



東京電力福島第一原子力発電所における事故  
の分析に係る検討会 第38回会合 資料2-1

令和5年6月22日

**令和5年度原子力施設等防災対策等委託費  
(東京電力福島第一原子力発電所事故時の水素爆発にお  
ける可燃性有機ガスの影響に関する調査)事業**

国立大学法人 長岡技術科学大学  
技学研究院 システム安全系

門脇 敏

## 事業目的

東京電力福島第一原子力発電所(以下「1F」という。)事故等を踏まえた重大事故時の対策や安全評価手法並びに安全対策の高度化に関連する技術的知見を取得する。

本事業では、1F1号機及び3号機の原子炉建屋において発生した爆発現象に関して、水素濃度等及び可燃性有機ガスの影響を把握することを目的に、水素及び可燃性有機ガス濃度、初期ガス温度をパラメータとして、火炎色等確認試験(拡散燃焼試験)及び予混合燃焼試験を計画し実施する。

# 事業内容

## 概要

本事業では、水素及び可燃性有機ガスの燃焼による水素燃焼時の挙動を把握するため、水素及び可燃性有機ガスの濃度および初期ガス温度等をパラメータとして、下記に示す燃焼試験を実施する。

- (1) 火炎色等確認試験(拡散燃焼試験)の計画及び実施
- (2) 水素等燃焼試験(予混合燃焼試験)の計画及び実施
- (3) 水素及び混合気体燃焼に関する最新知見の収集
- (4) 報告書の作成

# 事業内容

## 実施内容

### 火炎色等確認実験(拡散燃焼)の計画及び実施

水素及び可燃性有機ガスの火炎色等確認試験(拡散燃焼)の計画及び試験を行う。試験条件範囲及び測定項目を以下に示す。

#### ・試験条件範囲

試験装置: ガス流量を調整し、拡散燃焼を一定時間維持

燃焼状態: 拡散燃焼

水素濃度: 50 vol% ~ 100 vol%

可燃性有機ガス(メタン)濃度: 0 vol% ~ 50 vol%

[不活性ガス(窒素)濃度: 0 vol% ~ 50 vol%] ?

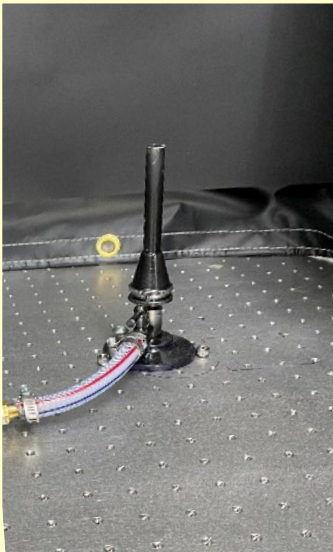
#### ・測定項目

水素ガス及び可燃性有機ガスの流量及び温度、記録用カメラによる燃焼<sub>4</sub>挙動(火炎色及び煙・煤等)、赤外線放射温度計等による火炎の温度分布

# 事業内容

## 試験装置

### バーナー火炎(拡散燃焼)

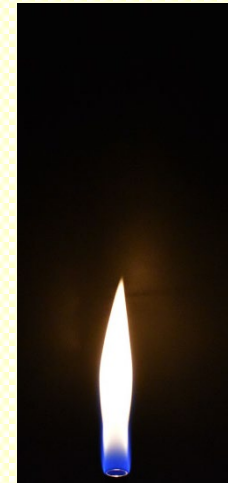


バーナー内径: 11 mm

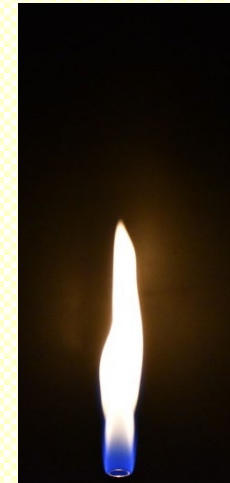
水素: 50%, メタン: 50%



0.5 L/min



1.0 L/min



1.5 L/min

# 事業内容

## 実施内容

### 水素等燃焼試験(予混合燃焼)の計画及び実施

水素、可燃性有機ガス及び空気の混合気体による燃焼試験(予混合燃焼)の計画及び試験を行う。燃焼時の挙動を把握するため、口径30 cm以上の観察窓を有し、燃焼時の系内全体の挙動を観察・記録できる試験装置を用いて試験を行うこととする。なお、試験の計画及び実施では、原子力規制庁が実施した令和4年度原子力施設等防災対策等委託費(東京電力福島第一原子力発電所事故時の水素爆発における可燃性有機ガスの影響に関する調査)事業の結果を参考とする。



# 事業内容

## ①水素燃焼試験

デフラグレーション(deflagration、爆燃)を考慮した燃焼時の挙動を把握する試験を実施する。試験パラメータは水素濃度及び初期温度とし、6ケース実施する。試験条件及び測定項目を以下に示す。

### ・試験条件

試験装置:密閉型で、燃焼時圧力上昇に耐え、口径30cmの観察窓を有する

燃焼状態:予混合燃焼

着火位置:中央部

水素濃度:10 vol%、15 vol%、20 vol%

初期温度:25 °C、75 °C

### ・測定項目

水素ガスの濃度及び温度、燃焼時の系内の圧力変化、高速度カメラによる燃焼挙動等

## 事業内容

### ②混合気体(水素、可燃性有機ガス及び空気)燃焼試験

①の水素燃焼試験の結果を踏まえ、水素燃焼時の可燃性有機ガス(メタン)の影響を把握するため、水素濃度、可燃性有機ガス濃度及び空気の混合気体による燃焼時の圧力変化並びに高速度カメラによる燃焼挙動等を測定する。試験パラメータは、ガス濃度(水素及び可燃性有機ガス)及び初期温度とし、12ケース実施する。ここで、混合気体の当量比は1以下とする。

試験条件及び測定項目を以下に示す。

・試験条件(試験装置、燃焼状態、着火位置は①と同様)

水素濃度: 10 vol%、15 vol%、20 vol%

可燃性有機ガス(メタン)濃度: 1 vol%、2 vol%

初期温度: 25 °C、75 °C

・測定項目

水素ガス及び可燃性有機ガスの濃度及び温度、燃焼時の系内の圧力変化、高速度カメラによる燃焼挙動等



# 事業内容

## 試験装置

### 密閉型燃焼容器

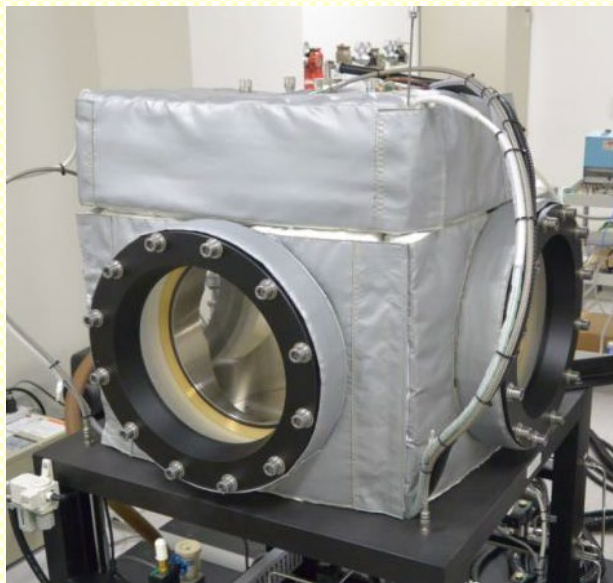


図1 密閉型燃焼容器

表1 密閉型燃焼容器の基本仕様

容器	容積	73 L
	材質	SUS
観察窓	直径	300 mm
	厚み	140 mm
	数	4

# 事業内容

## 試験装置

## 燃焼試験システム

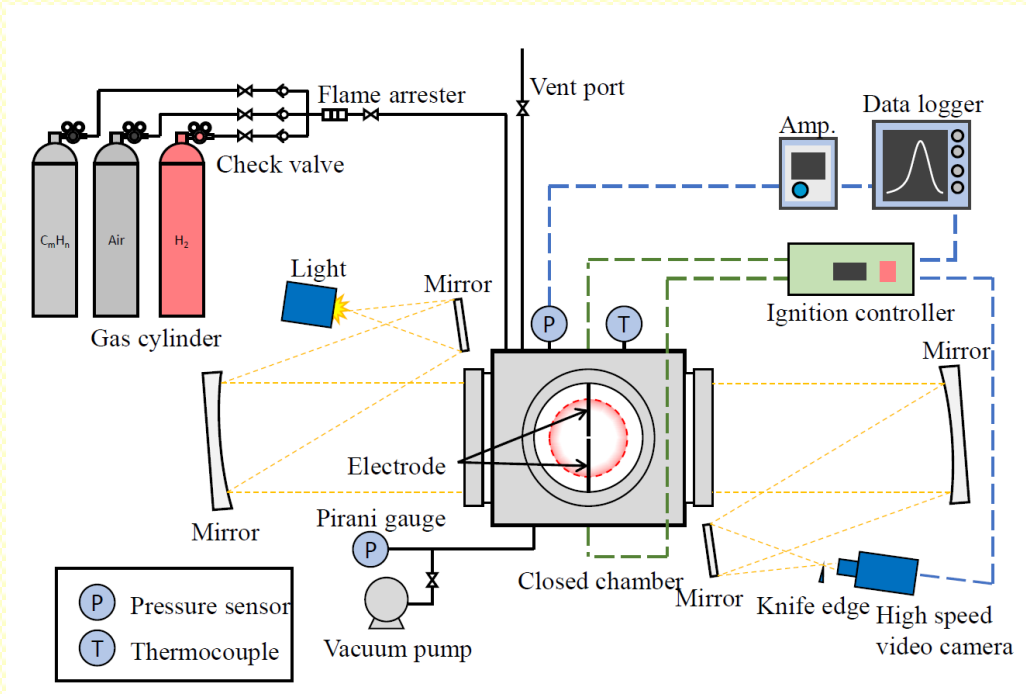


図2 燃焼試験システム

# これまでの試験成果

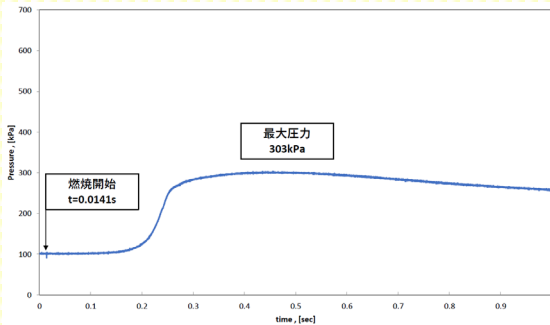
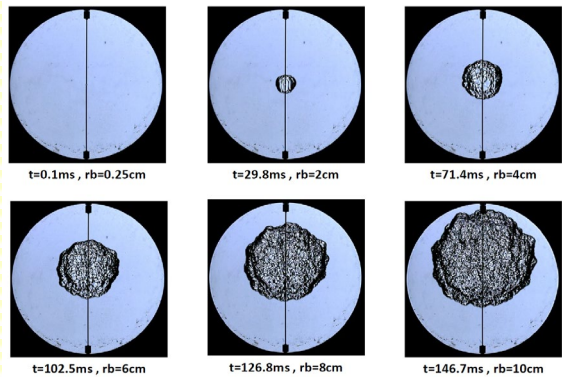


図3 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度10 vol%、メタン濃度0 vol%)

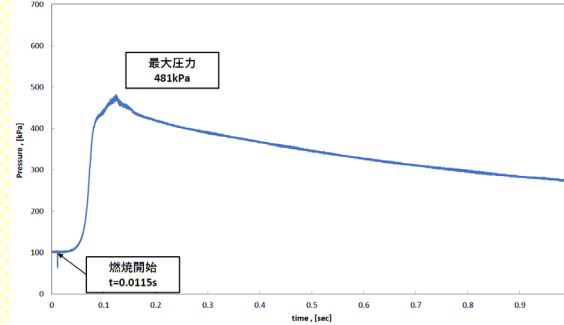
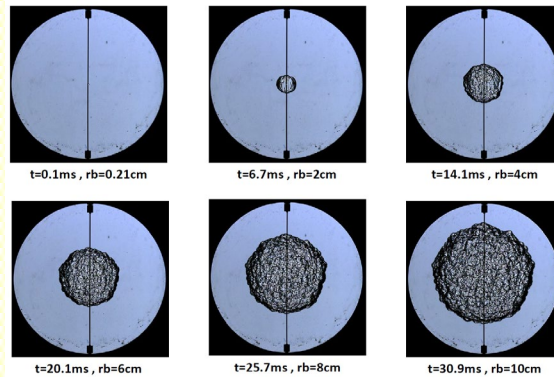


図4 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度15 vol%、メタン濃度0 vol%)

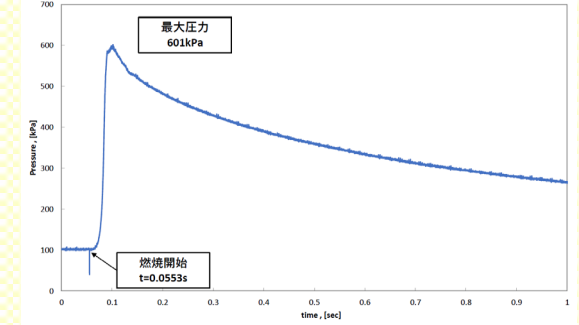
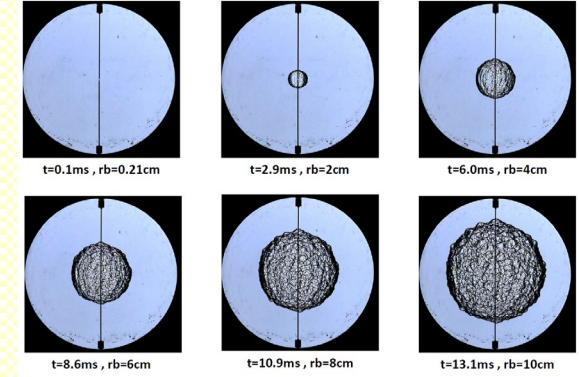


図5 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度20 vol%、メタン濃度0 vol%)

# これまでの試験成果

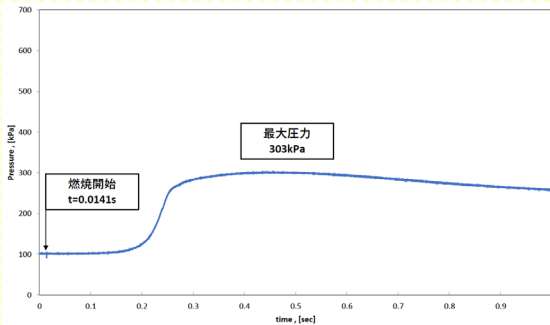
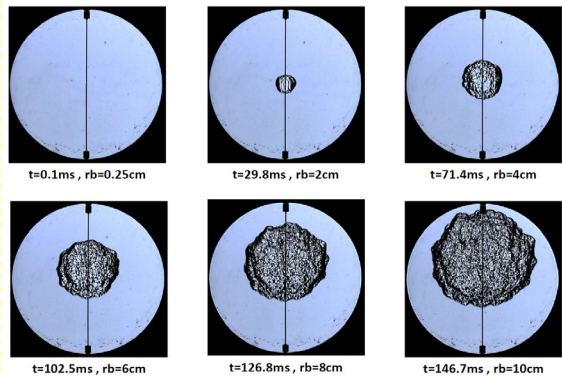


図3 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度10 vol%、メタン濃度0 vol%)

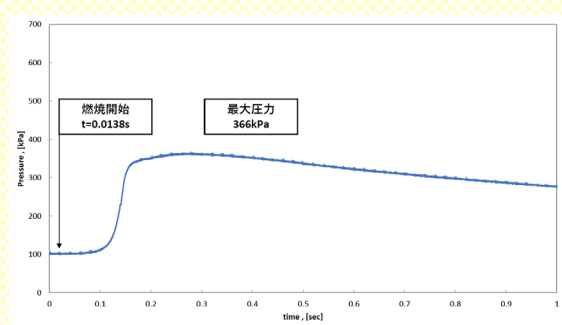
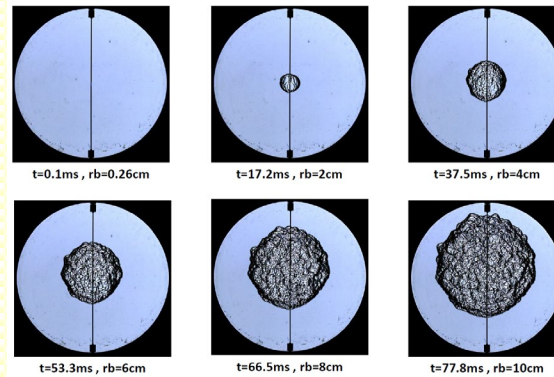


図6 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度10 vol%、メタン濃度1 vol%)

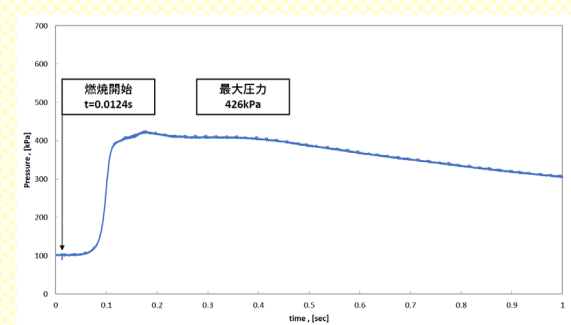
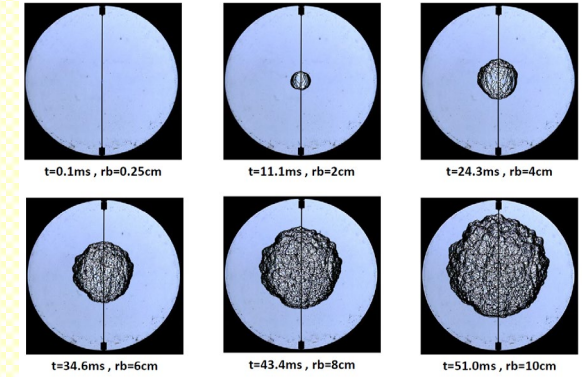


図7 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度10 vol%、メタン濃度2 vol%)



# これまでの試験成果

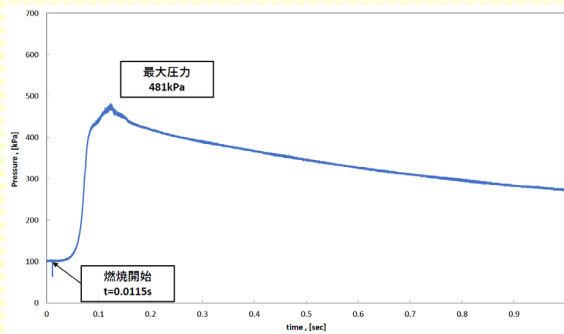
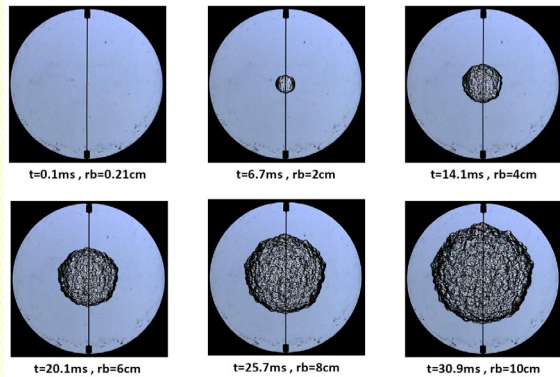


図4 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度15 vol%、メタン濃度0 vol%)

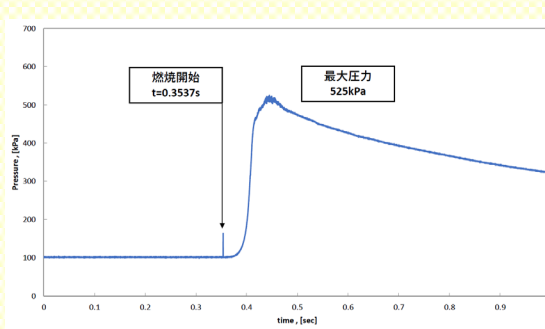
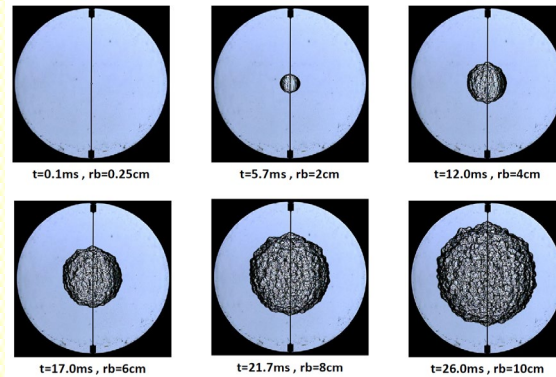


図8 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度15 vol%、メタン濃度1 vol%)

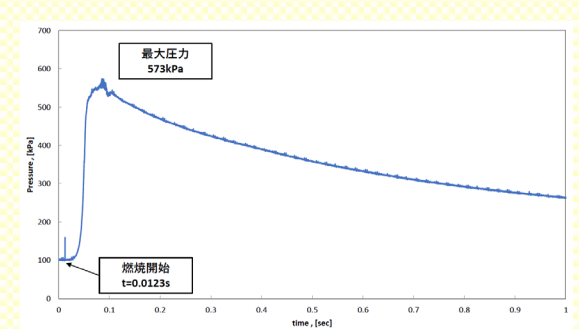
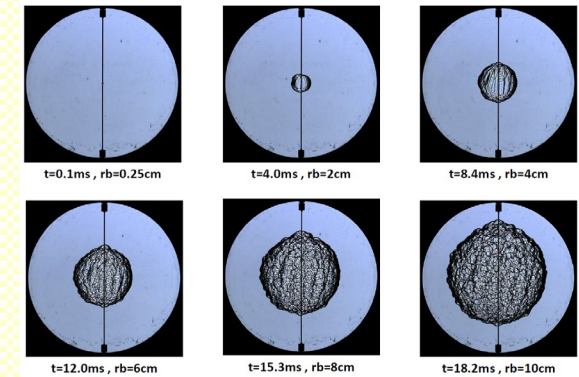


図9 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度15 vol%、メタン濃度2 vol%)

# これまでの試験成果

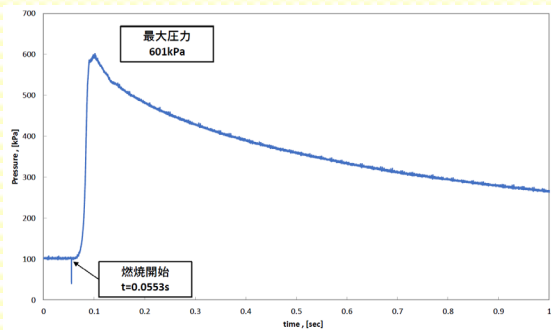
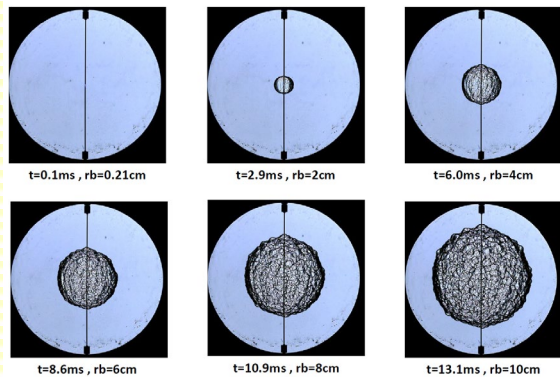


図5 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度20 vol%、メタン濃度0 vol%)

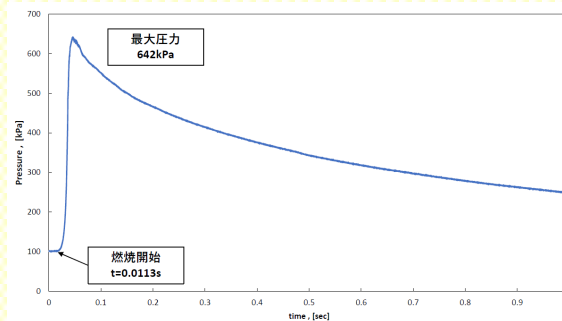
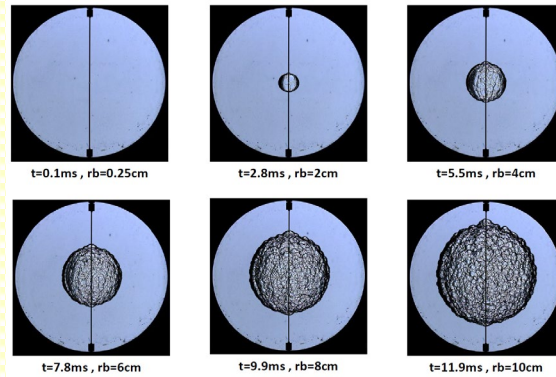


図10 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度20 vol%、メタン濃度1 vol%)

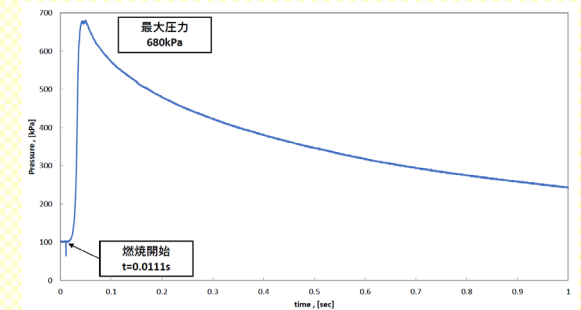
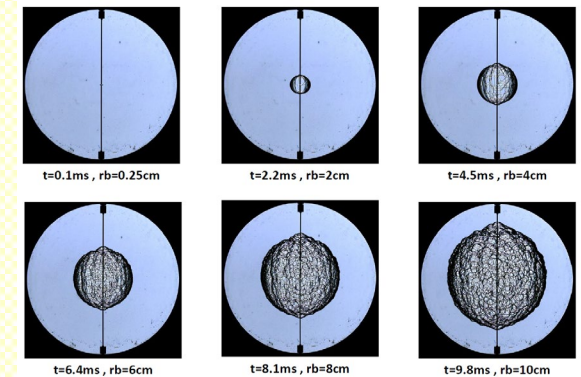


図11 シュリーレン画像と容器内圧力変化  
(水素濃度20 vol%、メタン濃度2 vol%)



# これまでの試験成果

## 試験結果と考察

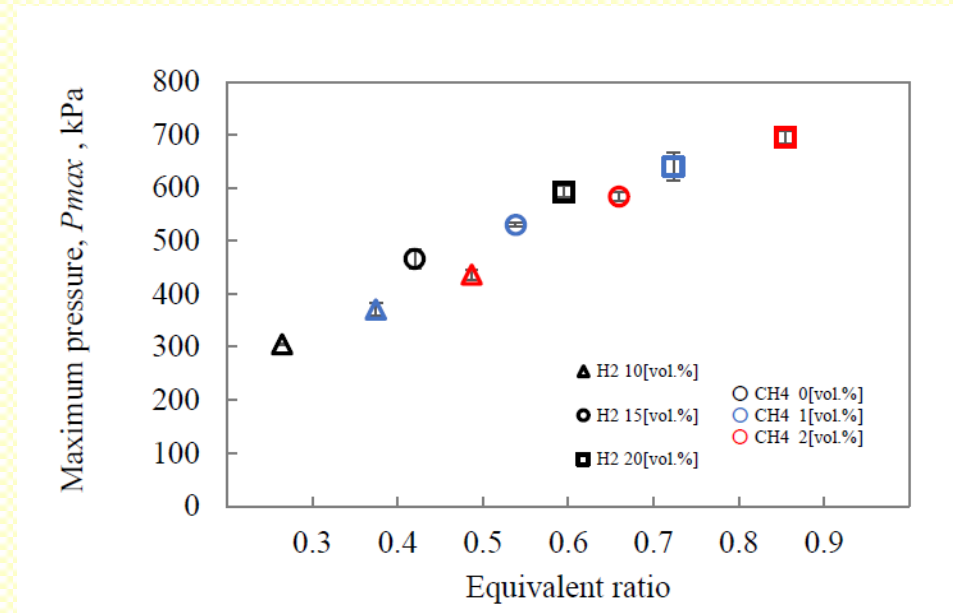
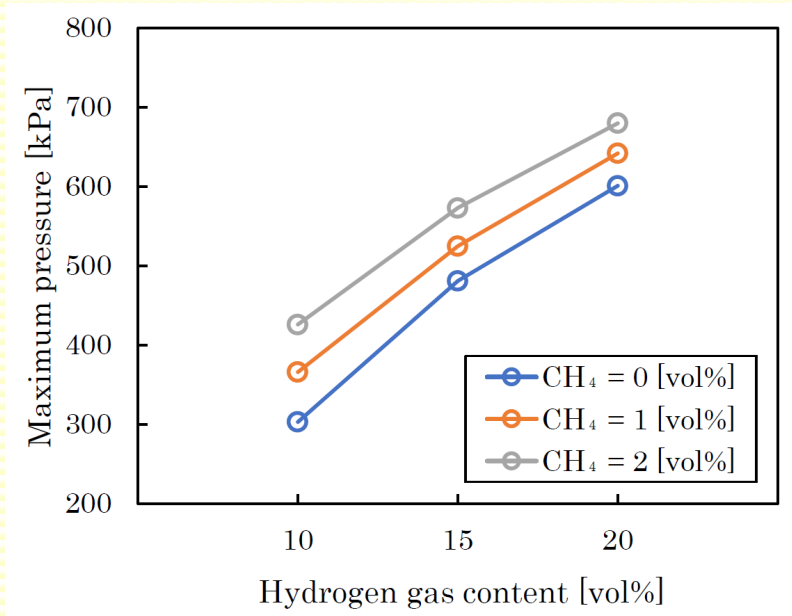


図12 容器内の最大圧力

## フランスICARE/CNRSとの共同研究

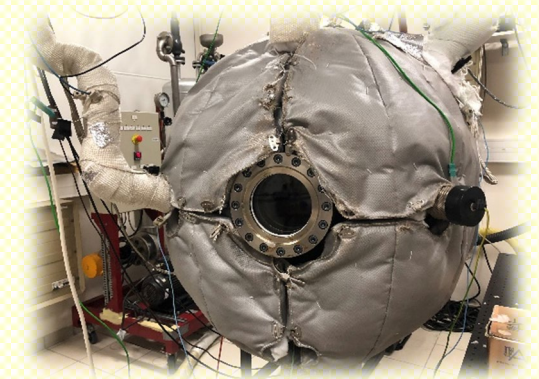
海外の関連する組織との交流が必要である。フランスの関連組織 ICARE/CNRSは、本事業にも関係するガス爆発の分野において、水蒸気を含めたガスを扱える密閉型容器を用いて実験を遂行しており、世界でもガス爆発特性に関する知見を有する数少ない研究機関の一つである。この研究機関と水素爆発に係わる情報を交換すると共に、共同での水素爆発試験の実施等を検討することが有用である。

In the near future, if accepted, we would like to perform the experiments to elucidate the effects of inert gas, i.e. **water vapor** and **nitrogen**, on the dynamic behavior of hydrogen/methane/air lean premixed flames.

Effects of water vapor --> ICARE/CNRS, France

Effects of nitrogen --> Our university, NUT, Japan

**We hope Japanese-French collaborative research !!**



Chamber at ICARE/CNRS



令和5年6月22日

**令和5年度原子力施設等防災対策等委託費  
(東京電力福島第一原子力発電所事故時の水素爆発にお  
ける可燃性有機ガスの影響に関する調査)事業**

《 ご清聴ありがとうございます 》

