

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）

原子力発電環境整備機構 正会員 ○鈴木 寛, 勝又 尚貴, 窪田 茂

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¹⁾。これらのシナリオの起因事象は、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が、本報告では、このうち地下施設にガラス固化体を封入した金属容器（以下、オーバーパック）を地下施設に搬送する際の火災、および地下施設において TRU 等廃棄物²⁾を封入した金属容器（以下、廃棄体パッケージ）を定置中の火災に焦点を当て、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。オーバーパック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。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。一方、廃棄体パッケージの定置は、電気駆動の天井クレーン定置装置によって実施するが、火災源としてはギヤボックスの潤滑油が考えられる。このうち、本報告では、ディーゼル車から漏えいした軽油、あるいは定置装置のギヤボックスが漏えいした潤滑油が広がった状態で発生するプール火災について影響評価した結果を報告する。その他の搬送車両のタイヤ火災、およびバッテリー火災については、それぞれ別の講演^{3,4)}で報告する。

2. 火災シナリオの設定

オーバーパックの搬送時の火災シナリオでは、斜坑を搬送中の車両が坑道壁面に衝突したことなどによって、燃料タンクから軽油が漏れ出し、これに引火するケースを想定する。一方、廃棄体パッケージの定置中の火災シナリオでは、定置装置のギヤボックスから潤滑油が漏れ出し、これに引火するケースを想定する。

3. 評価方法

火災の位置とオーバーパックあるいは廃棄体パッケージの位置関係はさまざまな状態が考えられる。通常、オーバーパックの搬送は、遮蔽容器に収納して実施するが、この評価では、遮蔽容器の効果を考慮せず、オーバーパックが直接火災に包まれることを保守的に想定する。一方、廃棄体パッケージについては、定置中のため遮蔽容器等はなく、廃棄体パッケージが直接火災に包まれることを保守的に想定する。

火災の継続時間を見積もるため、高圧ガス保安協会⁵⁾および原子力安全基盤機構⁶⁾で示されている方法に基づいて、漏れ出した軽油あるいは潤滑油の広がった面積を求め、漏れ出した軽油等の体積を除して、軽油等の深さを算出する。次に、軽油等の深さを燃料の燃焼速度で除して、火災継続時間を算出する。なお、火災温度は、車両のトンネル火災の評価事例⁷⁾では 800～900℃程度であるが、保守的な条件として 1,000℃に設定した。

火災によって発生した熱は、坑内の換気、対流や伝熱、坑道壁面からの伝熱等により散逸し、坑道内の温度は徐々に低下すると考えられる。ただし、解析を単純化するため、坑内換気と対流を考慮せず、10 m の区間の外側を断熱境界として、坑内空気の温度が速やかに均一化することを想定して、坑道壁面の伝熱のみを考慮する。これらの設定に基づいて、火災継続時間を見積もり、坑内温度の変化を算出し、これを入力条件として、オーバーパックまたは廃棄体パッケージの伝熱解析を行い、ガラス固化体等の発熱も考慮して、廃棄体等の温度変化を算出する。

(1) オーバーパック搬送時の火災継続時間と坑内温度の経時変化

図-1 に示したように、搬送車両の軽油 200L が燃料タンクから漏出して 10 秒後に着火すると仮定すると、漏れ出した燃料の広がり範囲は 50m² となり、燃料深さは 4 mm となった。軽油の燃焼速度を日本建築センター⁸⁾に基づいて設定し、火災継続時間を見積もったところ 60 秒となった。

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 〒160-0004 東京都新宿区四谷 1 丁目（外濠公園内） （公社）土木学会 全国大会係 TEL03-3355-3442

(2) 廃棄体パッケージ定置時の火災継続時間

定置装置のギヤボックスから潤滑油 110L が漏出し、10 秒後に着火したと想定すると、潤滑油プールの広がりには 39 m²、深さは 2.8 mm となった。潤滑油の燃焼速度データが不明であったため、ここでは軽油と同じ燃焼速度を想定したところ、火災継続時間は 36 秒となった。

4. 評価結果

オーバーパックおよびガラス固化体の温度の経時変化を図-2 に示す。また、図-3 に温度分布を示す。オーバーパックの上部と下部の角が局所的に最高約 260℃まで熱せられているが、3,600 秒後には 100℃程度にまで低下する。一方、ガラス固化体の側部の温度は上昇するが、最も温度が高い部分は中心付近で約 110℃で一定であった。

同様に解析したアスファルト固化体の廃棄体パッケージの温度分布を図-4 に示す。廃棄体パッケージ容器の上部と下部の角が局所的に最高約 270℃まで熱せられているが、3,600 秒には約 80℃にまで低下した。アスファルト固化体は、約 600 秒後に最高約 90℃まで熱せられるが、その後、約 80℃まで低下した。

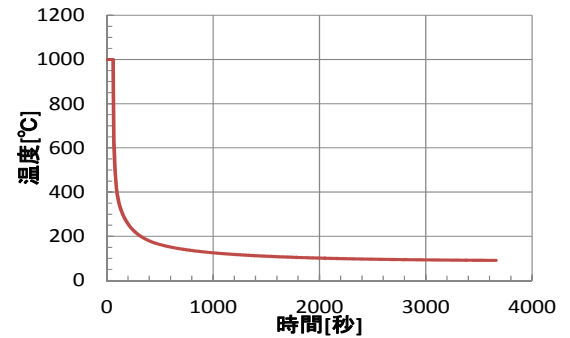


図-1 解析領域の坑道内温度の経時変化

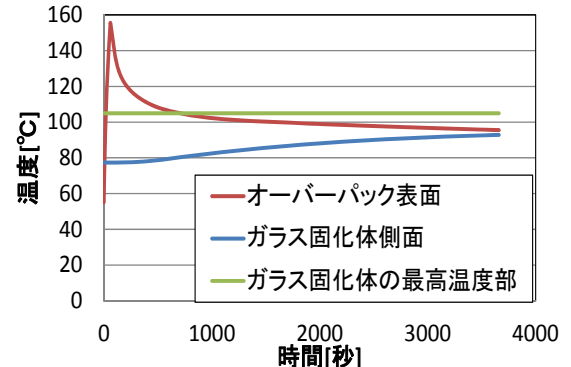


図-2 オーバーパック温度の経時変化

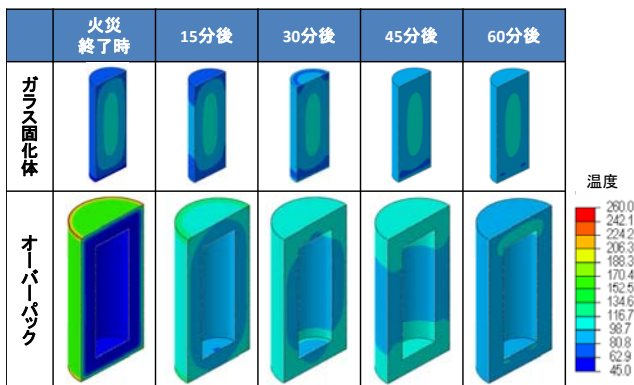


図-3 オーバーパックの時刻歴温度分布

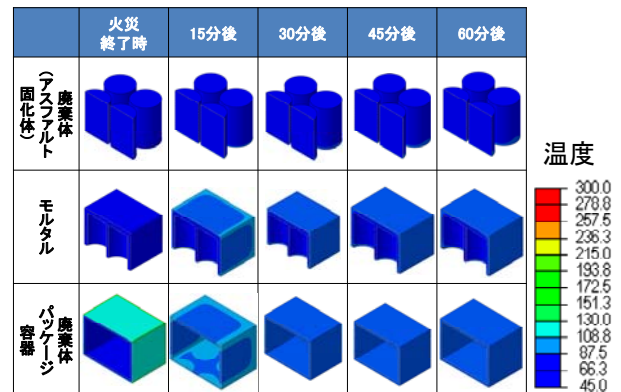


図-4 廃棄体パッケージの時刻歴温度分布

5. おわりに

本解析の結果、プール火災では火災継続時間が短いため、火災によって熱せられたとしても、オーバーパック、ガラス固化体および廃棄体パッケージの温度の上昇は小さく、熱的に損傷する可能性は低いと考えられる。

参考文献

1. 地層処分施設における操業期間中の火災リスクの特定，土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集，原子力発電環境整備機構，2018
2. 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，原子力発電環境整備機構，NUMO-TR-10-04, 2011
3. 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），土木学会第 73 回年次学術講演会講演概要集，原子力発電環境整備機構，2018
4. 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，原子力発電環境整備機構，2018
5. コンビナート保安・防災技術指—化学工場における地震対策—，高压ガス保安協会，本編，KHK E 007-1974, pp.16-17, 1974
6. 平成 22 年度 火災ハザード解析手法の整備に関する報告書，JNES（原子力安全基盤機構），2013
7. Fire Protection in Traffic Tunnels, Haack, General Aspects and Results of the EUREKA Project, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol.13, No.4, pp.377-381, 1998
8. 改訂版 建築火災安全工学入門，日本建築センター，pp.113-114, 2001