

## 地層処分施設における操業期間中の火災シナリオ評価（タイヤ火災）

原子力発電環境整備機構 正会員 ○勝又 尚貴, 窪田 茂, 鈴木 寛  
株式会社 I H I 正会員 川上 進, 非会員 岩田 裕美子

### 1. はじめに

地層処分事業における操業期間中の安全性の見通しを示すため、処分場の設計に基づいて操業中の施設の運転状態を検討し、通常の運転状態から逸脱した状態に陥らせる可能性のあるシナリオの網羅的な抽出に努めている<sup>1)</sup>。これらの起因事象は、大きく分類すると、廃棄体等の落下、火災、機器故障、人為ミスなどが考えられる。類似施設の米国 WIPP においては、地下坑道内の車両火災<sup>2)</sup>が発生してその後の復旧に多大な時間を要したことから、特に地下施設における車両火災による影響の評価は検討すべき重要な課題と考えられる。

そこで、本報告では機器故障（ブレーキ）に伴う車両の火災に焦点を当てて、火災に至るシナリオと影響評価を実施した結果について報告する。廃棄体の地下施設への搬送は、ディーゼル駆動あるいは電気駆動の専用車両（以下、搬送車両）で、斜坑を使って実施することを想定する。なお、搬送車両の火災源としては、ディーゼル駆動であれば軽油、電気駆動であればバッテリー液、また、ゴム製のタイヤなども考えられる。本報告では、TRU 等廃棄物<sup>3)</sup>を封入した金属容器（以下、廃棄体パッケージ）を搬送中の車両の機器故障（ブレーキ）に伴うタイヤ火災について、影響評価した結果を報告する。この他のプール火災、およびバッテリー火災については、それぞれ別の講演<sup>4),5)</sup>で報告する。

### 2. 火災シナリオの設定

図1に、作業従事者の被ばく線量を考慮して設計した遮へい容器と、その搬送車両の概念図を示す。トラックやバスに関する火災調査の結果、ブレーキの過剰利用、故障などによりホイールが過熱してタイヤの引火に至る火災が多く発生することが明らかになった。そこで、以下のシナリオを設定する。

- ・斜坑搬送中にブレーキが故障して発熱、発火し、3軸目のタイヤに引火。
- ・3軸目のタイヤの燃焼に伴い、隣接する2軸目と4軸目のタイヤに引火。
- ・4軸目から5軸目のタイヤに引火、燃焼する。
- ・タイヤ上部の架台が火炎に炙られ、廃棄体の温度が上昇する。

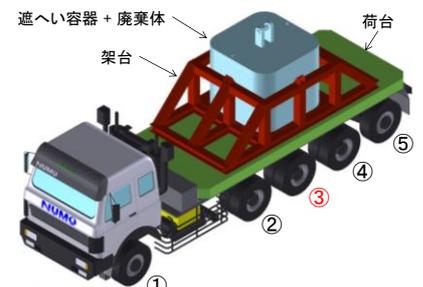


図1 遮へい容器と搬送車両の概念図

### 3. 評価方法

図1の車両の概念図をもとに、図2に示す燃焼解析用のモデルを作成した。燃焼解析では、解析コード Fire Dynamics Simulator（アメリカ国立標準技術研究所製）を使用した。モデル上のタイヤが燃焼することによる発熱率を入力値として燃焼解析を行い、廃棄体表面の入熱量の時刻歴データを算出する。次に、この入熱量の時刻歴データを入力値として伝熱解析を行い、廃棄体における温度分布を算出することで、廃棄体に及ぼす熱影響を評価する。伝熱解析では、解析コード ABAQUS を使用した。

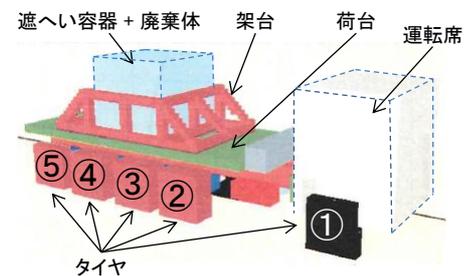


図2 燃焼解析モデル図

### 4. 評価結果

#### (1) 燃焼解析

タイヤの燃焼における発熱率に基づいて燃焼解析を行った。タイヤ③から出火した時点を0秒とし、700秒後、1,940秒後、3,460秒後の燃焼解析モデルの状態およびタイヤ燃焼による発熱率の時刻歴データを図3に示す。

キーワード 火災シナリオ, 火災リスク, 火災, 地層処分, 操業安全, 放射線安全

連絡先 〒1080014 東京都港区芝4丁目1番23号 三田NNビル12階 原子力発電環境整備機構 TEL: (03) 6371-4004

タイヤ③は引火から約 700 秒後に発熱率が急激に上昇し、約 1,500 秒後にタイヤ②, ④に引火する。1,940 秒後には、タイヤ③の発熱率が最大になることに伴い、最初のピークを迎える。その後、タイヤ②, ④の発熱率が最大となることに伴い、3,460 秒後に発熱率は最大となる約 3,300kW まで上昇する。タイヤ火災の特徴としては、火災継続時間がプール火災(約 60 秒)<sup>4)</sup>に比べて圧倒的に長く、約 5,400 秒(1 時間半)継続する点である。

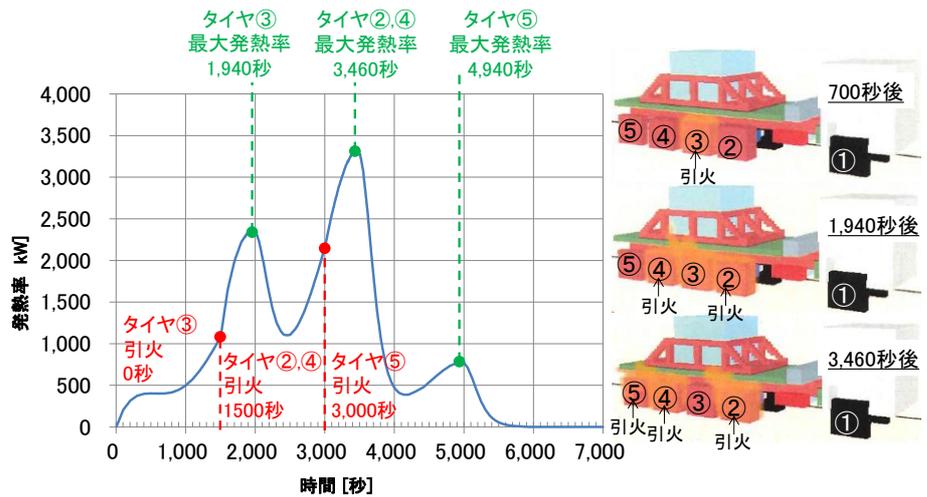


図3 タイヤの燃焼における発熱率の時刻歴データと燃焼解析モデル

廃棄体パッケージの全 6 面からの入熱のうち、入熱量が最大となるタイヤに最も近い側面における入熱量の時刻歴データを図 4 に示す。図 3 の発熱量の最大となる約 3,300kW に対してタイヤ火災により廃棄体パッケージ表面に加えらる熱量は最大でも約 4kW と圧倒的に小さいことがわかる。これは車両の荷台で火災が遮られているためと考えられる。

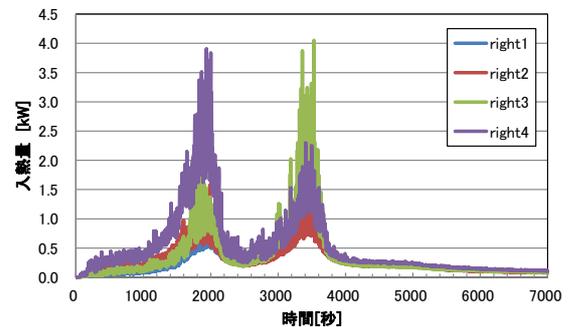


図4 廃棄体パッケージ表面での入熱量の時刻歴データ

(2) 伝熱解析

図 4 の入熱量を入力値とした伝熱解析を行い、廃棄体を受ける熱的影響を評価した。その結果を図 5 に示す。遮へい容器のもつ熱容量によって温度上昇が抑えられるため、廃棄体の温度は 5 ~ 10°C 程度しか上がらないことがわかる。タイヤ火災による温度上昇を考慮しても、廃棄体の温度はアスファルト固化体の熱反応暴走の開始温度の約 180°C<sup>6)</sup>と比べて十分に低いことがわかる。よってタイヤ火災によりアスファルト固化体が熱反応暴走する可能性は低いと考えられる。

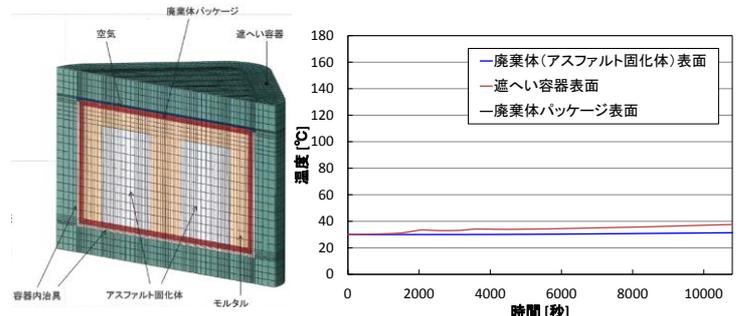


図5 伝熱解析モデルと解析結果

5. おわりに

ディーゼル燃料のプール火災<sup>4)</sup>に比べて火災継続時間が長いタイヤ火災についてシナリオを設定し、燃焼解析および伝熱解析による評価を実施した。その結果、万一、ブレーキの故障により発火、タイヤに延焼した場合にも、廃棄体および廃棄体パッケージ容器について熱的に損傷する可能性は低いと考えられる。

参考文献

- 窪田ほか：地層処分施設における操業期間中の火災リスクの検討に関する全体概要，土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集，2018.
- U. S. Department of Energy : Safety Evaluation Report, DOE/WIPP 16-3565, 2016.
- NUMO (原子力発電環境整備機構)：地層処分低レベル放射性廃棄物に係わる処分の技術と安全性, NUMO-TR-10-04, 2011.
- 鈴木ほか：地層処分施設における操業期間中の火災シナリオ評価 (プール火災)，土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集，2018.
- 川上ほか：地層処分施設における操業期間中の火災シナリオ評価 (バッテリー火災)，土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集，2018.
- JAEA (日本原子力研究開発機構)：平成 27 年度 地層処分技術調査等事業 処分システム評価確認技術開発報告書，2016.