

**「包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現  
－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－」（レビュー版）**

**セッション4 閉鎖前の安全性の評価**

---

NUMO包括的技術報告書（レビュー版）に関する外部専門家向け説明会

原子力発電環境整備機構（NUMO）

鈴木 寛

## 第5章の目的とアプローチ

### ○目的

処分場閉鎖前までににおける処分施設の周辺公衆および作業従事者に対する放射線学的な影響を評価するための技術基盤が整っていること、および閉鎖前の安全性を確保できる見通しを有することを提示

### ○アプローチ（再掲）

- ガラス固化体を取り扱う施設としての類似性を考慮して、事業許可基準規則など**既存の原子力関連施設の安全規制などを参考に**、操業工程における周辺公衆および作業従事者に対する放射線安全について、**安全性を評価する考え方と方法を提示**
- **現段階で設計される処分施設の仕様に対して、閉鎖前の安全性を評価\***

\* 自然災害（地震や津波など）や人為災害などの外部事象の影響については、処分場の周辺の地質環境条件（気象条件、地形など）や社会条件（近隣工場の位置、森林の有無など）に関する情報に基づいて、実際のサイトが得られてから具体的に検討する。今回の評価は、**施設の内部起因事象を対象とした。**

1. 閉鎖前の安全性の評価の考え方
2. 平常状態シナリオの評価
3. 異常状態シナリオの評価
4. 事故後の対応
5. 前回の報告会での主なご意見と報告書への反映
6. まとめと今後の取り組み

# 閉鎖前の安全性の評価の考え方

- 東京電力株式会社福島第一原子力発電所の事故後、原子炉などの安全性を審査するための新しい基準\*1が順次策定され、すでに施行されている。
- 地層処分施設に対する規制基準は今後整備されるため、閉鎖前の安全性の評価においては、放射性廃棄物を取り扱う施設としての類似性を考慮して、上述の新しい基準\*1を参考にするとともに、国際原子力機関IAEAが発行する放射性廃棄物の中間貯蔵などに関するセーフティケースと安全評価の指針\*2も参考とした。
- 第4章で示した処分場の設計と操業手順を対象に、処分場の平常状態シナリオと異常状態シナリオを作成し、周辺公衆および作業従事者に対する放射線学的な影響を評価する。

\*1 「廃棄物管理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(平成25年12月6日施行)、および「第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈について」(平成25年12月28日施行)

\*2 IAEA(2013): The safety case and safety assessment for the predisposal management of radioactive waste. General Safety Guide, IAEA Safety Standards Series, No. GSG-3.

# 平常状態シナリオの評価の考え方

## (1) 平常状態シナリオ

- 平常状態シナリオは、第4章の設計で想定した「計画された運転状態」を対象。
- 操業期間中の放射線の遮蔽および閉じ込めの安全機能が正常に機能している状態における周辺公衆に対する放射線学的な影響を評価することを目的とする。

\* 作業従事者に対しては、放射線障害防止法に基づいて施設への立ち入りや作業従事時間などが管理されるため、評価対象に含まれない。

## (2) 評価の方法

- 放射線遮蔽の機能：廃棄体の受入・検査・封入施設において廃棄物を取り扱う施設の壁による放射線の遮蔽性能を考慮の上、直接線およびスカイシャイン線による年間実効線量\*を算出する。
- 閉じ込めの機能に関しては、以下の機能が正常に機能することにより、放射性物質の放出がないことを想定する。
  - 廃棄体自身が固化または密閉されていること
  - 廃棄体を収容する系統、および機器は放射性物質の漏えいを防止した設計であること、汚染のおそれのある区域は負圧状態を維持すること
  - 廃棄体を搬送する設備は落下などの防止を考慮した設計となっていること

年間実効線量の評価結果が、公衆の放射線防護の線量目標値50  $\mu\text{Sv}/\text{y}$ を下回ることを確認する。

\*敷地境界において、24時間、365日間、人が屋外で活動しているという保守的な想定。

# 異常状態シナリオの評価の考え方

## (1) 異常状態シナリオ

- 異常状態シナリオは、第4章の設計で想定した**異常状態（落下、火災など）**が対象。
- 異常状態となった場合の**放射性物質の施設外部への放出の可能性と周辺公衆および作業従事者に対する放射線学的な影響を評価**することを目的とする。

## (2) 評価の方法

- 放射性物質の外部への放出は、**ガラス固化体、およびこれを封入したオーバーパック（TRU等廃棄物の場合には、廃棄体と廃棄体パッケージ）の両者が著しい損傷を受けた場合**に限られるため、ガラス固化体、オーバーパック、廃棄体パッケージの頑健性が評価の対象\*となる。
- 万一損傷が生ずると評価された場合には、放射性物質の外部への放出量を算出して周辺公衆に対する放射線影響を推定することとなるが、このような評価には、**サイトの気象条件（風向、風速など）や敷地の形状などの情報が得られてから実施する。**
- 本報告書では、放射性物質の外部放出に至るような**廃棄体の損傷の可能性**について評価する。

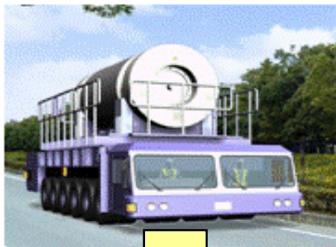
\* 縦置き・ブロック方式と横置き・PEM方式を比較するとPEM組立後は、PEM容器や緩衝材がオーバーパックを物理的に保護することになるため、より厳しい条件となる縦置き・ブロック方式を評価対象とした。

1. 閉鎖前の安全性の評価の考え方
2. 平常状態シナリオの評価
3. 異常状態シナリオの評価
4. 事故後の対応
5. 前回の報告会での主なご意見と報告書への反映
6. まとめと今後の取り組み

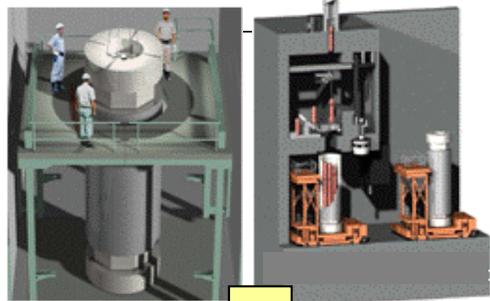
# 操業工程のイメージ図（高レベル放射性廃棄物の例）

## 地上施設における工程

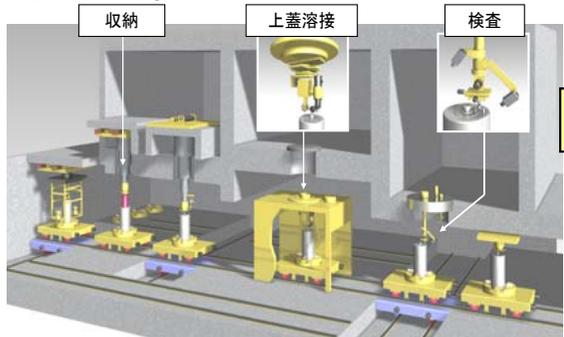
1. 地上施設への輸送



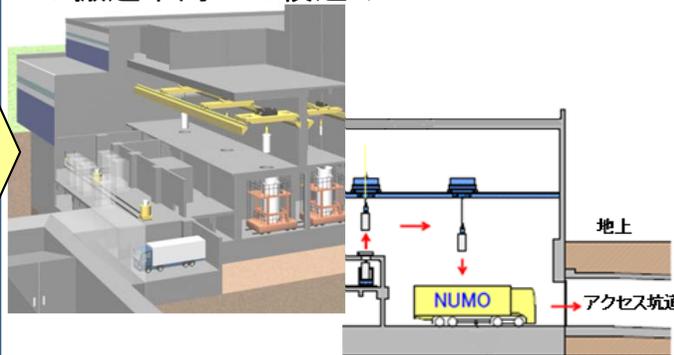
2. ガラス固化体受け入れ・検査・一時仮置き



3. ガラス固化体のオーバーパックへの封入・溶接

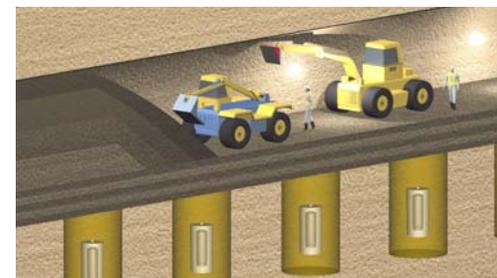


4. 搬送車両への積込み

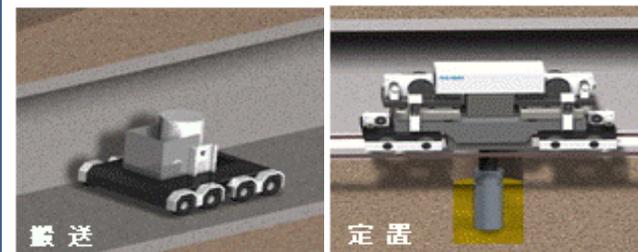


## 地下施設における工程

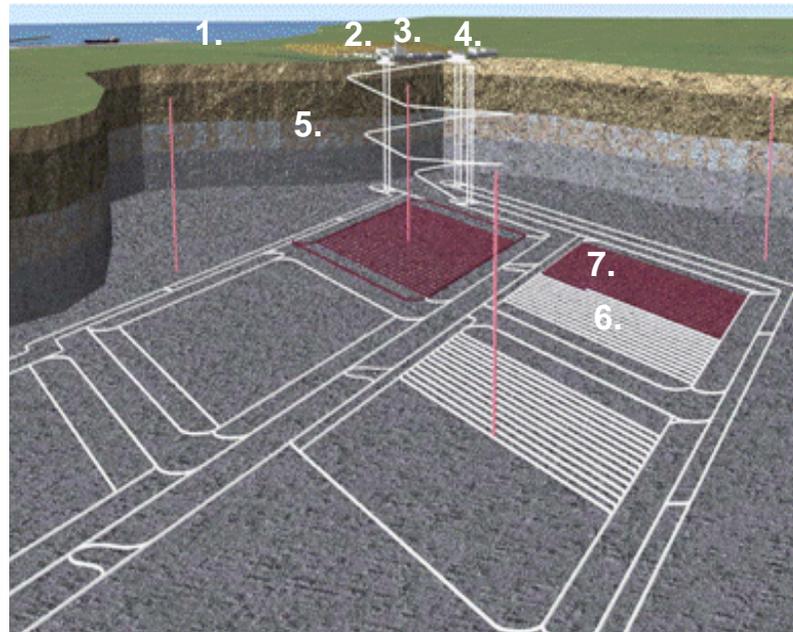
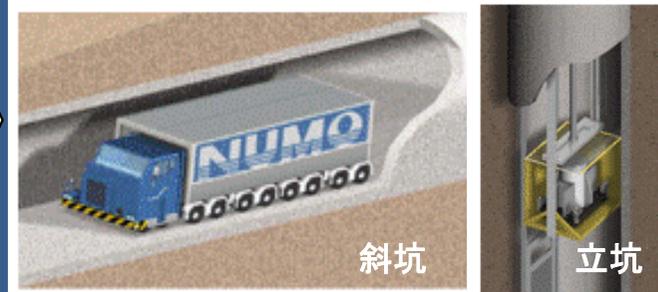
7. 処分坑道の埋め戻し



6. 処分坑道での搬送と定置



5. アクセス坑道での搬送



# 平常状態シナリオの評価

処分施設において操業工程が正常に運転され、放射線遮蔽、操業時閉じ込めの安全機能が正常に機能していることを想定した平常状態における周辺公衆への影響について評価する。

- ガラス固化体およびTRU等廃棄物の受入・検査・封入施設について、輸送容器一時保管室およびガラス固化体（廃棄体）検査・保管室の二つの区画を対象に\*、同施設から敷地境界までの距離を変数として年間実効線量を算定した。
- その結果、両施設から敷地境界までの距離が200 m以上離れていれば、年間実効線量は公衆の放射線防護の線量目標値50  $\mu\text{Sv}/\text{y}$ を下回る。
- なお、実際のサイトにおいて、敷地境界までの距離が確保できない場合には、線量目標値を下回るように施設の設計において遮蔽壁の厚さを増すことにより対応が可能である。



図 施設と敷地境界までの距離のイメージ

取り扱い数量の想定例：ガラス固化体の場合、1回の輸送で18基の輸送容器を受け入れ（ガラス固化体500本相当）し、輸送容器1基分（28本）のガラス固化体を一度に取り出して、1本ずつオーバーパックに封入することを想定。

\*廃棄体の取り扱い数量の設定などについては、報告書p.5-4~p.5-5を参照。地下施設における操業に関しては、放射線は岩盤により遮蔽されるため、公衆への放射線学的な影響は無視できるレベルである。

1. 閉鎖前の安全性の評価の考え方
2. 平常状態シナリオの評価
3. 異常状態シナリオの評価
4. 事故後の対応
5. 前回の報告会での主なご意見と報告書への反映
6. まとめと今後の取り組み

# 異常状態シナリオの評価

- 第4章で示した異常発生防止策，拡大防止策の一連の安全対策が正常に動作するか否かをシナリオの分岐点として，異常状態の過渡的な推移をイベントツリーとして表現。
- ツリーに基づいて，一連の安全対策が全て正常に動作しない状態の推移を「異常状態シナリオ」とした。
- 作成した異常状態シナリオを5つのシナリオ群に分類し評価する
  - 「放射性廃棄物の落下」
  - 「火災」
  - 「爆発」（可燃性ガスの発生が想定される場合に評価）
  - 「外部電源喪失」（例：換気停止に伴うガラス固化体の温度上昇）
  - 「その他の装置の故障など」（例：アクセス坑道での搬送車両の故障に伴う逸走の影響）
- 分類したシナリオについて，廃棄体の落下や火災などの異常状態が生ずる条件を比較し，衝撃力や熱などの条件がより厳しくなるシナリオを対象として影響解析を実施する。

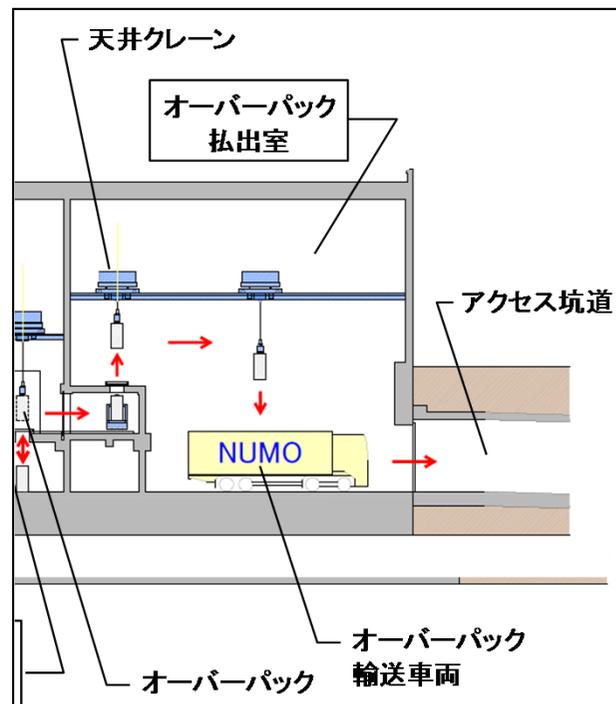
本報告では縦置き・ブロック方式の操業を対象に「落下」と「火災」について評価結果を説明。

# 落下シナリオの評価：廃棄物等の落下の可能性のある作業工程

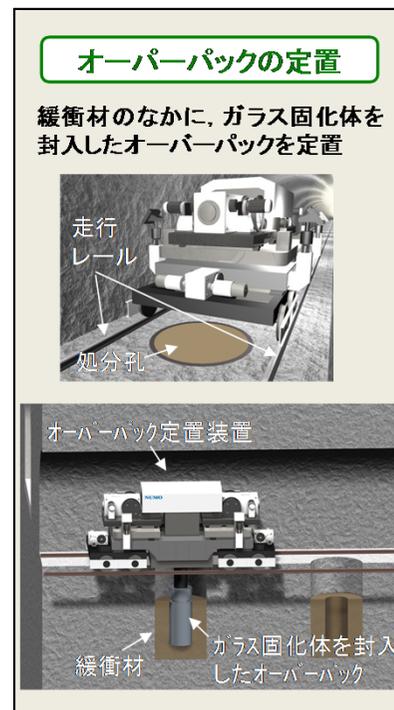
- ① 輸送容器一時保管室において、**輸送容器**を吊り上げて移動する工程
- ② 輸送容器から取り出した**ガラス固化体**を天井クレーンにより吊り上げてガラス固化体検査・仮置室に移動する工程
- ③ ガラス固化体をオーバーパックに封入した後、オーバーパック払出室において、天井クレーンで搬送車両へ**オーバーパック**を積み込む工程
- ④ 地下施設のうち、坑底施設において**オーバーパック**を搬送車両から、天井クレーンを使って、定置装置に積み替える工程
- ⑤ 処分坑道において、処分孔に**オーバーパック**を吊り降ろして定置する工程

ガラス固化体の受入・検査・封入施設の一部抜粋

地下施設の操作の一部抜粋



最大落下高さ9 m



最大落下高さ4 m

図 オーバーパックの積み込み、および定置の様子

## 第4章で示した安全対策の例（落下）

落下に至る要因をより具体的に検討し，必要な対策を検討。

想定する異常状態	異常発生防止策	異常拡大防止策
把持装置の吊り上げ ワイヤの破断	定期的な装置の点検，メンテナンス 吊り上げワイヤの二重化	取り扱い高さの制限
不完全に把持したまま 吊り上げ	定期的な装置の点検，メンテナンス 確実に把持しない限り吊り上げをしないイン ターロック	取り扱い高さの制限
吊り上げたまま把持解除	定期的な装置の点検，メンテナンス 確実に降ろさない限り把持解除しないイン ターロック	取り扱い高さの制限

# 落下シナリオの評価：イベントツリーとシナリオの選定

- ガラス固化体を封入したオーバーパックを例として，ガラス固化体受入・検査・封入施設における落下に関する異常状態の推移をイベントツリーとして示す。
- 落下のシナリオのうち，地上および地下施設において，最も吊り上げ高さが高くなる状態を対象に衝撃力の影響を評価した。

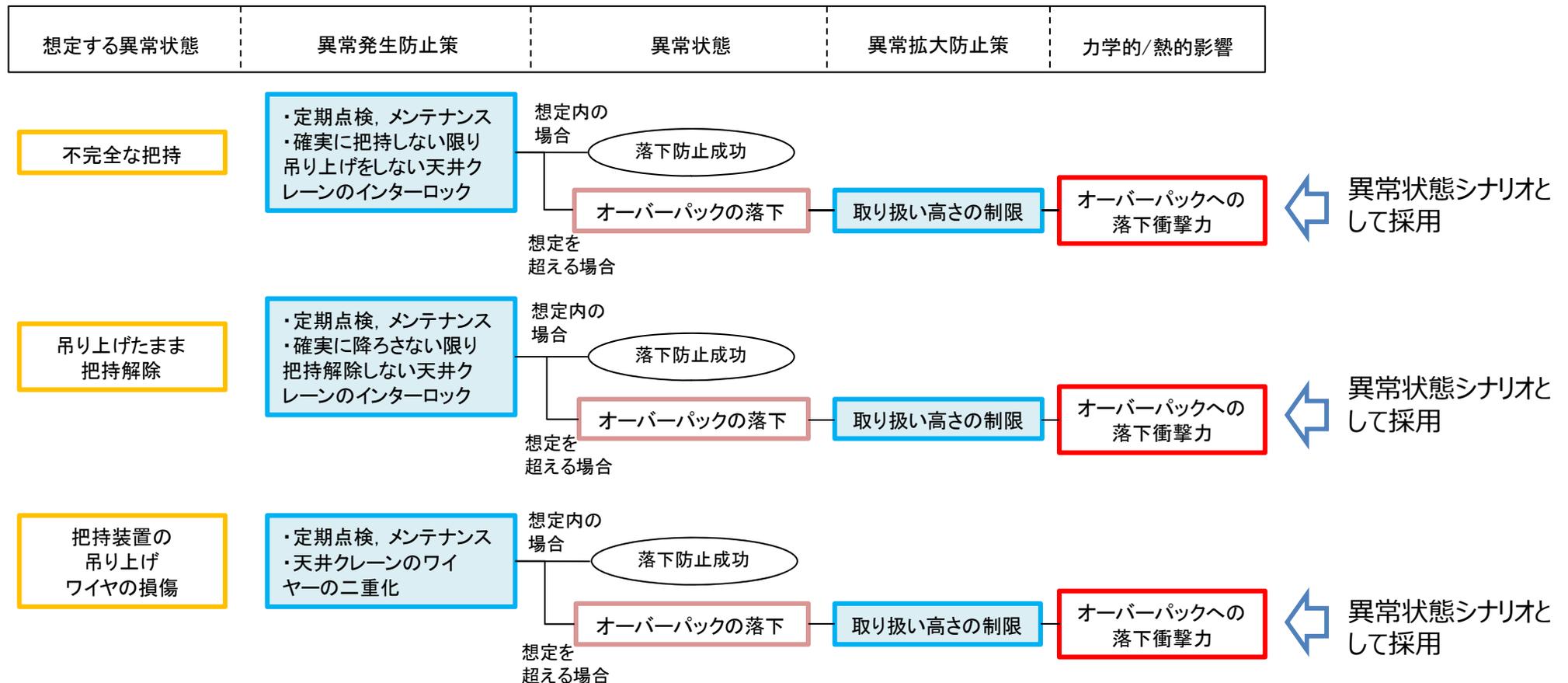


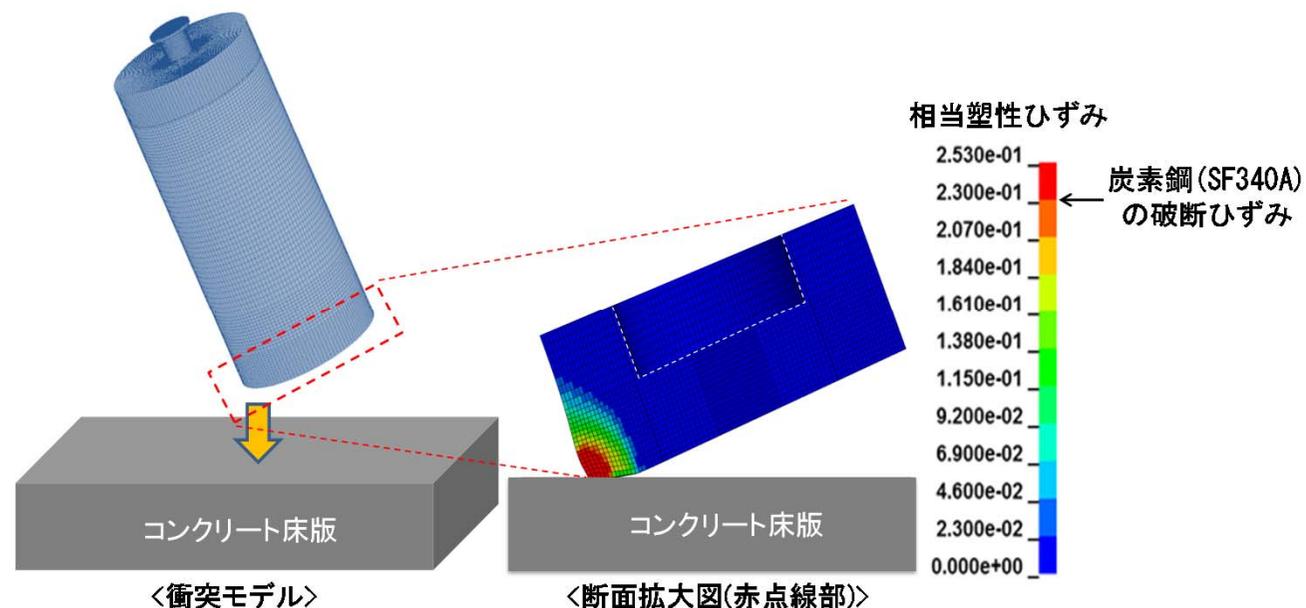
図 ガラス固化体を封入したオーバーパックの落下に関するイベントツリー

# 落下シナリオの評価

ガラス固化体の受入・検査・封入施設内における**オーバーパックの吊り上げ時の高さは最大9 m**となるため、この高さからの落下衝撃力を想定して、弾塑性解析により、オーバーパックの堅牢性を評価した。

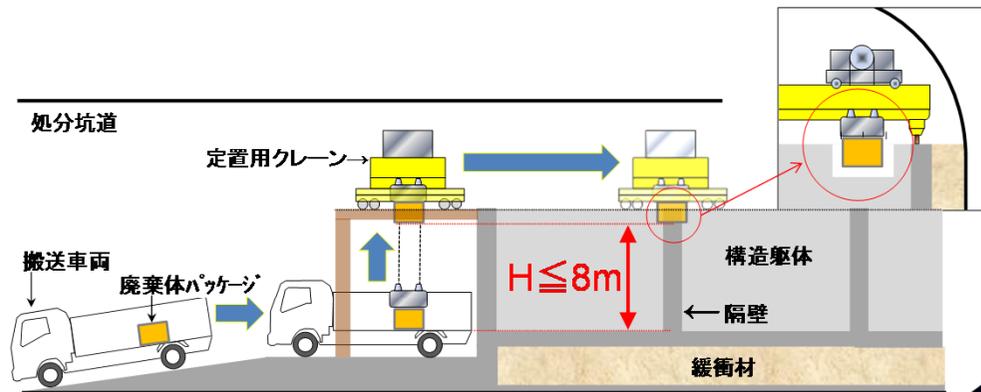
解析の結果、**衝突箇所近傍に破断ひずみ0.23を超える領域が発生するものの、オーバーパックの内部までは到達しておらず、貫通亀裂とはならない。**

- 評価では9 mの高さから落下し、落下姿勢として最も衝撃力が大きいと考えられる斜めに落下することを想定した。
- 解析の結果、オーバーパックに生じる相当塑性ひずみが炭素鋼(SF340A)の破断ひずみ0.23を超える領域に着目し、この領域がオーバーパックの外部から内部にまで連結した場合に貫通亀裂が発生するものと判断する。



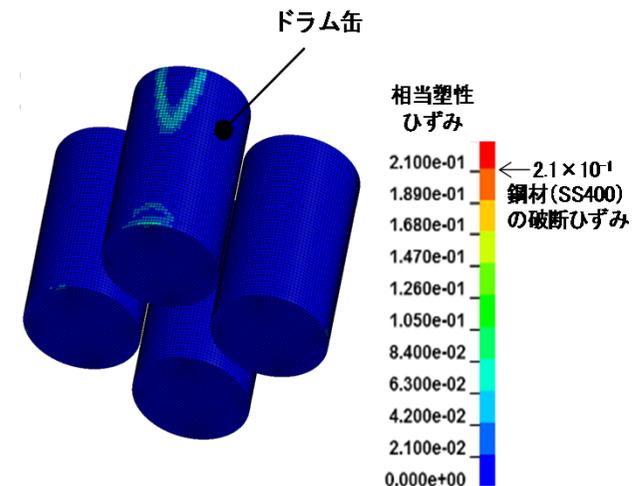
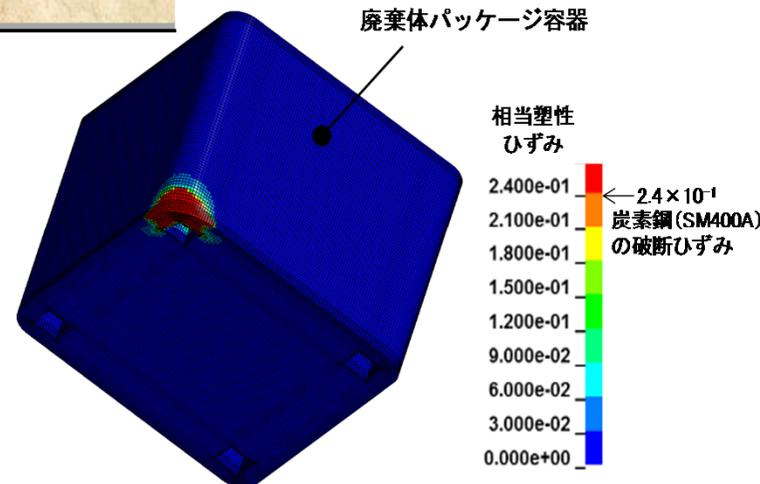
# TRU等廃棄物の廃棄体パッケージの落下シナリオの評価

- 高レベル放射性廃棄物の施設におけると同様に、「落下」について、異常状態シナリオを設定し、評価を実施。
- 落下高さは、地下施設で定置のために天井クレーンで廃棄体パッケージを吊り上げる工程（高さ8 m）が最大となる。
- 解析の結果、衝突箇所の周辺の相当塑性ひずみが基準値を超えるが、そのような領域はわずかであり、断面が大きく開口する可能性は低い。また、ドラム缶も変形するが、その相当塑性ひずみは、破断ひずみまではいたっていない。



廃棄体パッケージBを対象とした評価

廃棄体パッケージAの場合は、処分坑道でフォークリフトで積み上げた状態が最も落下高さが高くなる（6 m以下）。高さ6 mまではドラム缶は落下しても変形するのみで、内容物が飛散しない（電中研，1980）。また、廃棄体パッケージ内はモルタルで充填されているため、この落下高さの条件であれば、ドラム缶が開口する可能性は低い。



## 第4章で示した安全対策の例（火災）

前回の説明会において「さまざまな火災のケースを想定し、その中で最も火災継続時間が長いケースについて評価している、という説明がなされるべき。」をご意見いただいた。このため、火災シナリオを再検討。

### オーバーパックを取り扱う機器などからの出火に対する安全対策

想定する異常状態	異常発生防止策	異常拡大防止策
オーバーパック（あるいは廃棄体パッケージ）を取り扱う機器などからの出火	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 着火源の限定</li><li>・ 着火源となる車両，および装置の定期的メンテナンス</li><li>・ 可燃物の利用の限定</li><li>・ 不燃性・難燃性材料の使用</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 不燃性・難燃性材料の使用</li><li>・ 坑内の火災検知，警報設備の設置</li><li>・ 消火設備（遠隔化も含む）および消火活動</li></ul>

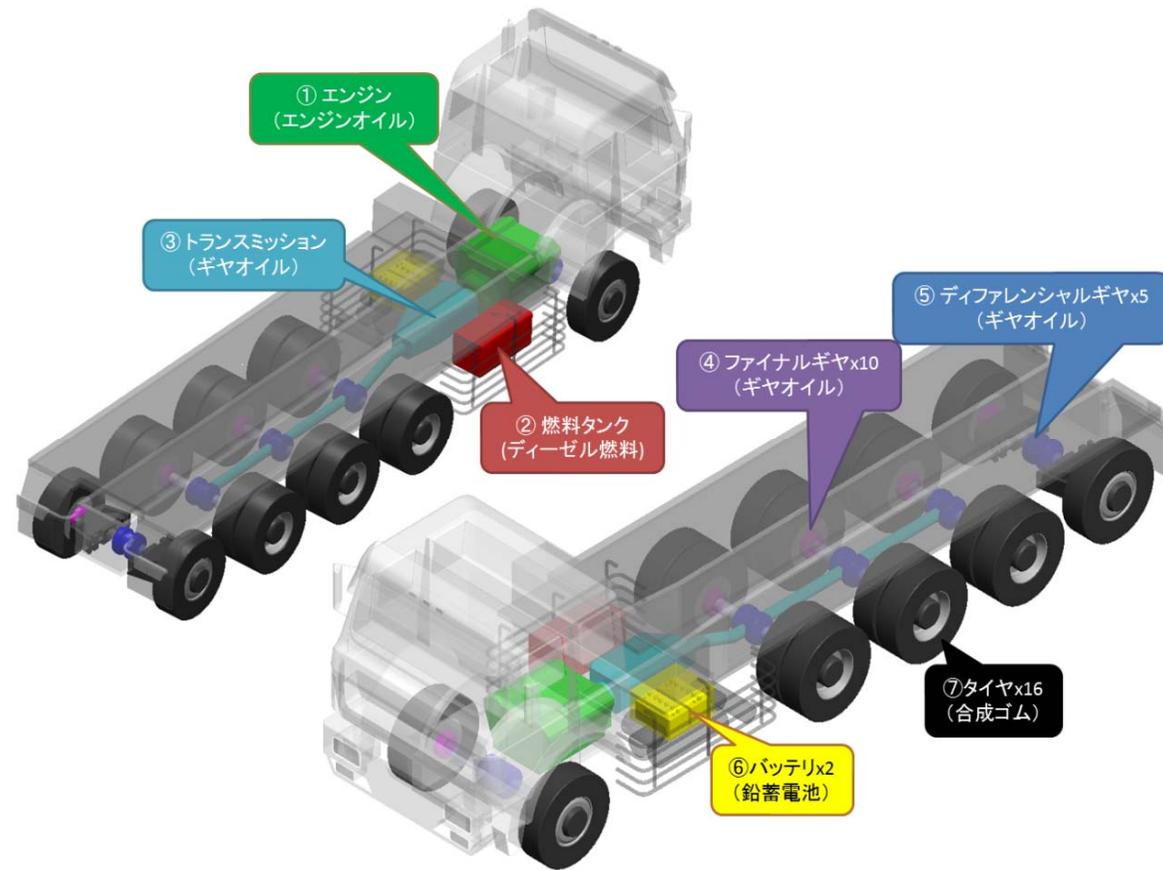
# 火災シナリオの評価

火災発生防止策を講じるが、以下の機器・装置については、**可燃物を使用する**。

- ① アクセス坑道（斜坑）において、ガラス固化体を封入したオーバーパックを地下に搬送する**搬送車両の燃料および車輪**
- ② 坑底施設で搬送車両から定置装置にガラス固化体を封入したオーバーパックを積み換える際に使用する**天井クレーンの潤滑油**
- ③ 連絡坑道から処分坑道までを走行し、ガラス固化体を封入したオーバーパックを処分孔内に**搬送し、定置する装置の燃料および車輪**

これらのうち、**可燃物量が最も多いと考えられるアクセス斜坑の搬送車両**を対象として、搬送車両からの出火を想定した火災シナリオを作成する。

# 火災シナリオの評価：搬送車両の燃焼物量の見積もり（第4章）



可燃物	使用量	発熱量 [MJ]
エンジンオイル	75 L	2,933
軽油	200 L	7,540
ギアオイル	93 L	1,095
バッテリー	122 kg	3,637
タイヤ（前輪）	147 kg	4,116
タイヤ（後輪）	1029 kg	28,812

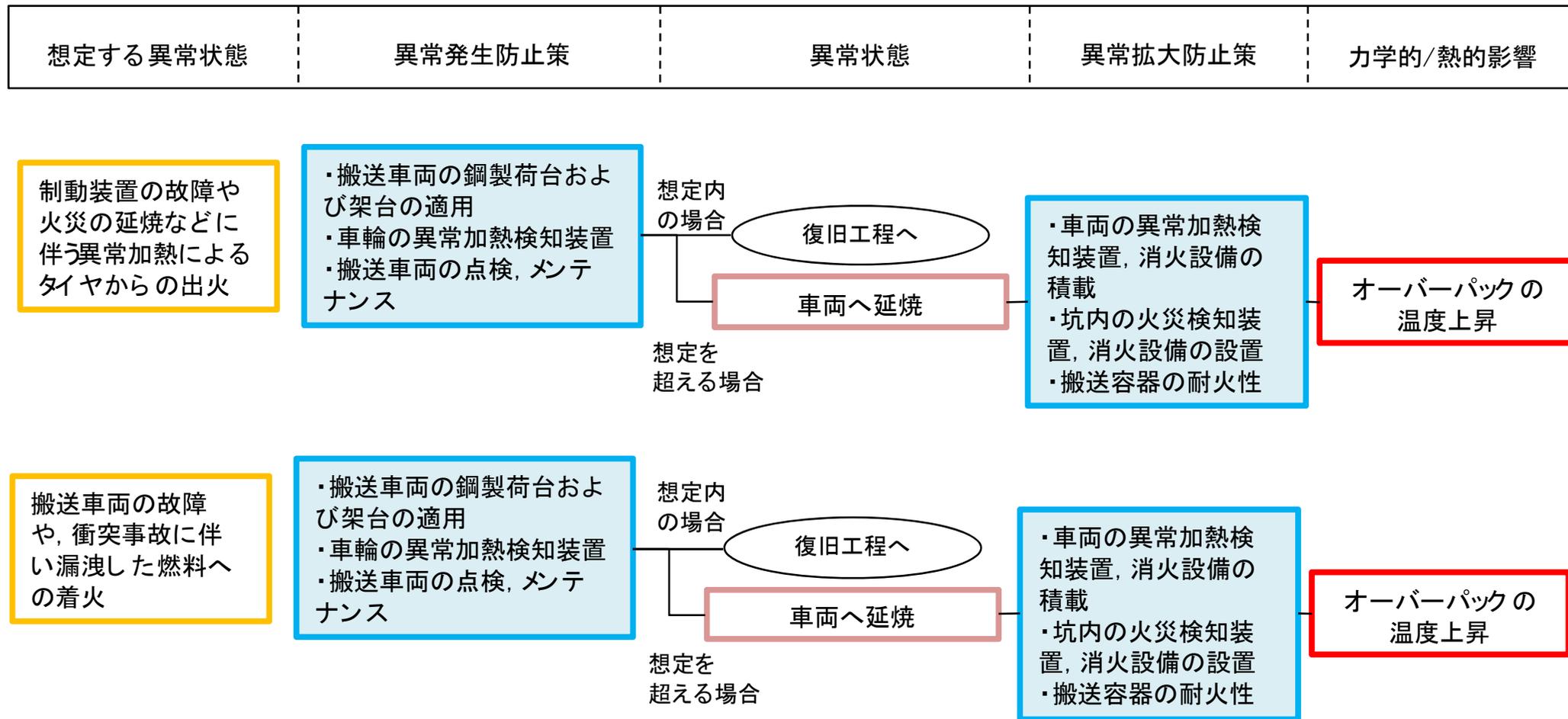
燃焼物としては、ディーゼル燃料とタイヤが最も多い。

## ○アクセス坑道内の搬送車両の安全対策（第4章に記述）

想定される異常状態	異常発生防止策	異常拡大防止策
制動装置の故障や火災の延焼などに伴う異常加熱によるタイヤからの出火	搬送車両の点検・メンテナンス 車輪の異常加熱検知装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>搬送車両の鋼製荷台および架台の適用</li> <li>車両の異常加熱検知装置，消火設備の積載</li> <li>坑内の火災検知装置，消火設備の設置</li> <li>搬送容器の耐火性</li> </ul>
搬送車両の故障や，衝突事故に伴い漏えいした軽油への着火	同上	同上

# 火災シナリオの評価：搬送車両からの火災シナリオ

搬送車両のうち、ディーゼル燃料軽油、およびゴム製のタイヤが潜在的な発熱量が高く、使用量も多いことからこれらを火災源に設定した。

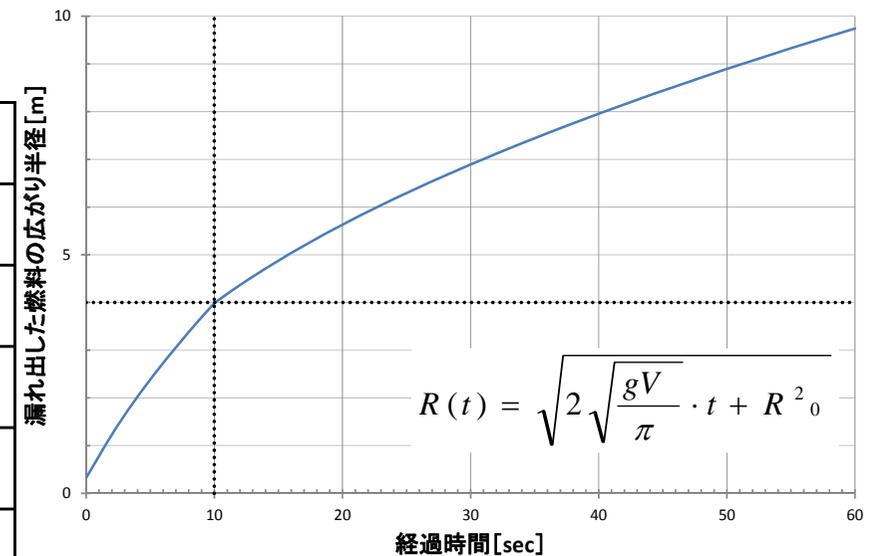


# 火災シナリオの評価：軽油のプール火災の燃焼時間の算定

- プール火災の評価では、火災の大きさを日本建築センター（2001）に記された方法に基づいて算出したところ、漏れ出した軽油（200 L）の広がり範囲は50 m<sup>2</sup>となった。**軽油の広がり**と、**燃焼速度**から燃焼時間を求め、火災継続時間を算出したところ60秒であった。
- 海外の評価事例（DOE, 2015, WIPP\* safety evaluation report）と同程度の火災継続時間であった。 \*WIPP: 米国Waste Isolation Pilot Plantの略

## 評価条件

項目	内容	備考
火災源	車両の燃料	—
燃焼物	軽油	—
発熱量 [MJ/L]	37.7	戒能（2012）
燃焼物の体積 [L]	200	—
火災源の断面サイズ [m <sup>2</sup> ]	50	高圧ガス保安協会（1974）
漏えい燃焼物厚さ [mm]	4	—
燃焼速度 [mm/min]	4	日本建築センター（2001）



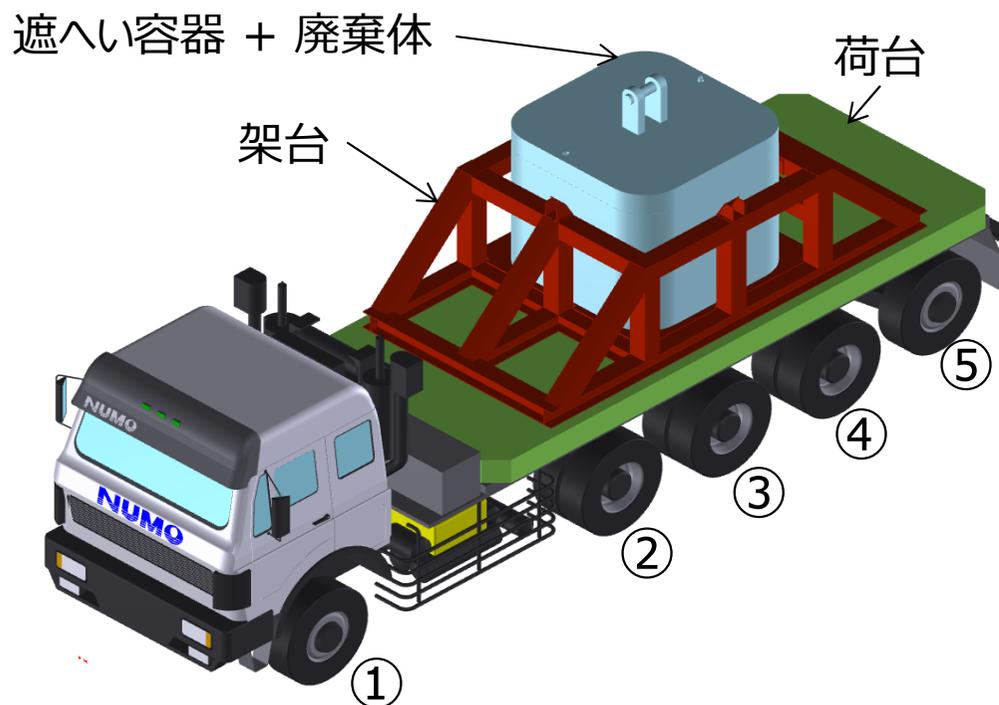
$t$  [sec] : 経過時間  
 $R_0$  [m] : 漏れ出しはじめの液面半径  
 $V$  [m<sup>3</sup>] :  $t$ 秒までに流出した燃料の容積  
 $g$  [m/s<sup>2</sup>] : 重力加速度(9.80)

# 火災シナリオの評価：タイヤ火災の燃焼時間の算定

一部のタイヤから火災が発生し、隣合うタイヤに延焼する過程を想定してタイヤ火災の燃焼時間を算定した。

## 想定した火災

ブレーキ故障による摩擦熱によりタイヤ③が過熱し引火。その後、熱せられた両隣のタイヤ（②および④、さらには⑤）に引火。



タイヤの引火条件：400℃以上or 熱流束16.5kW/m<sup>2</sup>以上

# 火災シナリオの評価：火炎の形状

タイヤ火災は車両の右半分のみで発生しており，左側のタイヤには燃え移らなかった。火炎は荷台によって遮られ，搬送容器にまで達していない。

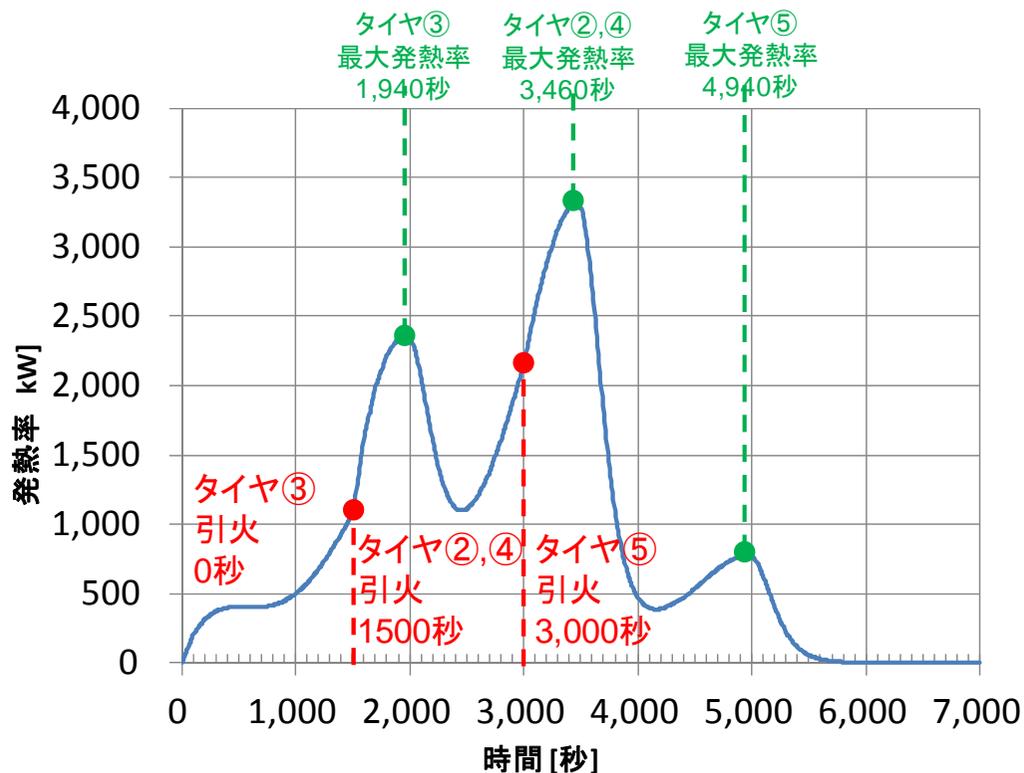
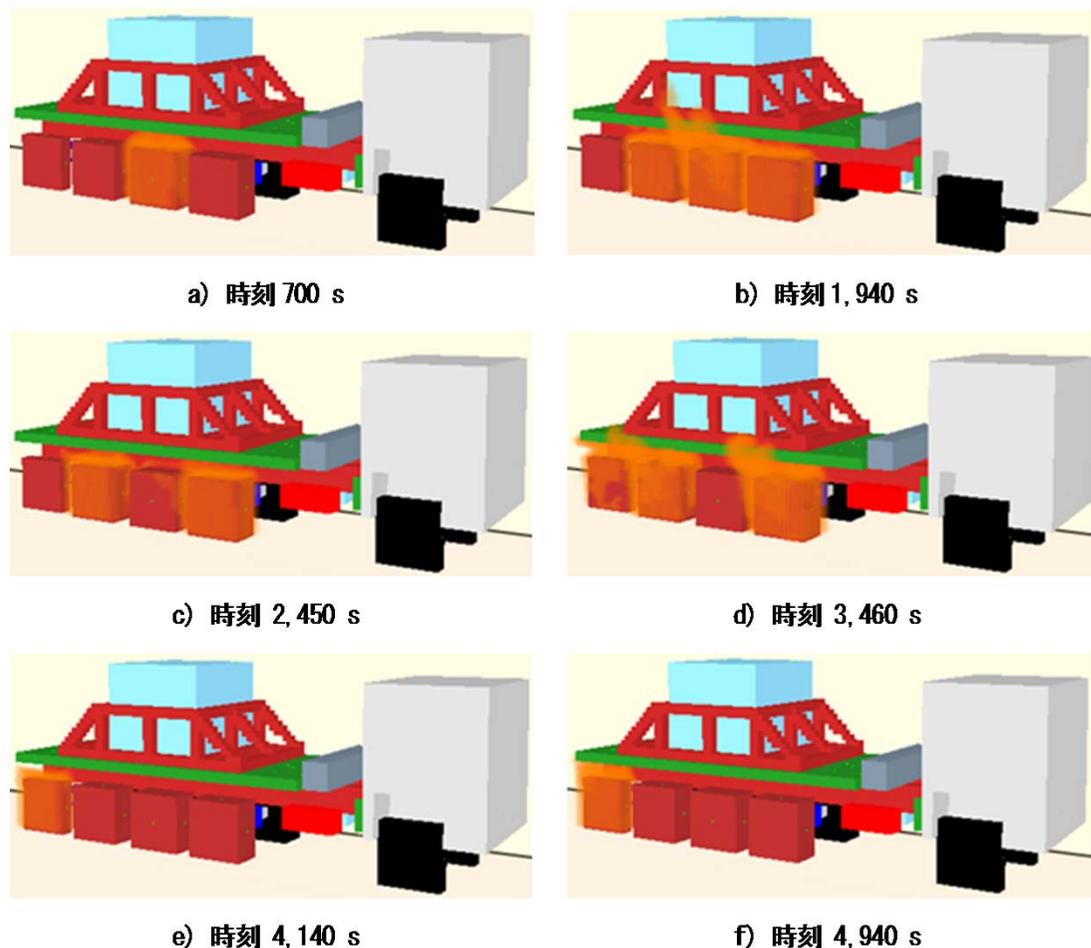
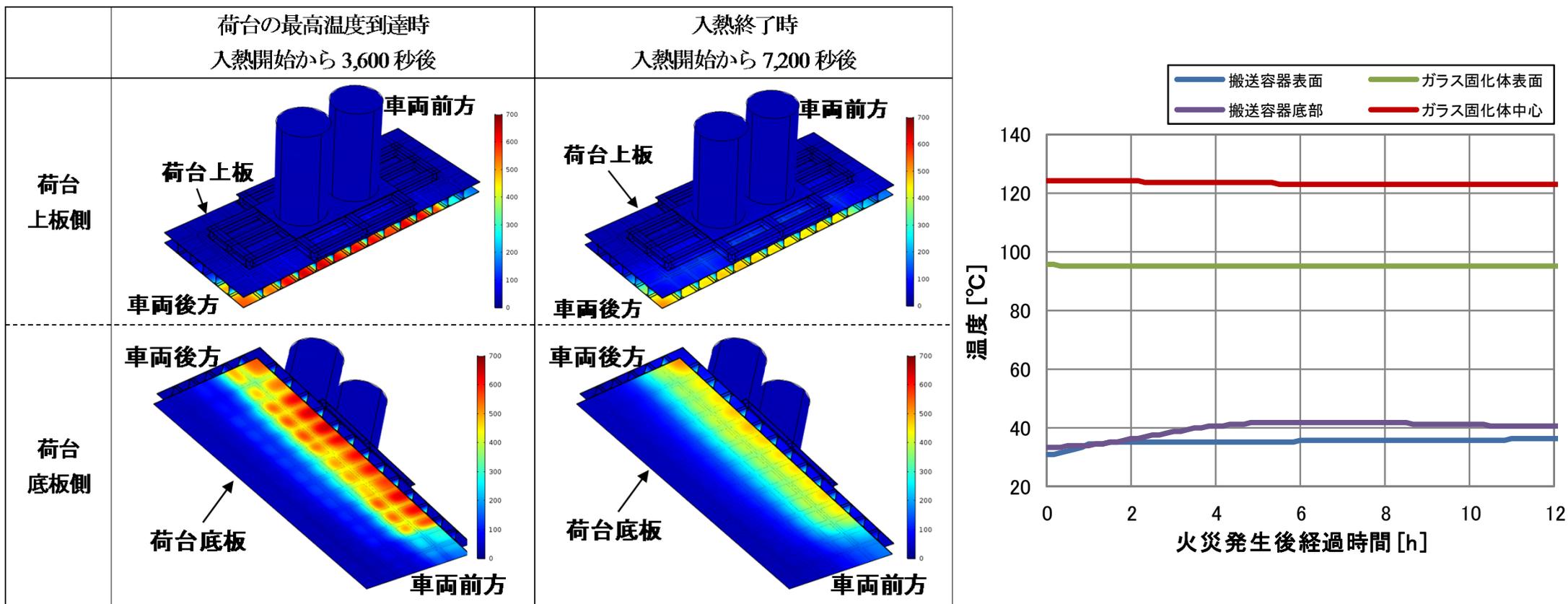


図 1 火炎の形状 (TRU 等廃棄物を搬送中の車両の例)

タイヤ火災による火災継続時間（約90分）が，軽油のプール火災の継続時間（1分）よりも長いため，タイヤ火災を対象として火災影響評価を実施した。

# 火災シナリオの評価：ガラス固化体を封入したオーバーパック

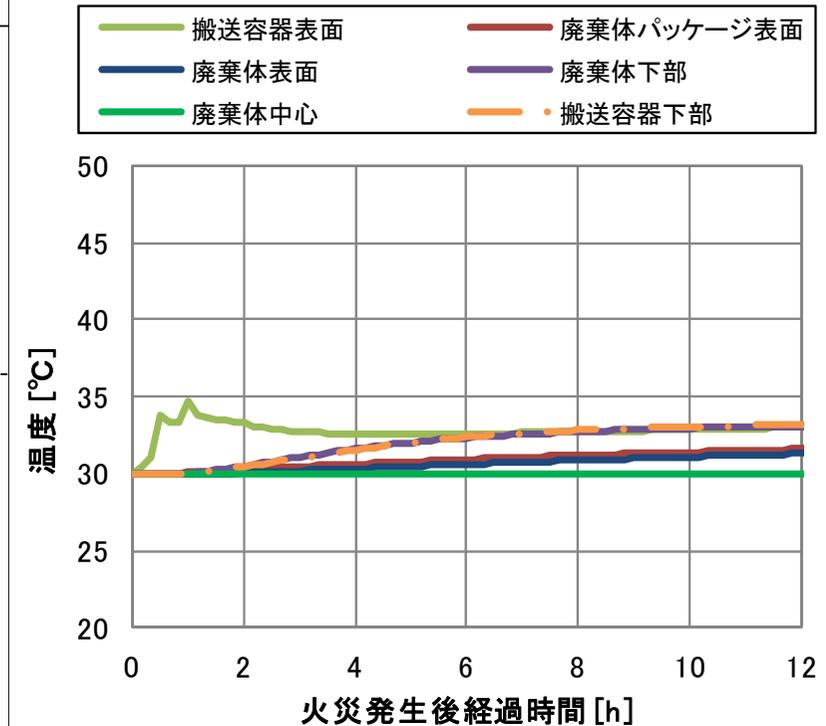
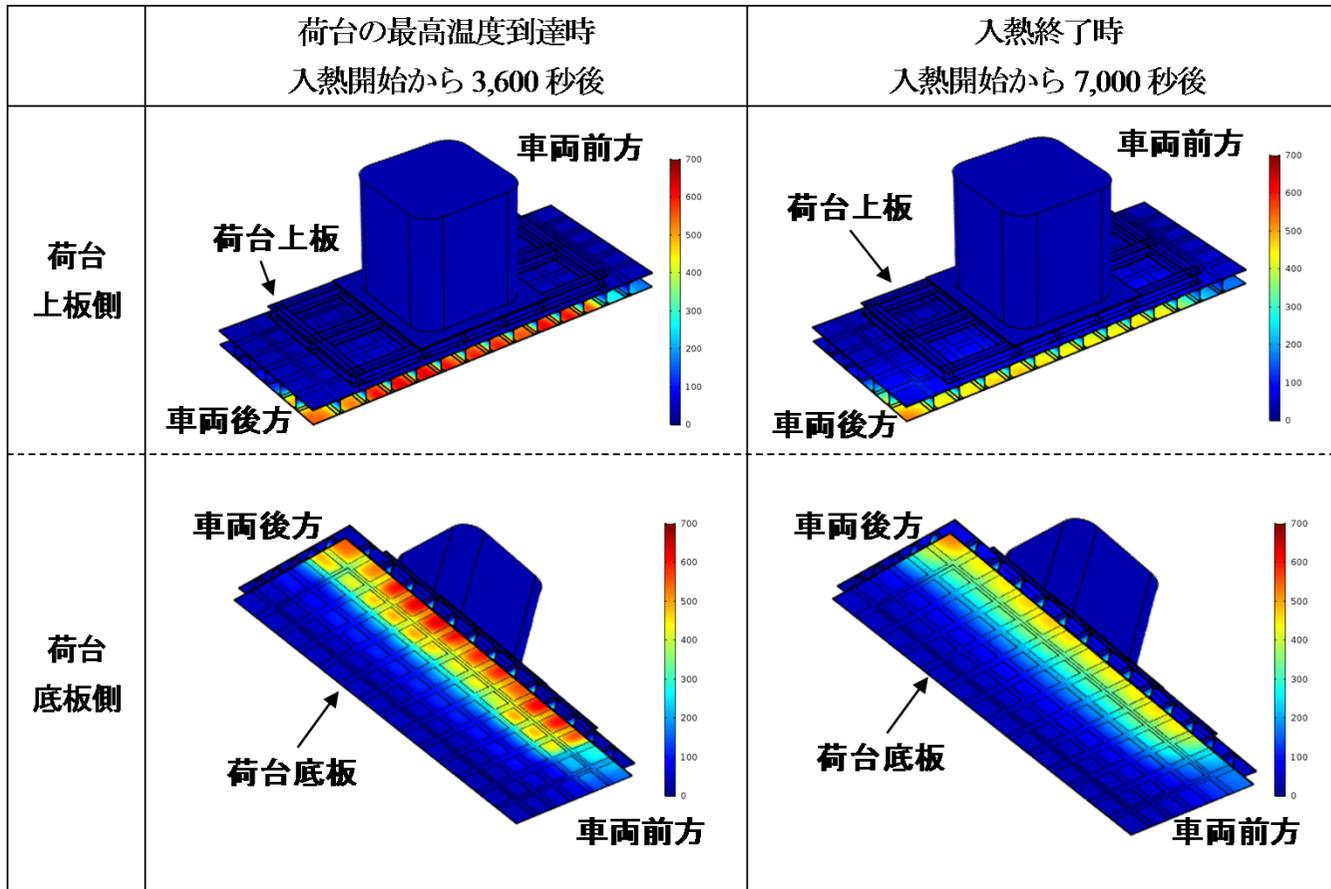
ガラス固化体を2本積載した状態で搬送することを想定して、火災の影響を評価した。



荷台下部は最高630°Cまで上昇しているが、荷台上部および搬送容器表面の温度は50°C未滿とかなり低い。荷台が中空構造であることが断熱性を高めている。

# 火災シナリオの評価：アスファルト固化体の廃棄体パッケージ

温度が180℃を超えると発熱を伴う化学反応が急激に進む恐れがあるアスファルト固化体\*を対象に火災影響を評価した。\*JAEA (2016)



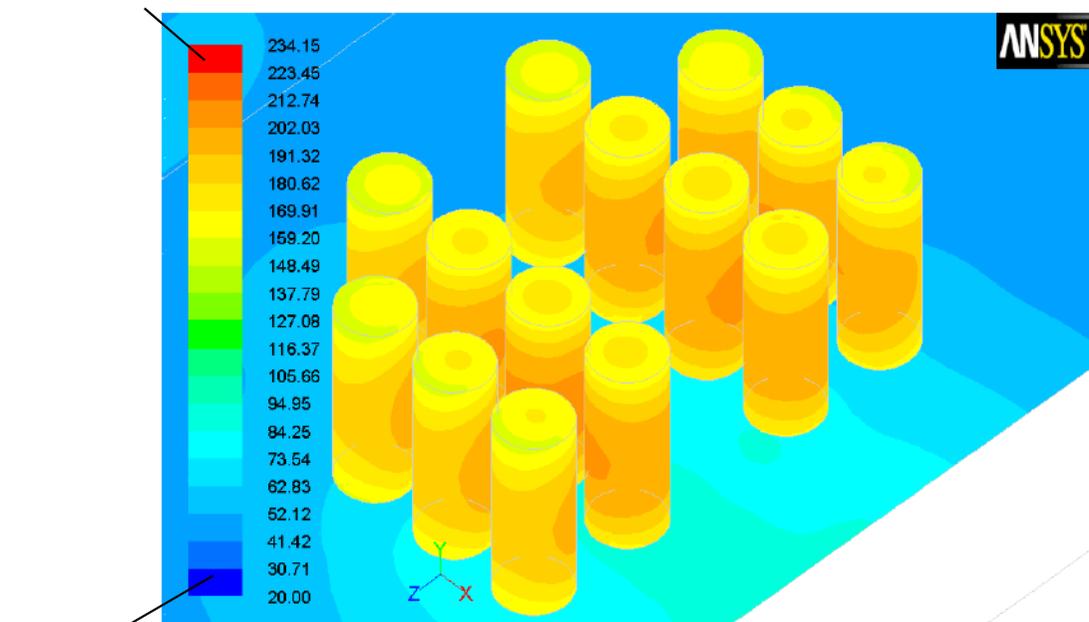
HLWと同様に荷台下部は最高630℃まで上昇しているが、搬送容器表面、廃棄体の温度は35℃未満とかなり低い。アスファルト固化体の化学反応が急激に進むことはない。

# 外部電源喪失シナリオの評価

ガラス固化体28本を受け入れ検査のため、仮置き中に、30日間にわたり電源が喪失し、換気機能が停止した状態を評価した。

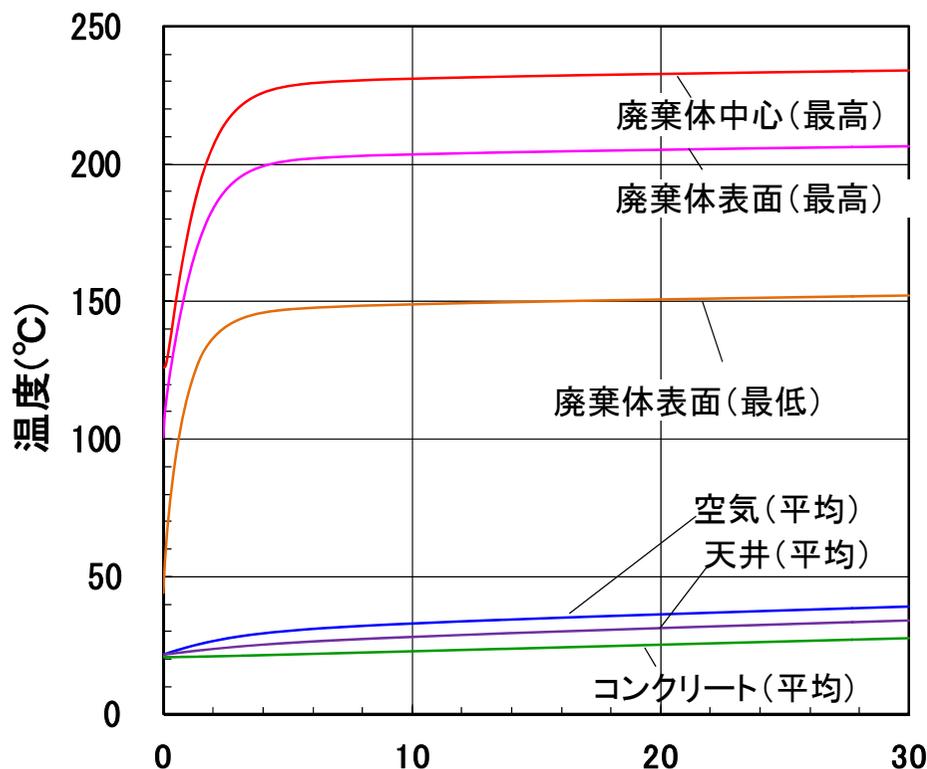
(30年冷却 (約560W) , 空気対流を考慮しない保守的な評価)

温度高い (赤 : 230°C)



温度低い (青 : 20°C)

解析結果 : ガラス固化体の温度分布



換気停止後の経過時間(日)

停止後、5日程度で最高温度に達し、その後、温度上昇は著しく鈍化する。ステンレス製キャニスタに影響はない。

コンクリート壁に熱が吸収されるため、温度の上昇が鈍化する。

# 放射性物質の外部への放出の可能性について

- 異常状態シナリオとして、放射性廃棄物の落下、施設内の火災などを想定し、放射性物質の漏えいを引き起こすようなガラス固化体を封入したオーバーパック、および廃棄体パッケージの力学的または熱的損傷の可能性について評価した。
- 今回検討した条件の範囲では、落下などの衝撃力などによりオーバーパック（あるいは廃棄体パッケージ）が一部変形はするものの、大きく損傷することはなかった。
- また、火災の延焼などに伴うガラス固化体あるいはTRU等廃棄物の温度が上昇したとしても、熱的に損傷する条件よりも十分に低かった。
- 以上のように、現状の施設の設計および操業工程において、**放射性物質が施設外に放出されるような異常状態シナリオは見いだされなかった。**
- **横置き・PEM方式の場合**には、ガラス固化体を封入したオーバーパックは、緩衝材とともにPEM容器内に一体化されている。落下衝撃力や熱に対しては、緩衝材がその影響を緩和するため、**縦置き・ブロック方式を代表として示した評価結果よりも影響が大きくなることはない**と考えられる。
- 今後、評価の信頼性を向上させるために、サイト環境条件に応じて設備などの詳細な設計を行い、それに対する評価を行っていく。

1. 閉鎖前の安全性の評価の考え方
2. 平常状態シナリオの評価
3. 異常状態シナリオの評価
4. 事故後の対応
5. 前回の報告会での主なご意見と報告書への反映
6. まとめと今後の取り組み

# 事故後の対応の考え方

- 評価結果に基づくと、現状の操業方法では、落下および火災などの事象を考慮しても、施設外に放射性物質の放出が発生するような事態は起こりにくい。
- しかしながら、**万一施設内に放射性物質が漏えいした場合を想定し**、緊急換気システムをあらかじめ準備することが望ましい。また、放射性物質の外部への放出がない場合にも、**事故後の対応方法を、あらかじめ準備しておく必要がある**。海外の事故後の対応事例（WIPP Recovery plan）を参考にすると以下の手順による復旧が考えられる。
  - 事故に関する情報の共有，発信
  - 事故が発生した現場の調査と放射性物質の漏えいの有無の確認，事故の原因究明
  - 復旧作業計画の策定
  - 復旧作業のための対応基地の設置，復旧作業における作業従事者の訓練，教育
  - 汚染（排気，排水）の拡大防止の対策の実施
  - 問題があるガラス固化体を封入したオーバーパックあるいは廃棄体パッケージの回収
  - 汚染がある場合には，汚染個所の除染作業
  - 現場の復旧の確認
- これらの事故後の対応については、今後、サイトが明らかになった段階でサイトの環境条件を考慮して操業計画を策定する際に、具体化することとし、併せて事故対応技術の整備にも取り組む。

1. 閉鎖前の安全性の評価の考え方
2. 平常状態シナリオの評価
3. 異常状態シナリオの評価
4. 事故後の対応
5. 前回の報告会での主なご意見と報告書への反映
6. まとめと今後の取り組み

# 前回の報告会での主なご意見と報告書への反映

## ○いただいたご意見

- 火災影響評価において、プール火災の継続時間を1分としていたが、短いのではないか？さまざまな火災のケースを想定し、その中で最も火災継続時間が長いケースについて評価しているという説明がなされるべき。
- 操業時のモニタリング（異常の検知）、自然災害の対策、事故後の対応についても説明が望まれる。また、一般労働安全の確保についても示してほしい。

## ○報告書に反映した内容

- 搬送車両の可燃物量について検討するとともに、車両火災の事例について調査し、火災源として、ディーゼル燃料、タイヤの発熱量が大きいことを確認。それぞれの火災継続時間を評価したところ、タイヤ火災の継続時間（約90分）の方が、ディーゼル燃料の火災（1分）よりも長いため、この影響を評価した結果を第5章に示した。
- 操業時のモニタリング（火災の検知、可燃性ガスの検知、放射性物質の漏洩の検知）および自然災害、一般労働安全の確保については、第4章に記述。
- 事故後の対応については、WIPPの対応を参考として、第5章に対応の考え方を示した。

1. 閉鎖前の安全性の評価の考え方
2. 平常状態シナリオの評価
3. 異常状態シナリオの評価
4. 事故後の対応
5. 前回の報告会での主なご意見と報告書への反映
6. **まとめと今後の取り組み**



## まとめ (1/4)

---

- 地上および地下施設での廃棄体の受け入れから定置までの操業工程を対象として、**放射性廃棄物を取り扱う類似の施設の国内外の安全評価のガイドラインや規則の考え方を参照して**、報告書第4章で示した設計に基づき、閉鎖前の安全性について、平常時および異常時の評価を行った。
- 平常状態シナリオの評価では、**施設の遮蔽設計ならびに敷地境界からの距離を適切に設定することで**、年間実効線量は、**公衆の放射線防護の線量目標値である50  $\mu\text{Sv}/\text{y}$ を下回る。**
- 異常状態シナリオの評価では、放射性物質を施設外に放出する可能性がある事象として、**廃棄体の損傷に至るまでの異常状態の推移をイベントツリーを用いて分析し**、評価シナリオを作成した。

## まとめ (2/4)

- 想定される異常状態を、「放射性廃棄物の落下」、「火災」、「爆発」、「外部電源喪失」および「その他の装置の故障など」に分類し、処分場の仕様に基づく安全上厳しい条件を対象として、オーバーパックあるいは廃棄体パッケージの堅牢性を評価した。
- その結果、オーバーパックあるいは廃棄体パッケージは、落下や火災などの異常状態を想定しても、廃棄体などの取り扱い高さ制限などの安全対策の範囲で堅牢性を有しており、放射線物質の漏えいを生ずるような損傷に至ることがない。
- 以上の結果に基づけば、報告書第4章で示した設計に基づく安全対策によって放射線または放射性物質を周辺に放出するような事象の発生の可能性は、極めて低いものと考えられる。
- 一方で、万一放射性物質が漏えいするような事故に備えておくことも重要であり、事故事例に基づいて事故後の対応の考え方について示したが、今後、対策の具体化が必要である。

## 第2次取りまとめおよび第2次TRUレポートからの進展（3/4）

- 地層処分の閉鎖後の安全性のみならず、地層処分を実施する前のプロセスについても、**セーフティケースの概念を適用して、施設の安全性の論拠をそろえることの重要性**が、国際原子力機関IAEAにより示されている（IAEA, 2013; No. GSG-3）。
- また、NUMOの対話活動や、前回の説明会でも、処分場を操業中の安全性に対する意見が寄せられており、**閉鎖前の安全性に対する国民の関心は高い**。
- これらの背景から、包括的技術報告書では「**閉鎖前の安全性の評価**」を**セーフティケースの重要な構成要素の一つ**ととらえ、類似施設の評価方法を参考に評価に取り組んだ。

## 今後の取り組み（4/4）

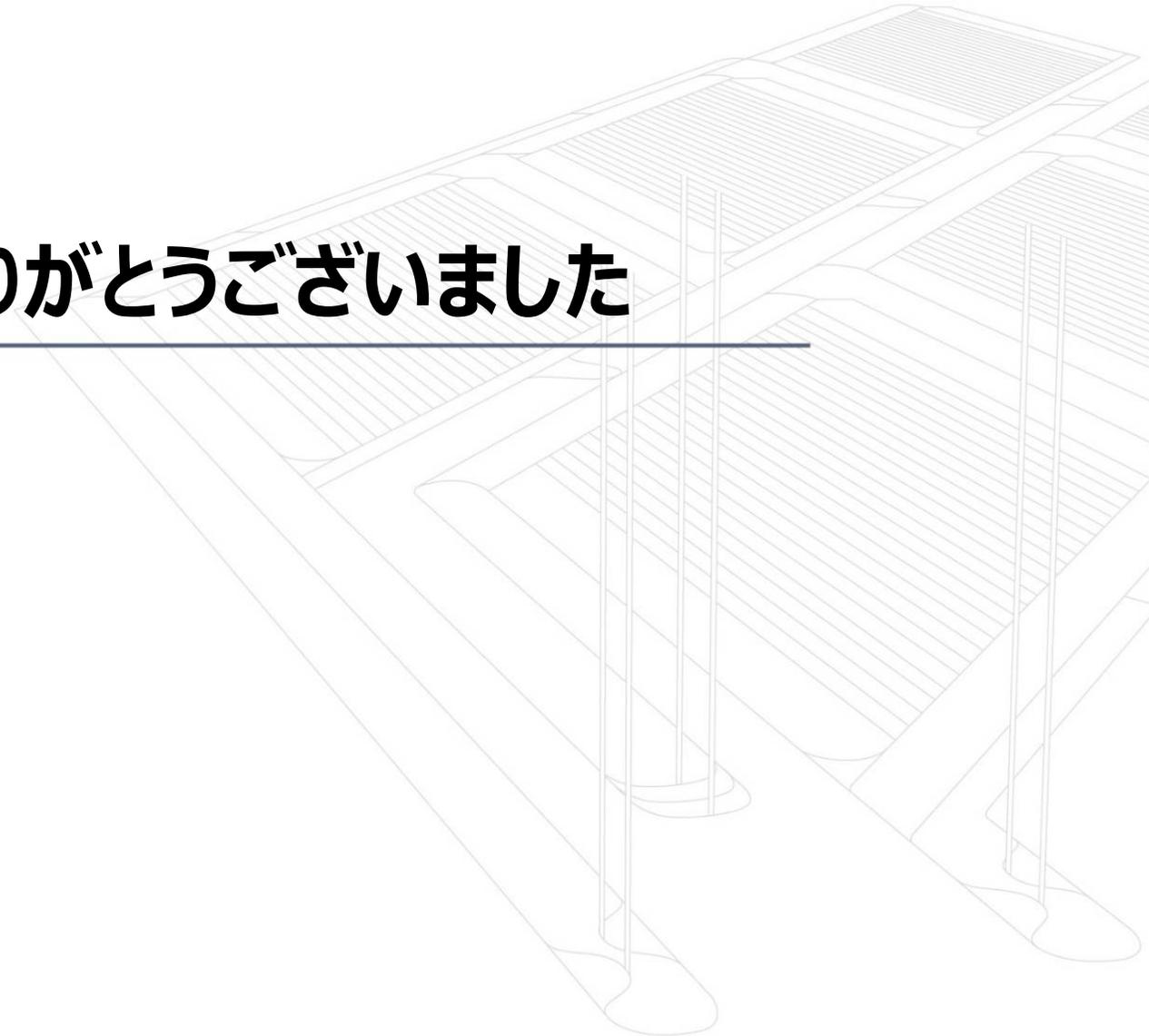
- 安全性の評価結果の信頼性を向上させる上では、今回の結果にとどまらず、**今後もサイトの地質環境条件や設計の詳細化に応じて繰り返し見直すことで、シナリオを充実させ、網羅性を高めていく必要がある。**例えば、外部電源喪失などの共通の原因によって、**同時に複数の異常状態が発生する重畳など複合的な異常状態を含むシナリオの構築も**今後は検討していく必要がある。
- 加えて関連する施設の具体的な事故事例を参考に、実践的な検討を実施し、**事故対策および影響緩和策を施設設計に反映することが必要である。**

分類	主な実施項目
閉鎖前の安全性の評価 シナリオの構築	<ul style="list-style-type: none"><li>• 事象の重畳など複合的な事象を含むシナリオの構築</li><li>• ハザードデータベースの更新</li></ul>
閉鎖前の安全性評価技術の整備	<ul style="list-style-type: none"><li>• 安全性の評価上重要なデータの取得</li><li>• 複合的な事象に対する評価</li></ul>
事故対応技術の整備	<ul style="list-style-type: none"><li>• 事故などに対する対応策と復旧策の検討</li></ul>



**ご清聴ありがとうございました**

---





# 参考文献

---

電中研（電力中央研究所）（1980）：廃棄物パッケージの落下時における安全性実証試験.

藤田朝雄，杉田裕，升元一彦，風間秀（2007）：結晶質岩における粘土プラグの閉鎖性能に関わる原位置試験および解析評価，原子力バックエンド研究，Vol.14, No.1, pp.13-30.

IAEA (2013): The safety case and safety assessment for the predisposal management of radioactive waste. General Safety Guide, IAEA Safety Standards Series, No. GSG-3.

JAEA（日本原子力研究開発機構）（2013）：幌延深地層研究計画の成果と今後の予定，第16回 地層処分研究開発・評価委員会，資料16-4（H25.3.19），[http://www.jaea.go.jp/04/tisou/iinkai/hyouka\\_iinkai/16-4.pdf](http://www.jaea.go.jp/04/tisou/iinkai/hyouka_iinkai/16-4.pdf)（2016年7月15日閲覧）。

JAEA（日本原子力研究開発機構）（2016）：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証技術開発 報告書.

戒能一成（2012）：総合エネルギー統計の解説 2010年度改訂版，p.242.

高圧ガス保安協会，（1974）：コンビナート保安・防災技術指針－化学工場における地震対策－，本編，KHK E 007-1974，pp.16-17.

日本建築センター（2001）：改訂版 建築火災安全工学入門，日本建築センター，pp.113-114.

U.S.DOE（2016）：Safety evaluation report, DOE/WIPP 16-3565.

U.S.DOE（2018）：WIPP recovery: Plans and reports, [http://wipp.energy.gov/wipprecovery-plans\\_reports.asp](http://wipp.energy.gov/wipprecovery-plans_reports.asp)（2018年10月23日閲覧）。