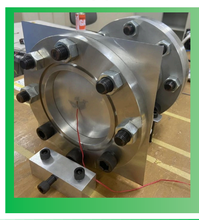
水素等可燃性ガスの爆発実験および安全研究インフラの整備：水素爆発による構造物への影響評価

長岡技術科学大学　新美 凱叶, 越田虎徹,村井凌生, 山形 浩史

背景・目的：水素爆発による構造物損傷の評価

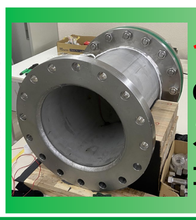
- 3.11福島第一原発事故にて、1，3，4号機と相次いで原子炉建屋が水素爆発を起こした。
- 実際の事故を高精度に再現する技術の開発を目指す。→建屋の新構造・素材の効果をコンピュータで評価できる。
- 水素爆発時の構造物への影響を予測するためには、燃焼による圧力上昇と構造応答を連続して評価する必要がある。
  本研究では、小規模燃焼実験を用いて燃焼解析および構造解析の妥当性を検証し、実構造物への適用を目指す。

小規模実験



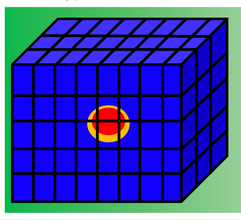
Φ125mm L200mm
解析手法の検証
実験方法の確立
3D-DICの導入

中規模実験



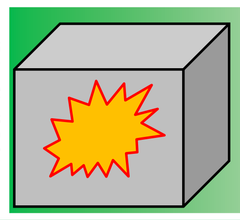
今年度中
Φ300mm L480mm
スケールアップ
コンクリート試験片の導入

実寸大解析



今年度中
コンクリートの解析
先行研究の知見
を活かす

大規模実験

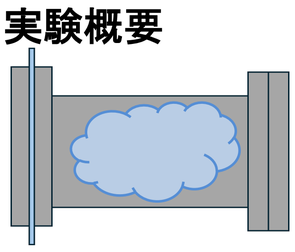


来年度
1m × 1m × 1m
構造物への影響調査
高精度な再現へ

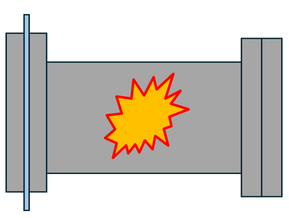
最終目標 ➧ 水素爆発による構造物応答を高精度に再現・予測する

実験：燃焼実験とひずみ分布の計測

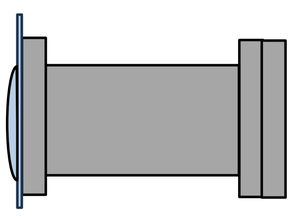
実験概要



①水素-空気混合気を流入

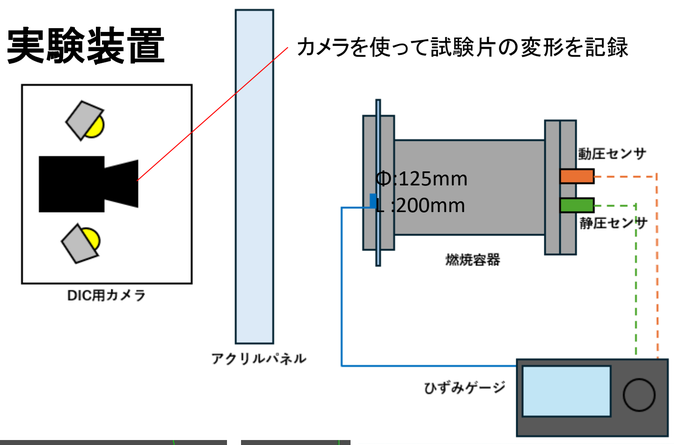


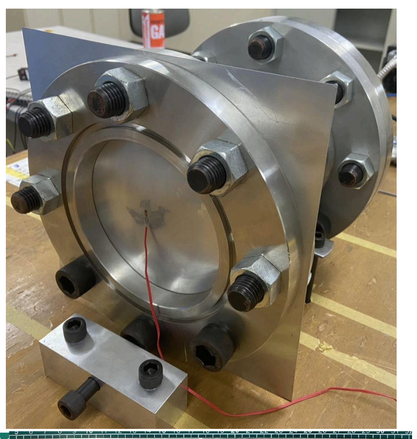
②点火、圧力上昇

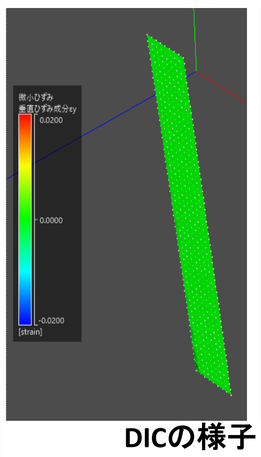


③試験片の変形を測定

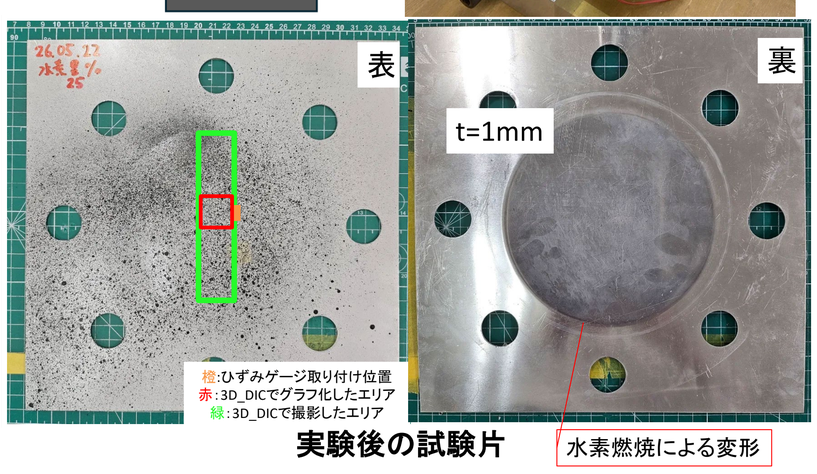
実験装置







DICの様子



実験後の試験片　水素燃焼による変形

3D-DIC：三次元デジタル画像相関法
燃焼時の圧力履歴と試験片の変形・ひずみを同時計測し、数値解析の検証データとして使用する。

解析：水素燃焼と構造解析

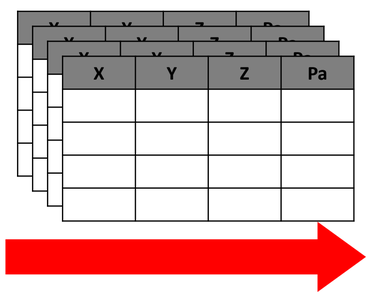
解析の流れ

Fluentにより水素燃焼に伴う圧力分布を算出し、得られた時系列圧力をMechanicalへ受け渡すことで、試験片の構造応答を片方向連成解析する。
燃焼解析では実験と同一の容器形状・初期条件を設定し、実験条件を再現した。
構造解析では燃焼解析から得た圧力を試験片表面に時系列で付与した。

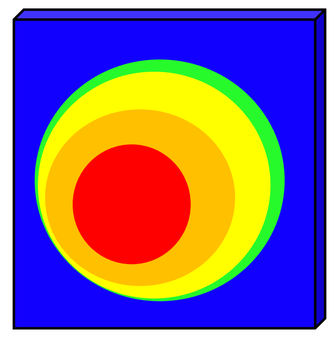
燃焼解析 Fluent



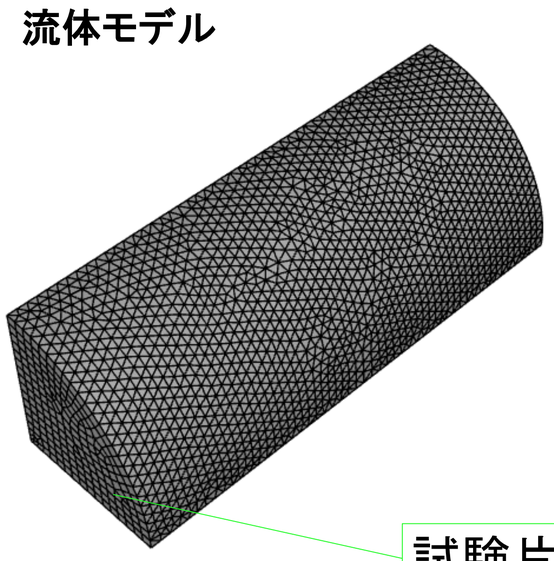
圧力分布の受け渡し External data



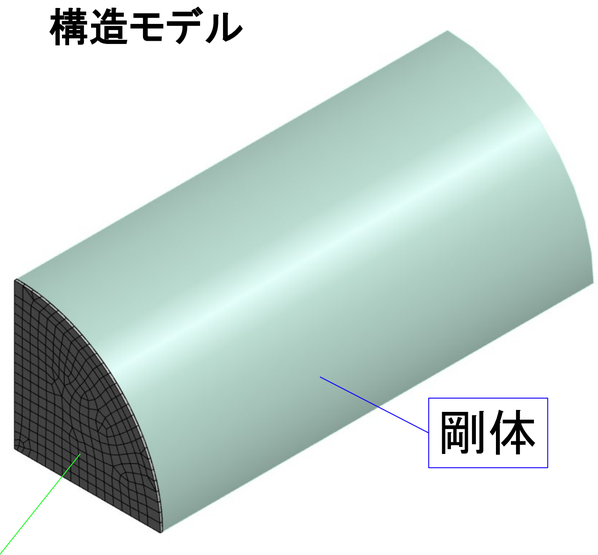
構造解析 Mechanical



流体モデル



構造モデル

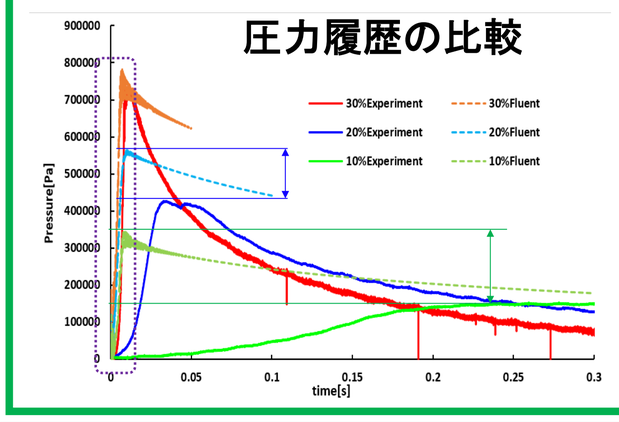


試験片部

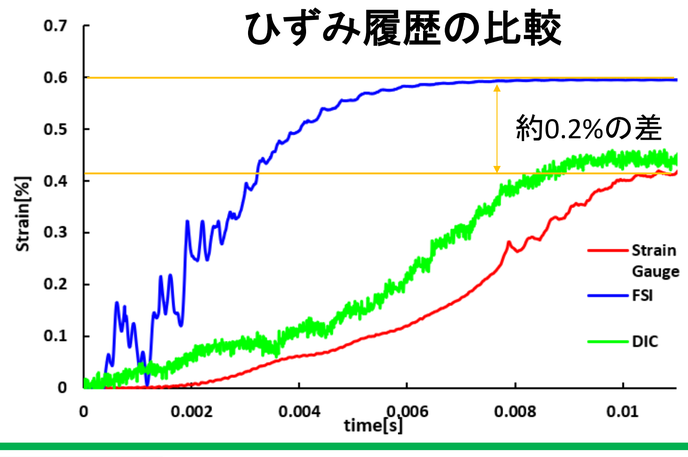
実験と解析の比較：妥当性の検証

量論比付近ではおおむね良好に再現できたが、低濃度域では精度改善が必要である。

- **圧力**：30 vol%ではおおむね一致したが、低濃度(特に10vol%)ほど差が増大した。

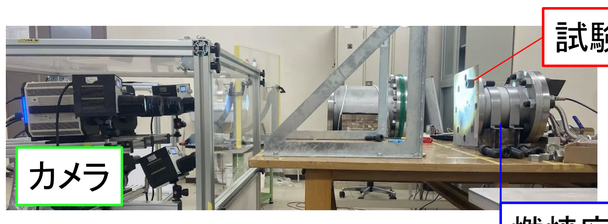


- **ひずみ**：25vol%実験と解析に差が見られ、材料特性や境界条件の影響が考えられる。

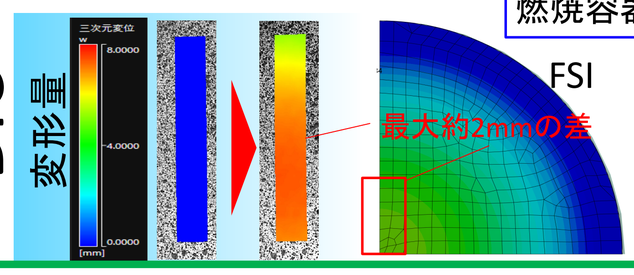


- **変形**：中央部の変形傾向と分布はおおむね一致したが、変形量に約2 mmの差が生じた。

撮影の様子



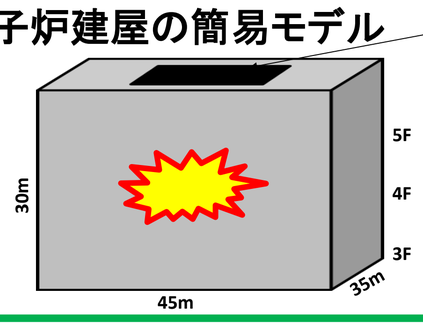
DIC 変形量



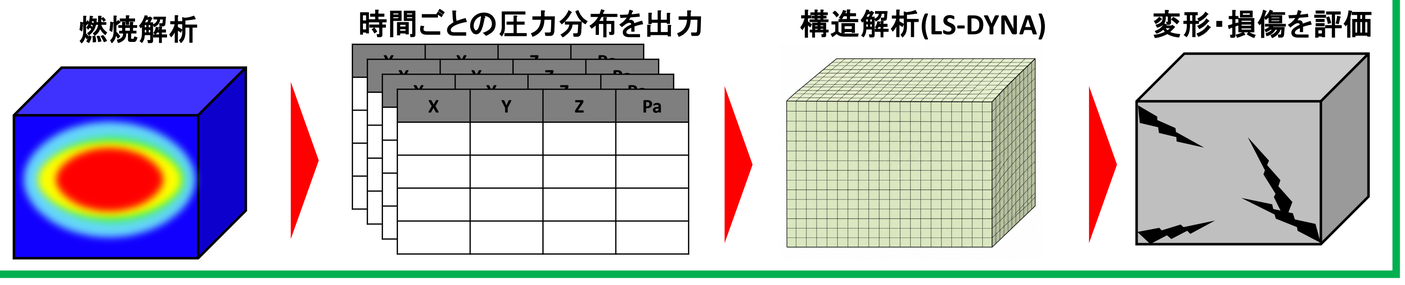
今後の展開について：実寸大への適用

小規模燃焼実験で検証した手法を実寸大建屋に展開し、水素爆発時の変形を予測
➡ベント条件や構造条件を変更し、水素爆発時の構造損傷低減効果を検討

原子炉建屋の簡易モデル



解析条件(予定)
- 寸法：45 × 35 × 30 m(3～5F)
- 水素濃度：13%(先行研究より)
- 着火位置：4F
- ベント条件：無、小、中、大
- 壁面材料：鉄筋コンクリート(D22)



本研究は、原子力規制庁の令和6-8年度原子力規制研究技術基盤構築事業費補助金（原子力規制研究の強化に向けた技術基盤構築事業）の補助を受けたものである。