



低アスペクト比金属キャスクの9mスラップダウン落下試験

原子力規制委員会原子力規制庁長官官房技術基盤グループ 地震・津波研究部門

○永井穰、北村俊也、吉村英二、日比野憲太

概要・結論

低アスペクト比の金属キャスクの1/2.3スケールモデルを用いた水平落下試験及びスラップダウン落下試験を実施し、以下の結果を得た。

- 低アスペクト比の金属キャスクであっても、8° スラップダウン落下試験では水平落下試験と比較して、密封部の近傍である本体胴上部における最大加速度が1.8倍程度、蓋部における最大加速度が2.1倍程度に増加することが示された。
 - 水平落下試験では試験後の密封機能の低下がほとんど生じないのに対し、8° スラップダウン落下試験では試験後の密封機能がわずかに低下することを確認した。ただし、試験後の漏えい率は判定基準を満足しており、密封機能は維持された。
- 以上より、**スラップダウン落下は低アスペクト比の金属キャスクが最大損傷を受ける落下姿勢となり得ることが示された。今後、金属キャスクに関する申請手続ガイドを改定し、低アスペクト比の金属キャスクの転倒による二次衝撃評価を明示する見込みである。**

背景・目的

○金属キャスクとは

- ・使用済核燃料等の輸送・貯蔵に用いる大型の金属製容器
- ・9m落下試験等に耐える密封、遮蔽、臨界防止、除熱機能を有することが求められる

○金属キャスクに関する申請手続ガイドの記載事項（一部抜粋、追記）

- ・9m落下試験：垂直落下、水平落下、コーナー落下、傾斜落下後の密封機能等への影響の観点から、容器の最大損傷を評価する
 - ・傾斜落下については、長尺（高アスペクト比）の容器の場合は落下時の転倒による二次衝撃について説明する
- ⇒**短尺（低アスペクト比）容器の転倒による二次衝撃評価について、ガイドには明示的な記載が無い**

○研究目的

- **スラップダウン落下（※）では、短尺（低アスペクト比）の金属キャスクであっても、二次衝撃の衝撃加速度が一次衝撃の衝撃加速度を上回ることが先行研究で報告されている。**
- **低アスペクト比金属キャスクのスラップダウン落下が金属キャスクに及ぼす影響を、水平落下時とスラップダウン落下時の衝撃挙動を比較することで詳細に把握するとともに、スラップダウン落下時の密封機能に係る技術的知見を取得する。**

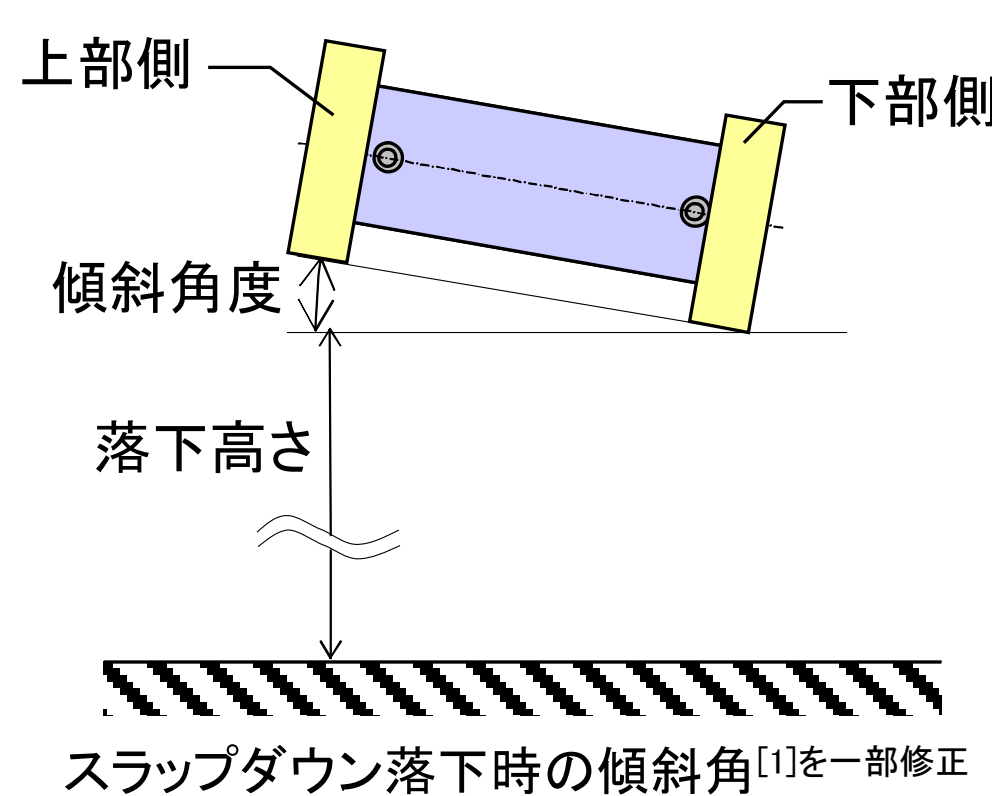
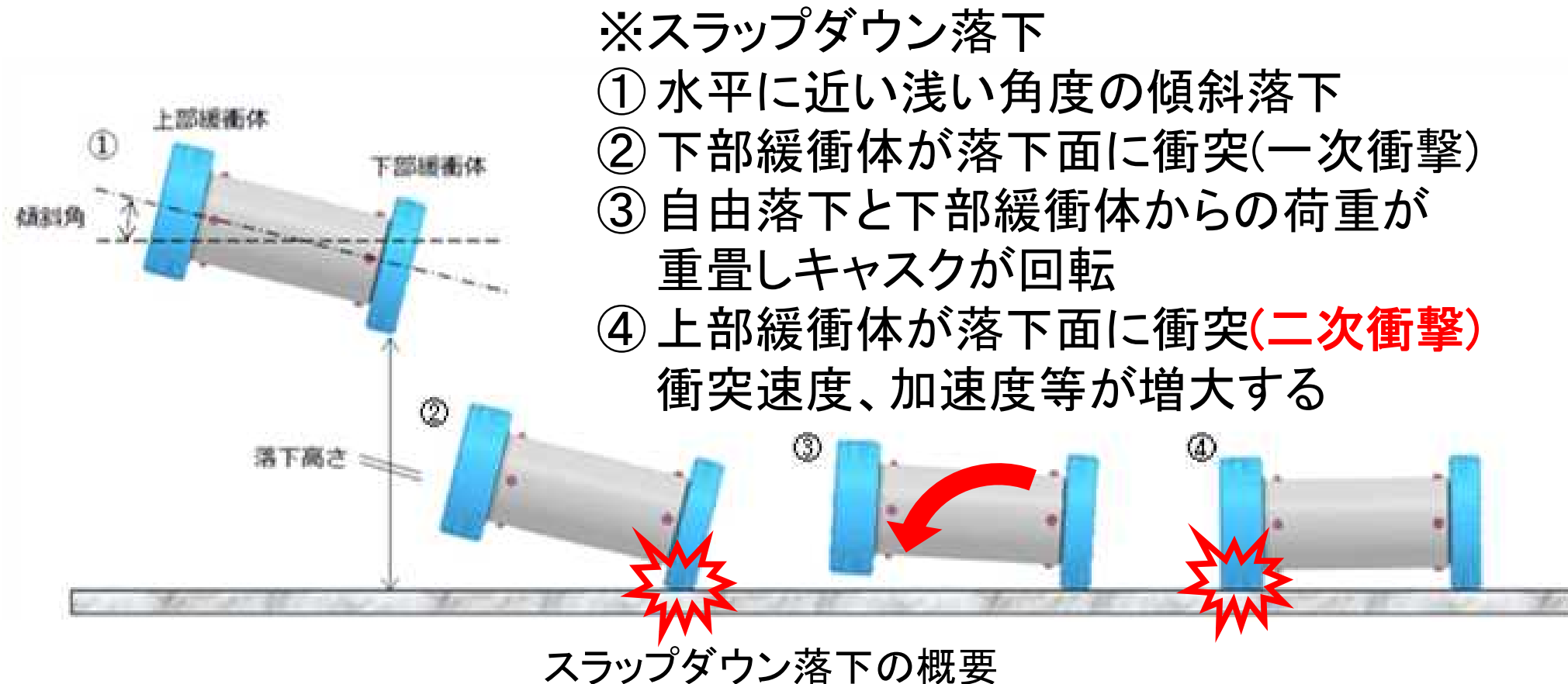
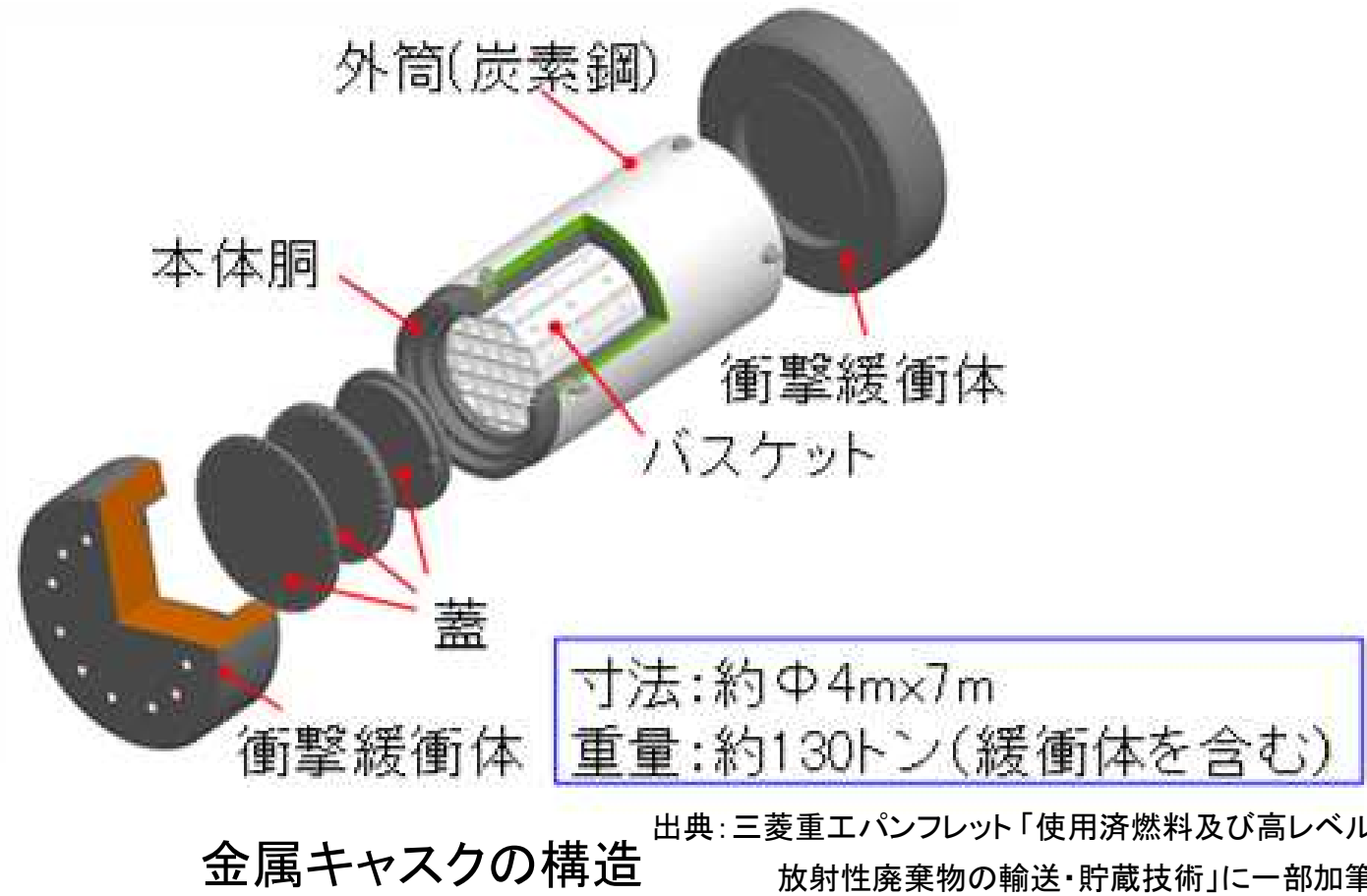
試験方法

○落下試験供試体

- ✓ 金属キャスクを1/2.3スケールに縮小
- ✓ 直径：約2400 mm、全長：約3000mm、質量：約11 t
- ✓ 実機金属キャスクの構造、機能、材料等を再現
- ✓ 供試体各部に加速度計・ひずみゲージ等を設置

○落下試験実施方法

- ✓ 供試体を所定の傾斜角・高さに吊り上げ自由落下
- ✓ 落下標的：鋼板をコンクリート基礎上に設置（IAEA No. SSG-26準拠）
- ✓ 試験中の計測項目：加速度時刻歴、ひずみ時刻歴等
- ✓ 密封機能の評価：落下試験前後にヘリウムリーク試験を実施し密封機能の評価



試験ケース一覧 [1]を一部修正

試験ケース	傾斜角	落下高さ	備考
水平落下試験	0°	9 m	水平落下・リファレンス
8° 9m スラップダウン落下試験	8°	9 m	二次衝突速度が最大となる角度(事前解析)
4° 9mスラップダウン落下試験	4°	9 m	三次蓋に発生する加速度が最大となる角度(事前解析)
8° 9.4m スラップダウン落下試験	8°	9.4m	スケールダウンによる落下速度補正

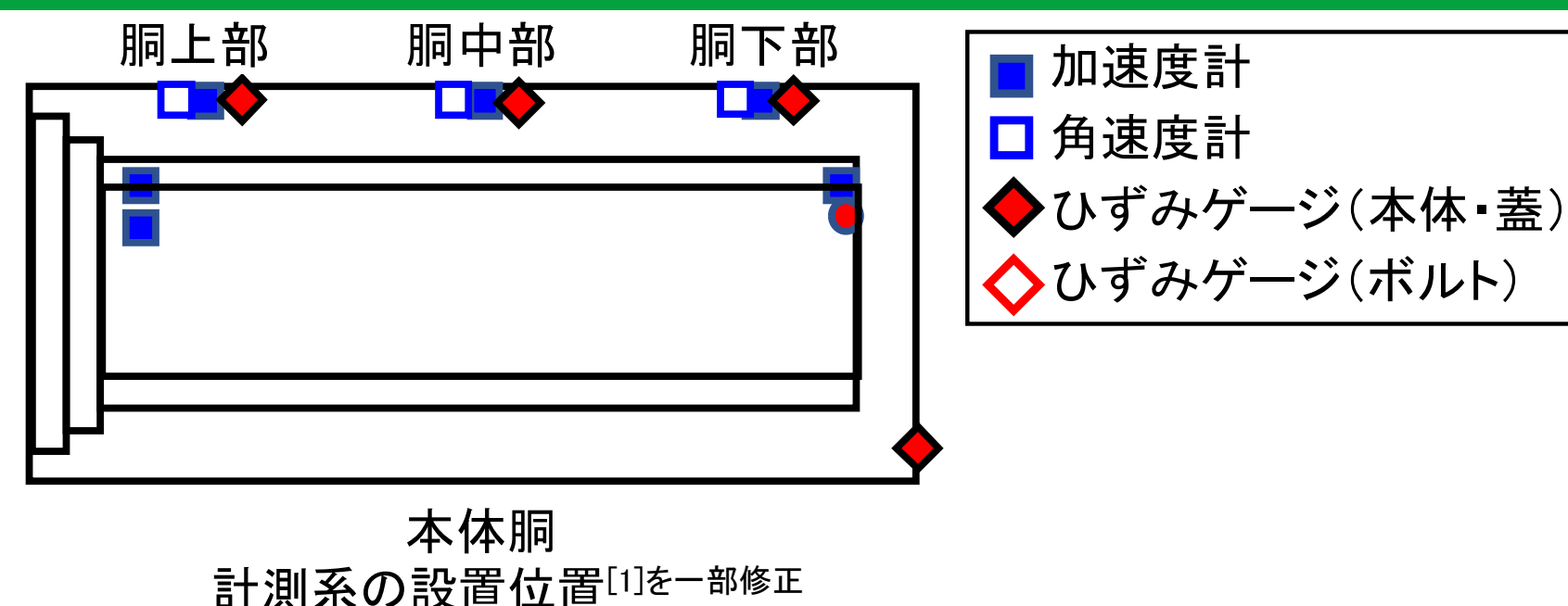
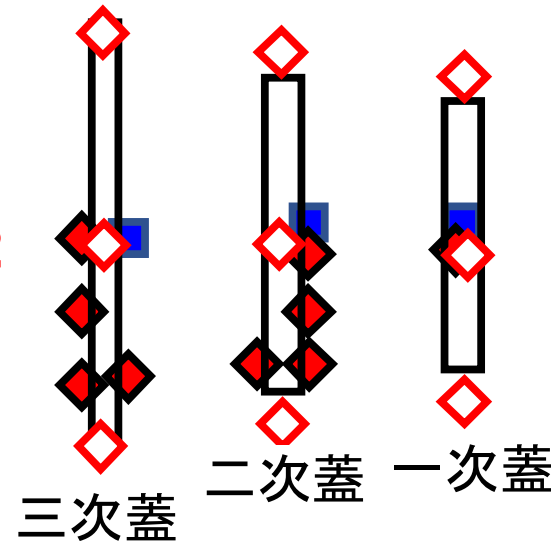
試験結果・考察

○水平落下試験

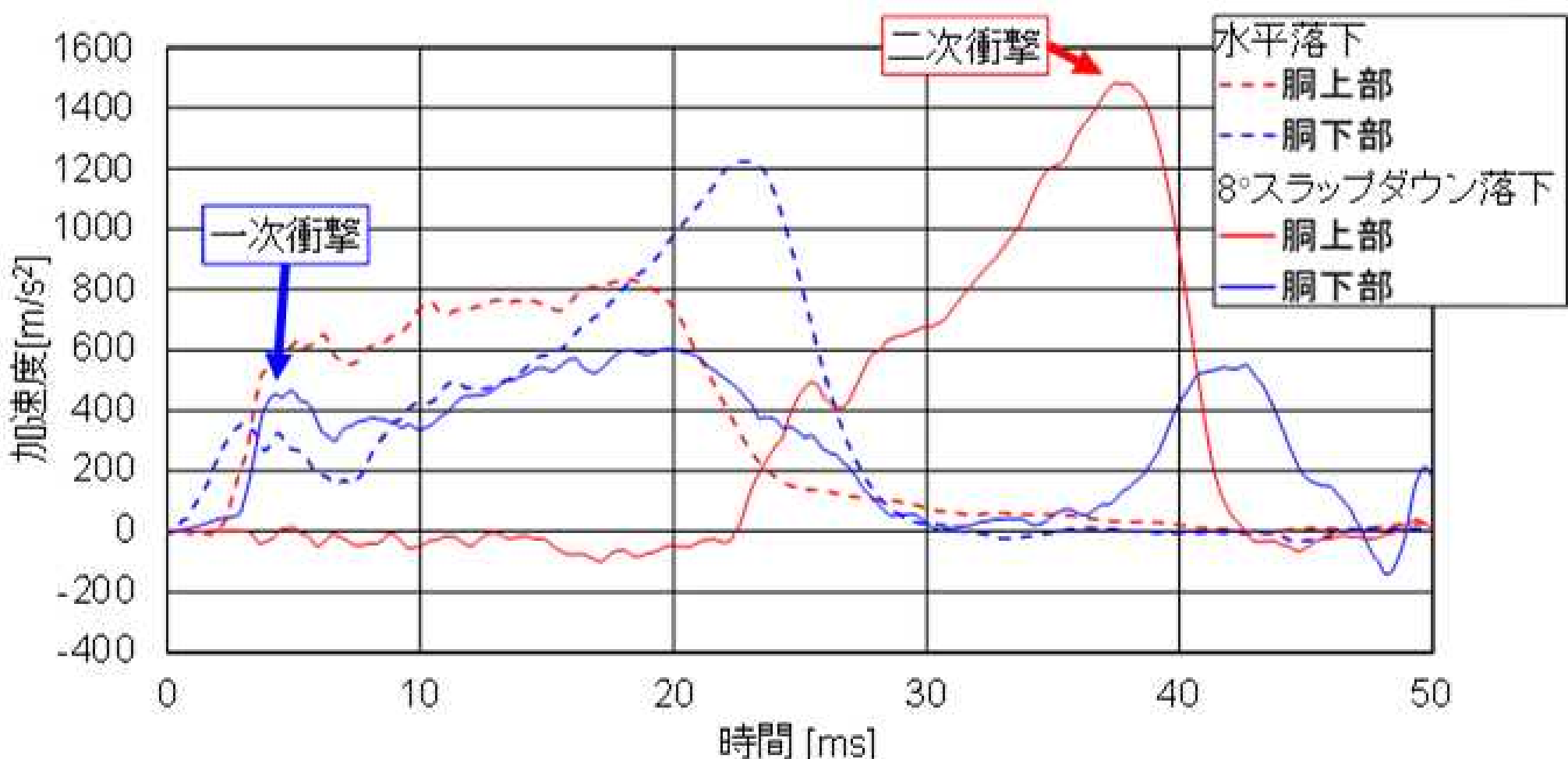
- ✓ 上部・下部衝撃緩衝体が同時に接地
- ✓ 本体胴上部の最大加速度：825 m/s²
- ✓ 蓋部の最大加速度：885 m/s²
- ✓ 密封性能：低下せず

○スラップダウン落下試験(8° 9m)

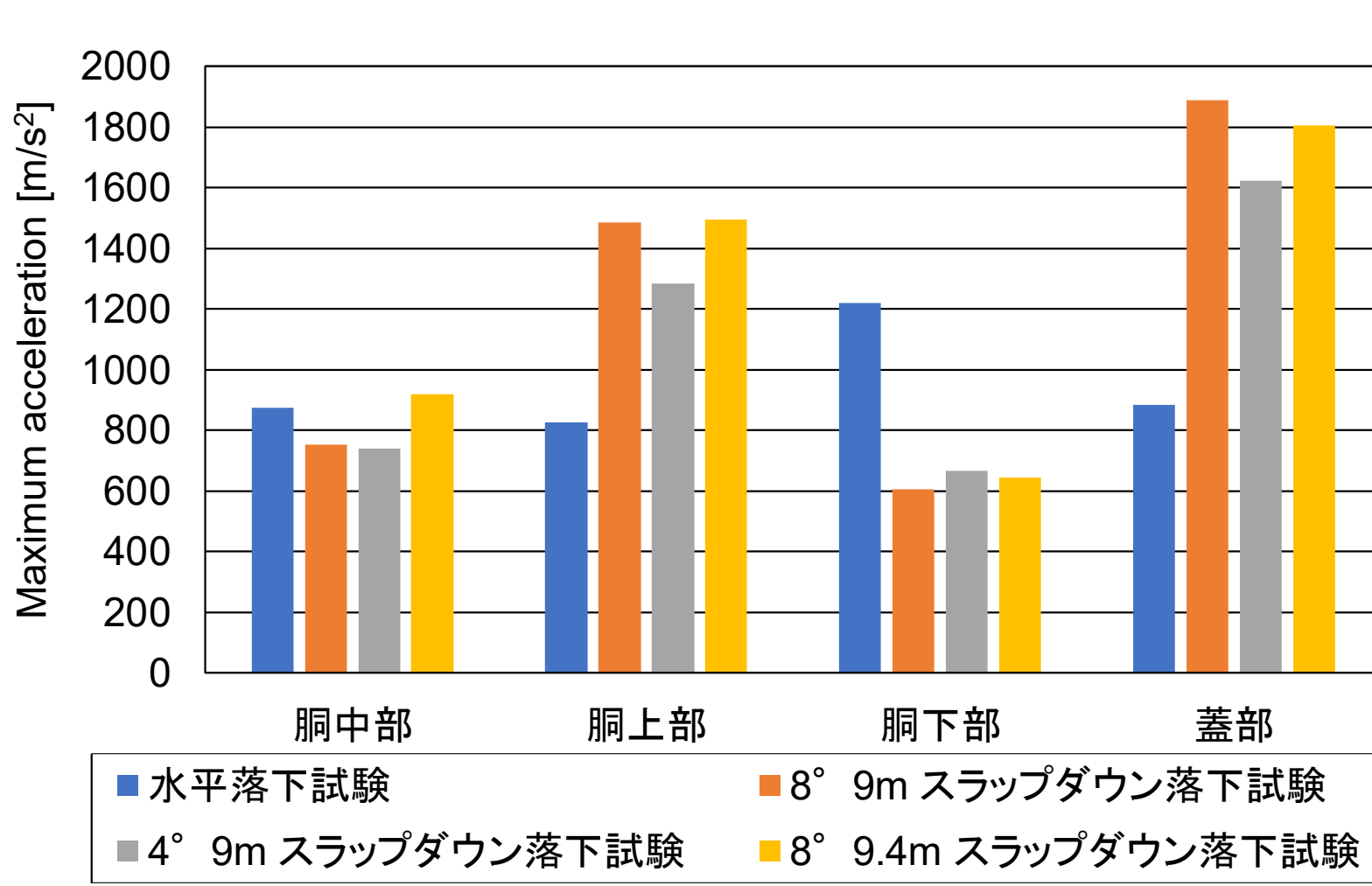
- ✓ 下部衝撃緩衝体が先に接地
- ✓ 本体胴上部の最大加速度：**1486 m/s²**
- ✓ 蓋部の最大加速度：**1890 m/s²**
- ✓ 密封性能：**低下**



- 密封部の近傍である**胴上部の最大加速度が1.8倍程度、蓋部の最大加速度が2.1倍程度に増加した。**
 - 水平落下試験では試験後の密封機能の低下がほとんど生じないのに対し、**スラップダウン落下試験では試験後の密封機能がわずかに低下した。**
- 以上より、**スラップダウン落下は低アスペクト比の金属キャスクが最大損傷を受ける落下姿勢となり得ることが示された。**



水平落下試験とスラップダウン落下試験の加速度時刻歴 [1]を一部修正



最大加速度の比較 [1]を一部修正

試験前後の密封性能 [1]を一部修正

試験ケース	試験前漏洩率 [Pa・m³/s]	試験後漏洩率 [Pa・m³/s]
水平落下試験	1 × 10 ⁻¹² 以下	1 × 10 ⁻¹² 以下
8° 9m スラップダウン落下試験	1 × 10 ⁻¹²	5.5 × 10⁻⁸
4° 9m スラップダウン落下試験	1 × 10 ⁻¹²	1.9 × 10 ⁻¹²
8° 9.4mスラップダウン落下試験	1.7 × 10 ⁻¹²	1.4 × 10⁻¹⁰

本報告は、下記論文に含まれる成果を簡易に纏めたものである。

[1]永井穰、北村俊也、吉村英二、日比野憲太：1/2.3スケール金属キャスクの9m落下試験、原子力学会和文論文誌、2024(印刷中)