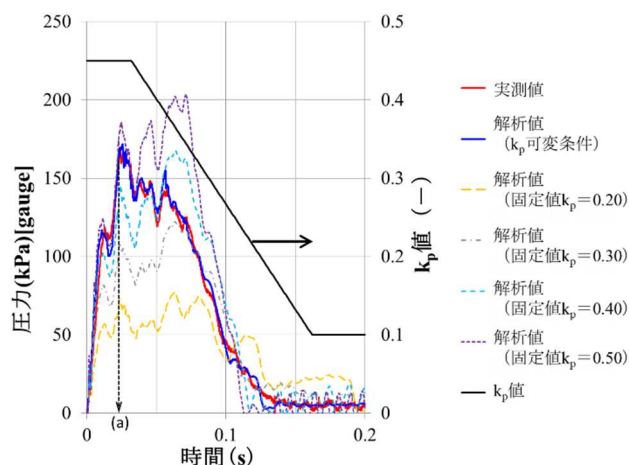


図 2. 爆発圧力における実試験での実測値と解析の比較

### 4. 結論

実電源盤を模擬した HEAF 試験体における評価モデルを AUTODYN 上で構築し、圧力挙動による評価を行った。今回の評価モデルでは筐体体積当たりの空気質量に応じて  $k_p$  値を変化させる必要があると考えられる。今後、HEAF 試験条件と  $k_p$  値との相関を検討する予定である。

#### 参考文献

[1] 梶島一、土野進、「原子力発電所における高エネルギーアーク損傷 (HEAF) に関する分析」NRA 技術報告 NTEC-2016-1002、2016 年 3 月

[2] 原子力規制庁、「資料 4 平成 29 年度研究計画 (案)」第 4 回プラント安全技術評価検討会、平成 28 年 7 月 26 日

\* MATSUDA Kosuke<sup>1</sup>, KASAHARA Fumio<sup>1</sup>, KABASHIMA Hajime<sup>1</sup> and MIYAZAKI Toshiyuki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulatory Authority (S/NRA/R), <sup>2</sup>AdvanceSoft Corporation