

## 2. バックエンド

# 金属キャスクの取扱中の落下事故に対する安全性の確認

### 背景

使用済燃料の中間貯蔵に用いられる金属キャスクは、貯蔵施設内において緩衝体が取外された状態で取扱われる。緩衝体が無い状態での金属キャスクに対しては、万一の落下・転倒事故に関する評価事例が少なく、基礎データの蓄積が求められている。また、金属キャスクの蓋部には、長期間密封性能を維持するために金属ガスケットが用いられる。金属ガスケットを用いた蓋密封部については、事故等から想定される外力による蓋の横ずれ移動量から、漏えい量を評価することが求められている。

### 目的

緩衝体なしでの実物大金属キャスクの落下試験について解析を行い、蓋部の変形挙動を解析的に評価できることを確認する。さらに、本解析手法をキャスク貯蔵時の過酷な事象に適用し、蓋部の挙動と漏えい率を評価する。

### 主な成果

#### 1. 解析手法の検証

BWR燃料集合体69体を収納し、二重蓋構造をもつ設計の輸送・貯蔵兼用金属キャスクを用いて当所が実施した落下試験の再現性を確認する解析を、有限要素解析コードLS-DYNAにより実施し、蓋の横ずれ移動量を求めた。当該解析では、フランジ面の摩擦力、蓋ボルトの締付け力やガスケット反力等、蓋にかかる荷重を詳細にモデル化した。この結果、水平落下および回転衝突の解析において、蓋の横ずれについて試験結果と解析結果とで良い一致がみられ、本解析手法により、金属キャスク落下時の蓋ずれ挙動を評価できることが確認された。

#### 2. 取扱中のキャスク転倒事故に対する評価

直立状態からの転倒では、口開きやフランジ面の塑性変形の発生はなく、二重に設置した内外の蓋の横ずれ量から推定される漏えい率は最大で $2.3 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ であった。一方、縦起こし時の転倒では、二次蓋の口開きが大きく、また、フランジ面の塑性変形がみられることから、二次蓋は密封性能が喪失する可能性があることがわかった。また、一次蓋の漏えい率は、蓋の横ずれ量から $2.4 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ と推定された。

#### 3. 転倒時の密封性能評価

金属キャスク転倒時に推定された一次蓋の最大漏えい率は $2.4 \times 10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ である。当該漏えい率において、二重に設置した内外の蓋の間に封入された気体が、負圧に保たれた金属キャスク内部に流入したときの内圧の上昇率は、一週間あたり初期内圧の0.001%以下である。これより、転倒事故において、蓋部の損傷が、直ちに金属キャスク内部の負圧維持に影響を及ぼすことはないと判断される。

本研究は、経済産業省 原子力安全・保安院からの受託研究として実施したものである。

### 今後の課題

2010年以降に操業開始が予定されている我が国ではじめての敷地外中間貯蔵施設の安全評価に必要なソースタームの基礎データとして整備する。

主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 上席研究員 白井 孝治

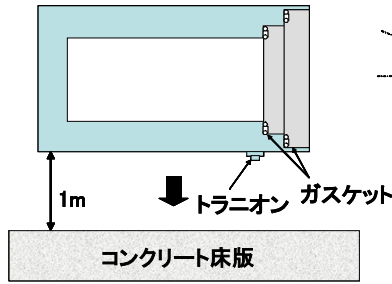
関連報告書 「金属キャスク落下時瞬時漏えい評価 ー実物大金属キャスク落下試験ー」

電力中央研究所報告: N06004

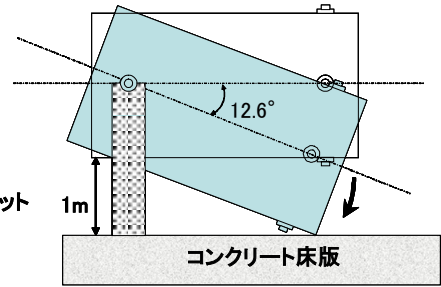
「金属キャスク落下時瞬時漏えい評価 ー取扱い中の事故事象に対する数値解析による密封性能評価ー」 電力中央研究所報告: N06005



(試験体外観写真)



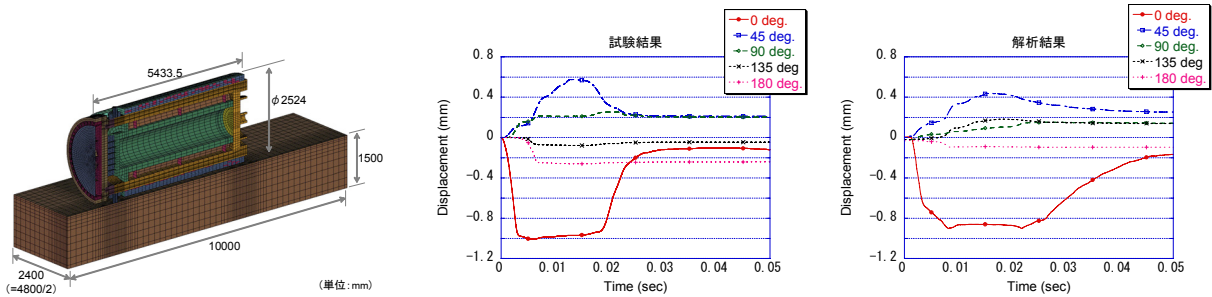
(水平落下試験)



(回転衝突試験)

BWR 燃料集合体 69 体を収納し、二重蓋構造をもつ設計の輸送・貯蔵兼用金属キャスクを用いて、水平落下試験および回転衝突試験を実施した。

図 1 当所で実施した実物大金属キャスクを用いた衝撃試験



使用した 3 次元解析コードは有限要素解析コード LS-DYNA である。なお、当該解析コードには、コンクリートの材料モデルとして当所が開発した非線形構成式を組み込んでいる。水平落下および回転衝突の解析において、蓋の横ずれ変位について試験結果と解析結果とで良い一致がみられた。

図 2 取扱中のキャスク転倒事故に対する評価モデルの検証

表 1 想定事象と漏えい量評価結果

		回転衝突	水平落下	架上直立状態からの 転倒衝突	自立状態からの 転倒衝突
想定事象					
施設内事象の例		キャスク吊上時の ・取扱装置故障 ・ワイヤー外れ		キャスク縦起時の ・取扱装置故障 ・ワイヤー外れ	施設内設置時の ・取扱装置故障 ・壁や他のキャスクへの衝突
評価ケース		1m高さ回転衝突	1m高さ水平落下	架台1m高さ上の直立状態からの転倒衝突解析	トランオン側からの転倒 胴部側からの転倒
漏えい率 Pa・m <sup>3</sup> /s	外蓋	1.1 × 10 <sup>-8</sup>	2.4 × 10 <sup>-6</sup>	密封喪失	4.3 × 10 <sup>-6</sup>
	内蓋	5.9 × 10 <sup>-8</sup>	1.4 × 10 <sup>-6</sup>	2.4 × 10 <sup>-6</sup>	2.3 × 10 <sup>-6</sup>