

平成24年度福岡水素戦略会議

水素燃焼 安全評価に関する検討分科会/シミュレーション研究分科会

# 水素漏洩拡散シミュレーション解析 手法の紹介と解析精度の現状

九州大学大学院 工学研究院

日本ガス協会寄付講座水素製造システム

月川久義 2012.10.2

# 内容

1. 思い込みを変えてみよう
2. 研究者とその解析手法の紹介
3. ADVENTURE\_sFlowを用いた解析例
4. 実験モデルの紹介
5. 実験モデルの解析
  - 5-1 Hallwayモデルの解析
  - 5-2 ダクトモデルの解析
  - 5-3 小規模天井モデルの解析

# 1. 思い込みを変えてみよう

## 左から右へ

- 水素はもっとも軽い気体であり, 空気との比重差も大きいことから, 漏洩した場合にも空気との混合が起こりにくく, 閉空間でも開放空間でも速やかに上方に浮き上がると考えられている.
- 水素は漏洩すると, 周囲の空気を巻き込んで, 希薄化し, 空気の比重に近い混合気となる.
- 空気の流れに乗って流れるので, 下方へ降下することも有る.

## 2.研究者と採用解析手法の紹介 本分科会の発表者 (松本を除く)

研究者	所属	CFDコード
金山 寛	九州大学	ADVENTURE_sFlow
錦慎之助	鹿児島大学	FDS
松浦一雄	愛媛大学 (東北大学)	FDS (当初はCFD-ACE+)
三石洋行	日本自動車研究所	STR-CD
武野計二	三菱重工業	自社開発
松本充功	ホンダ技術研究所	Fluent
月川久義	九州大学	PHOENICS

EUのHySafeプロジェクトにおけるCFD解析精度は実験値の1/2 ~ 2倍の範囲  
(ファクター2)でばらついている。<http://www.hysafe.org/>

# 3. ADVENTURE\_sFlowの解析例

- Dr. Idris Ismail によるトンネル構造の解析
- Sato, et.al. Hydrogen release deflagrations in a sub-scale vehicle tunnel. In: 16th World hydrogen energy conference, Lyon, France, 13-16 June 2006

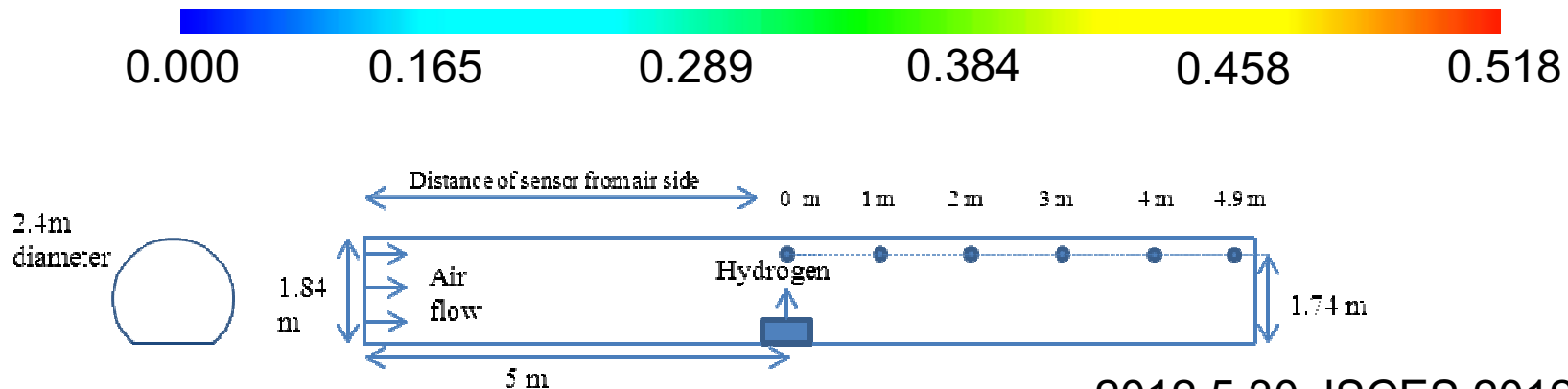
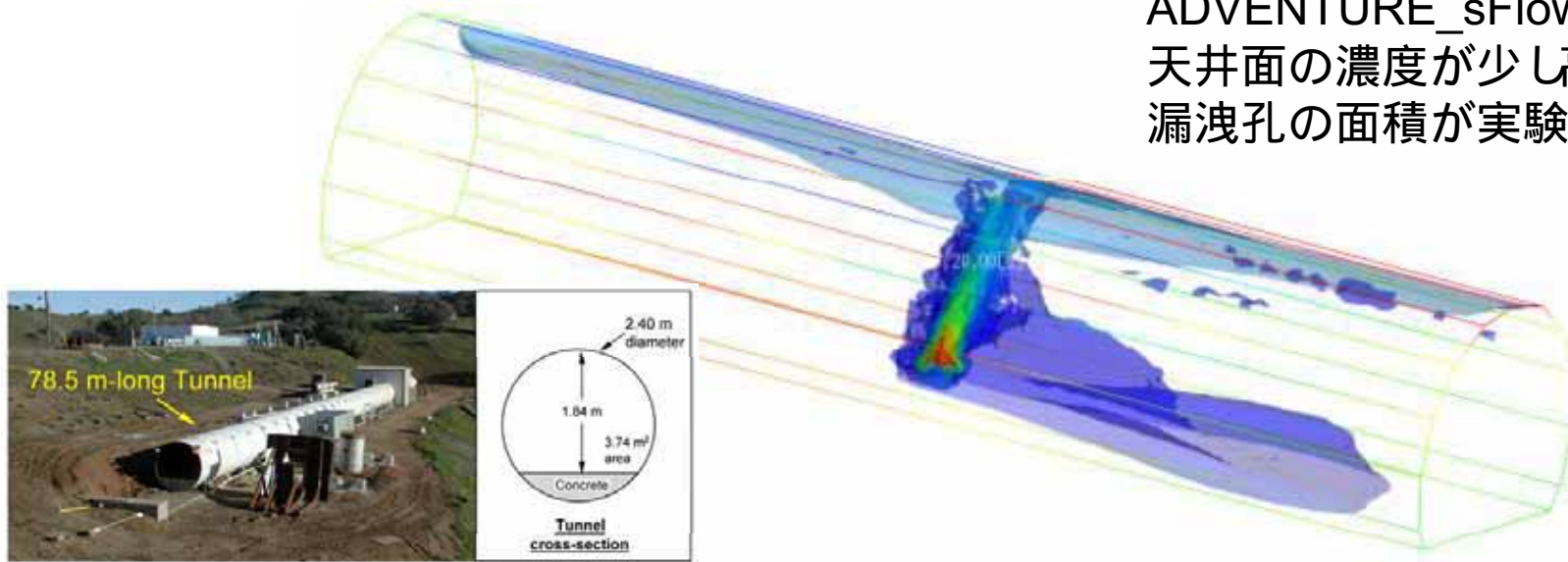


# Tunnel structures : Real world modelling

Results: volumetric concentration vs time for Hydrogen inlet  $0.67 \text{ ms}^{-1}$ ,  $C = 0$  at the tunnel exit and slip condition in  $u_x$

Hydrogen concentration isosurfaces at  $t = 20$  seconds

Dr. Idris Ismail  
ADVENTURE\_sFlow  
天井面の濃度が少し高め  
漏洩孔の面積が実験より大

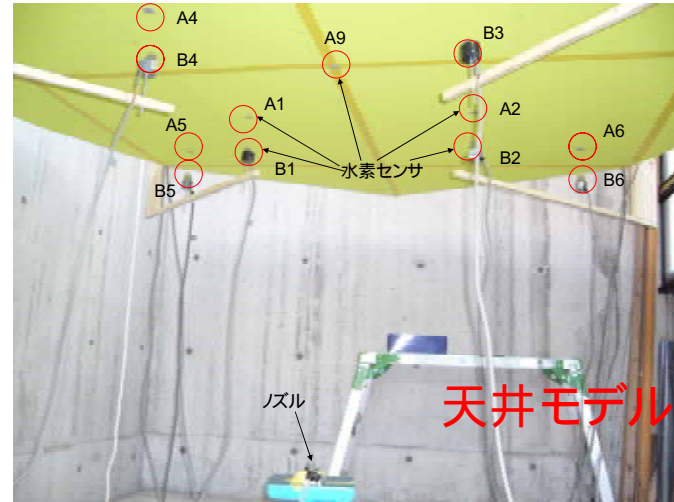


2012.5.30 JSCES 2012 より

# 4. 実験モデルの紹介 (写真)



Hallway モデル



天井モデル

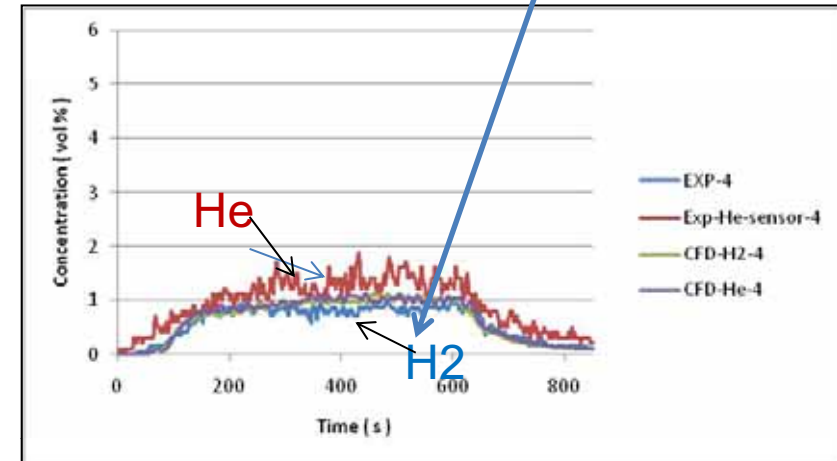
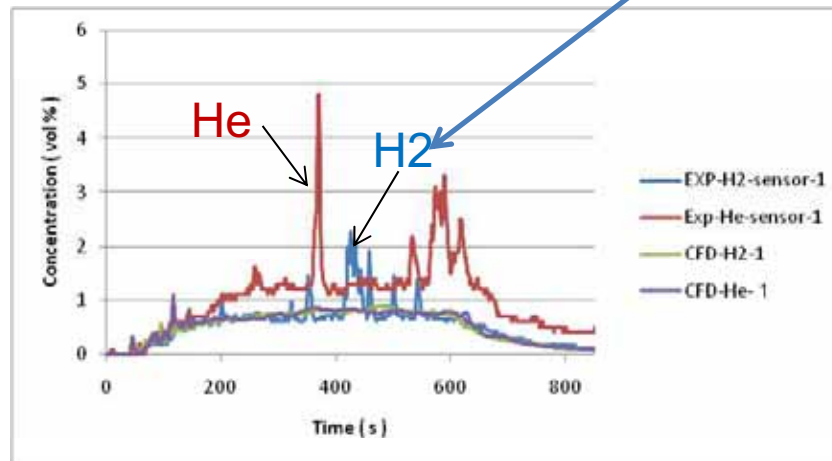
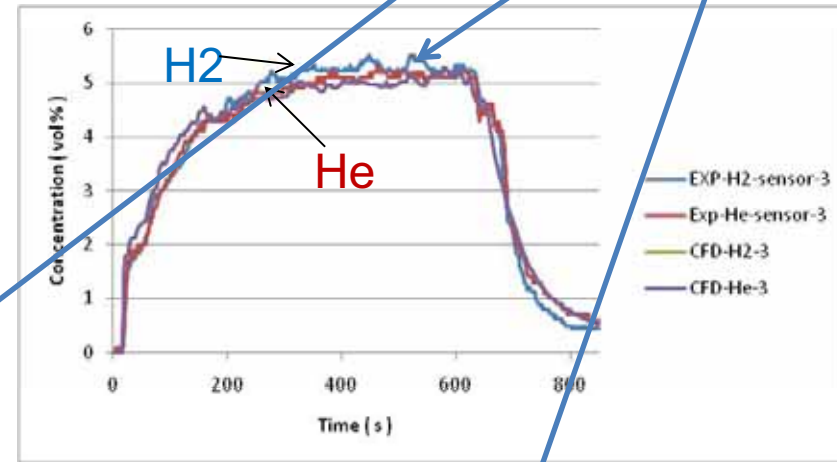
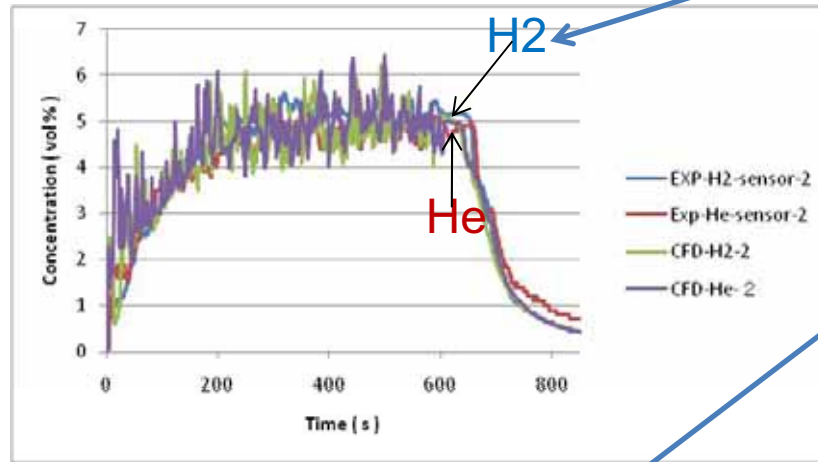
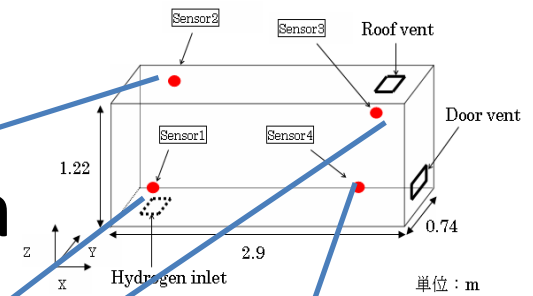


ダクトモデル



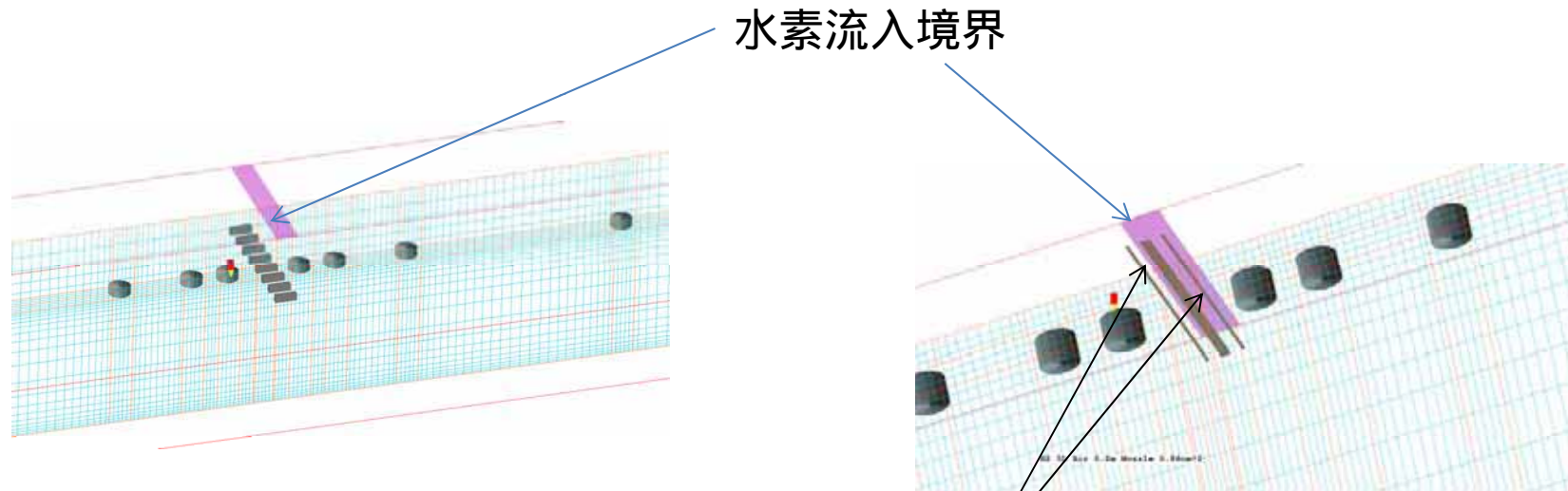
小規模天井モデル

# 5-1.Hallwayモデルの解析 水素とヘリウムと比較流量57L/min





# 5-2ダクトモデルの解析



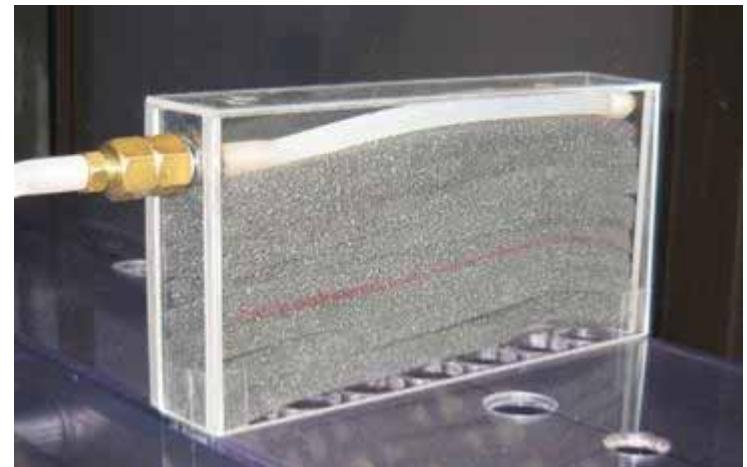
ダクトへの流入部を2本のスリット  
で近似する方が、実験値に近い

セル分割数218,400長さ364 × 水平  
25 × 鉛直24

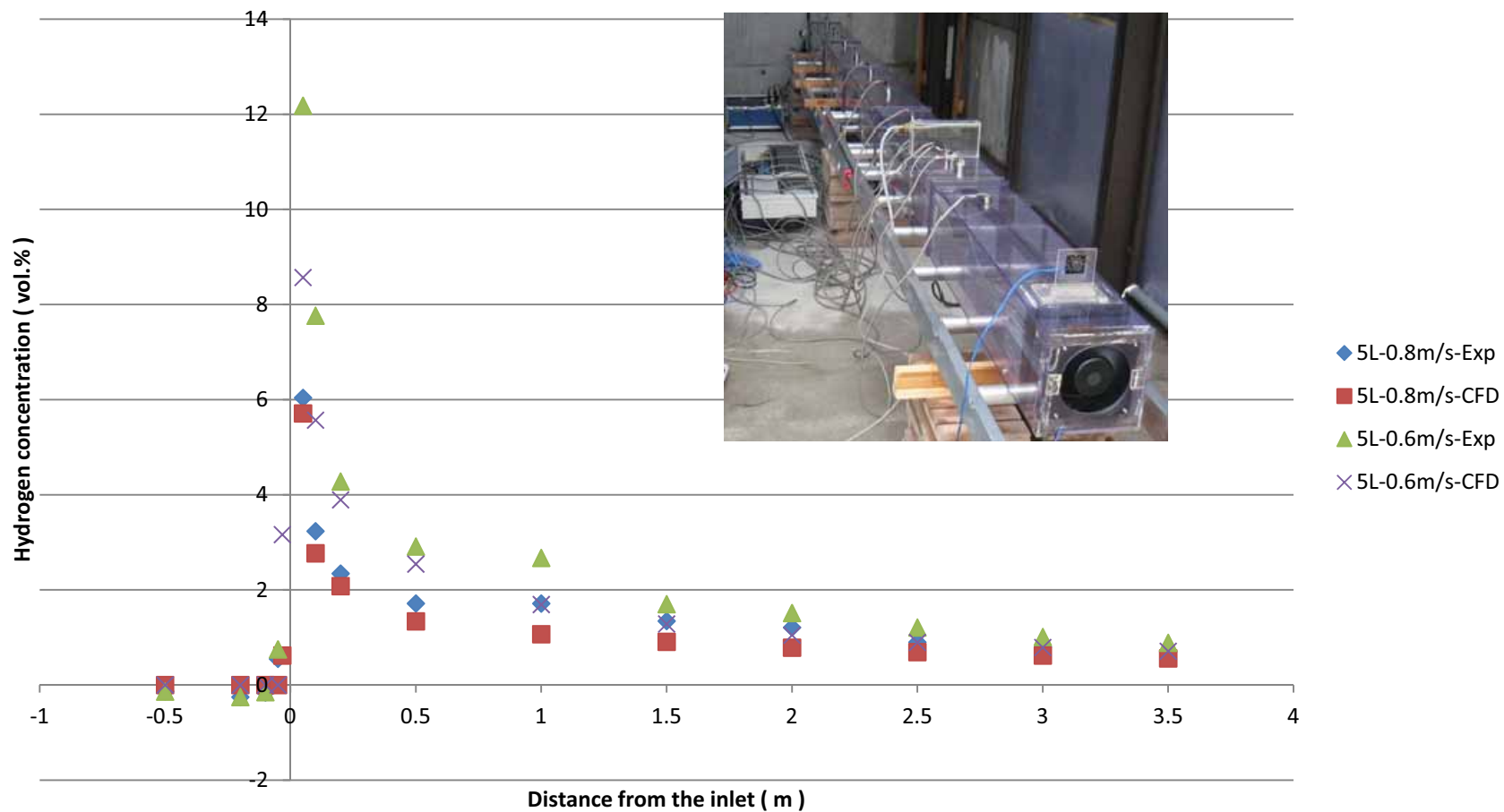
時間刻み0.05秒で40秒間を解析

Xeon X5690 3.46GHz ,メモリー24GB

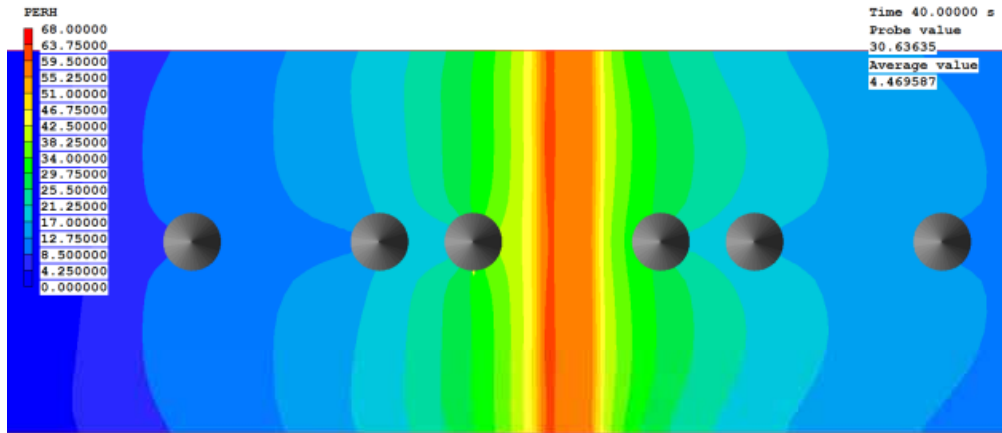
計算時間10時



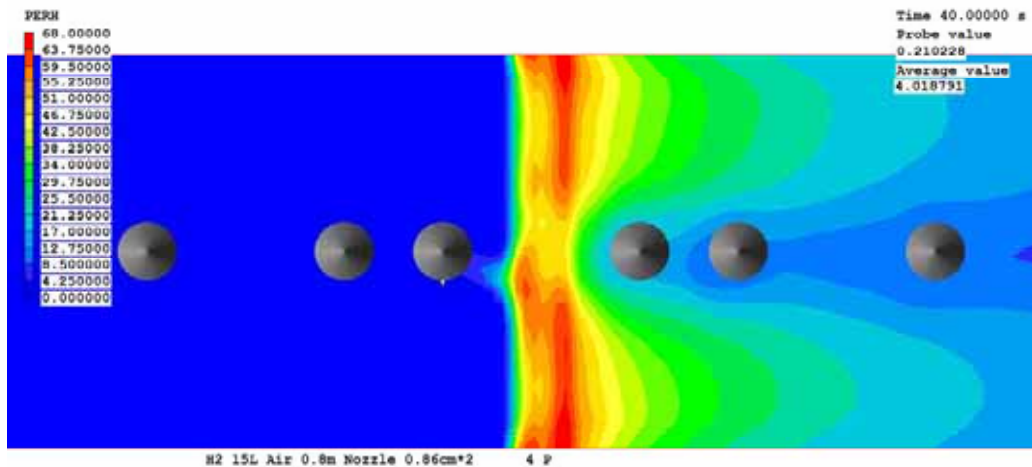
# CFD解析結果 水素流量5L/min



# ダクト天井面の水素逆流



水素流量  
5l/min  
通風速度  
0.2m/s



水素流量  
15L/min  
通風速度  
0.8m/s

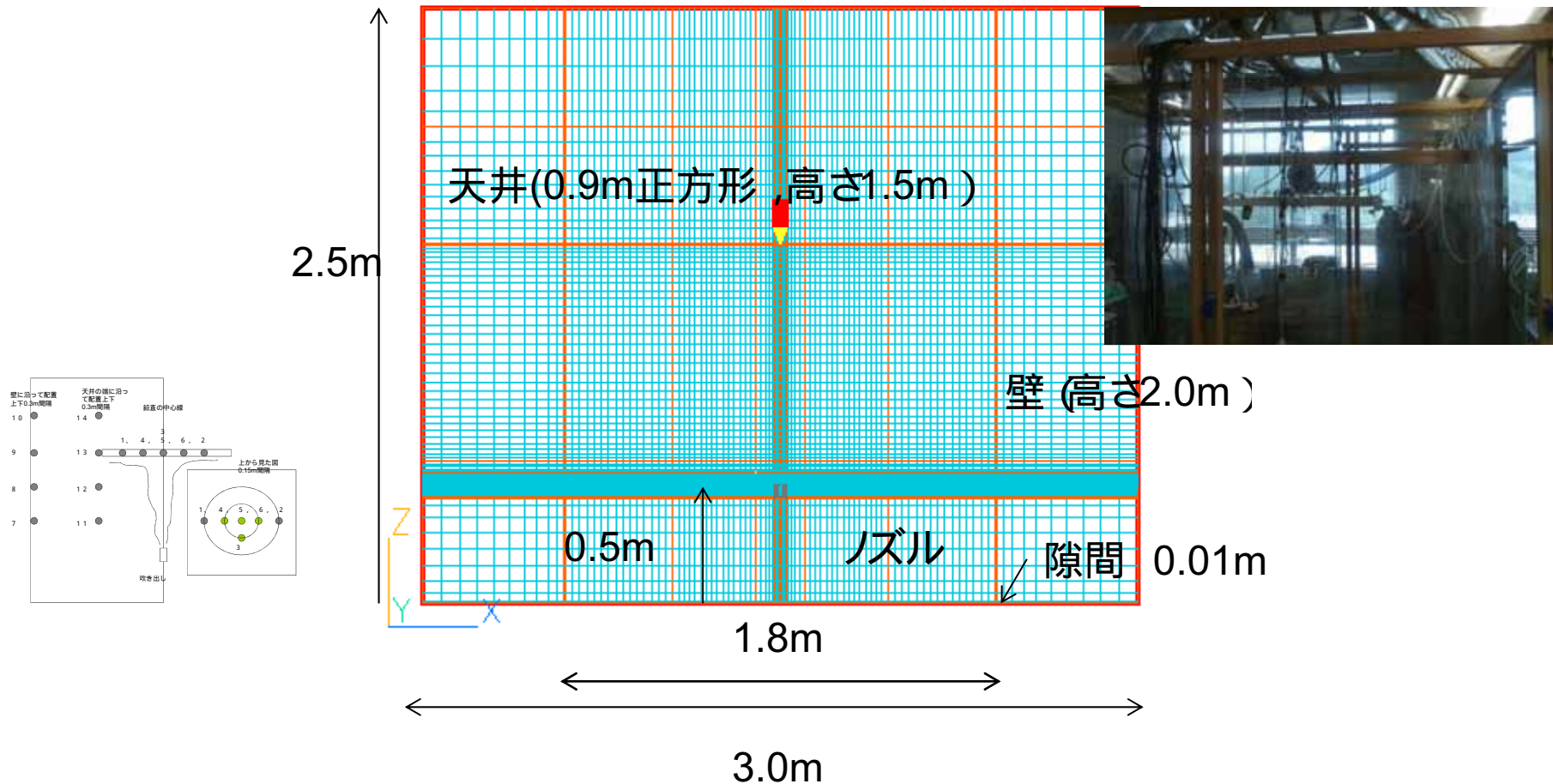
水素流量5L/min ,風速0.2m/s動画

水素流量15L/min ,風速0.8m/s動画

# 5-3. 小規模天井モデルの解析

## 格子分割 水平方向 99鉛直方向 88

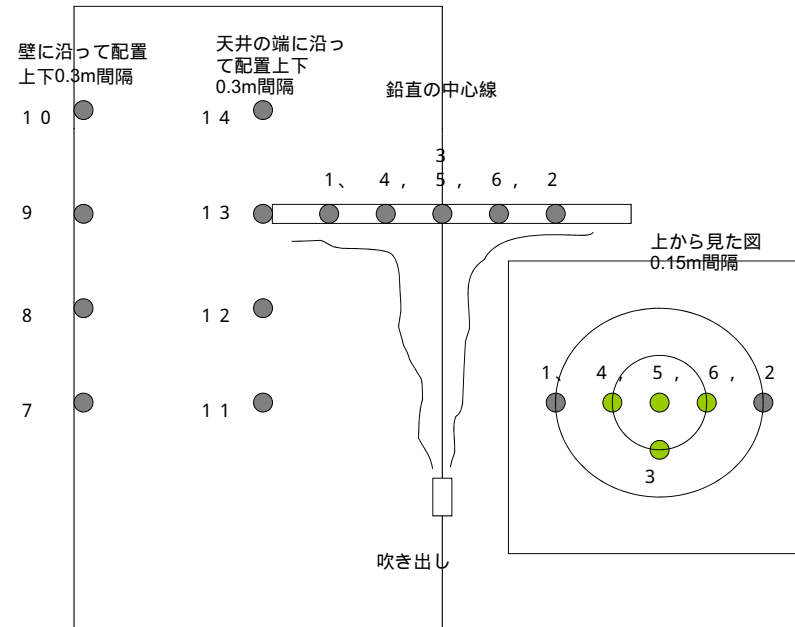
大気境界  $O_2$ 質量分率0.2329 (体積濃度21%)



天井 (0.9m × 0.9m 高さ1.5m )  
とノズル(0.01m × 0.01m 高さ0.5m)

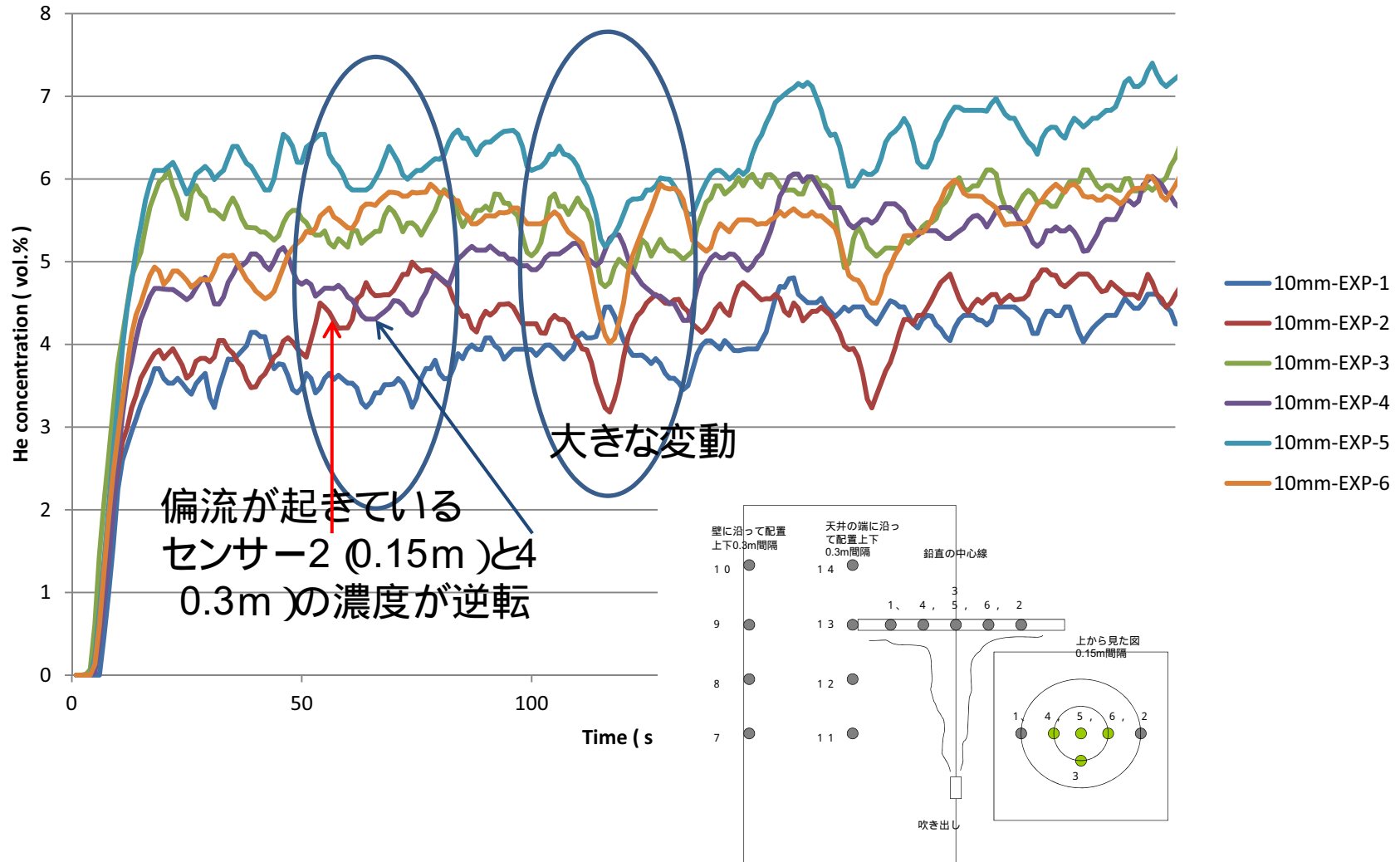


# 小規模天井モデル ヘリウムセンサー配置



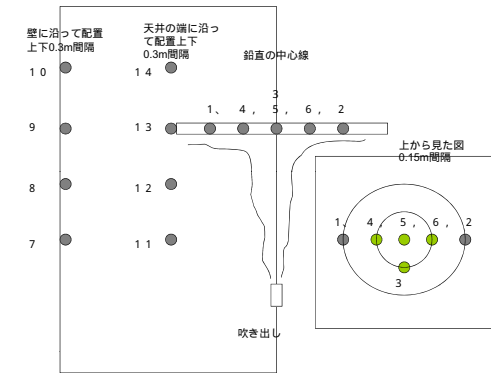
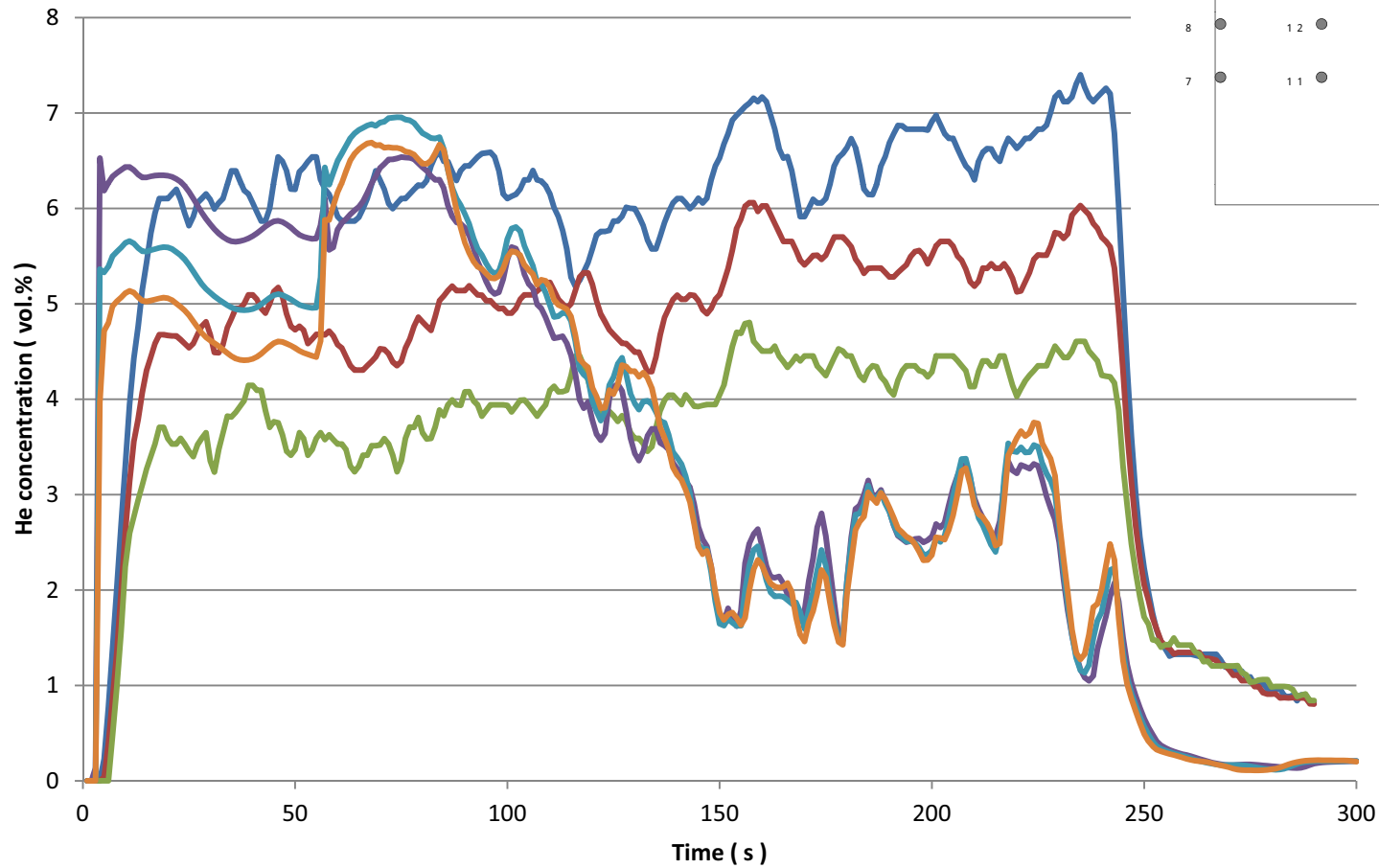


# 実験値 10mm ノズル 流量 48L/min



# 10mm ノズル 流量48L/min

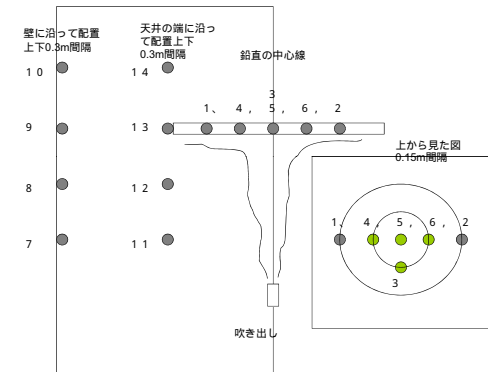
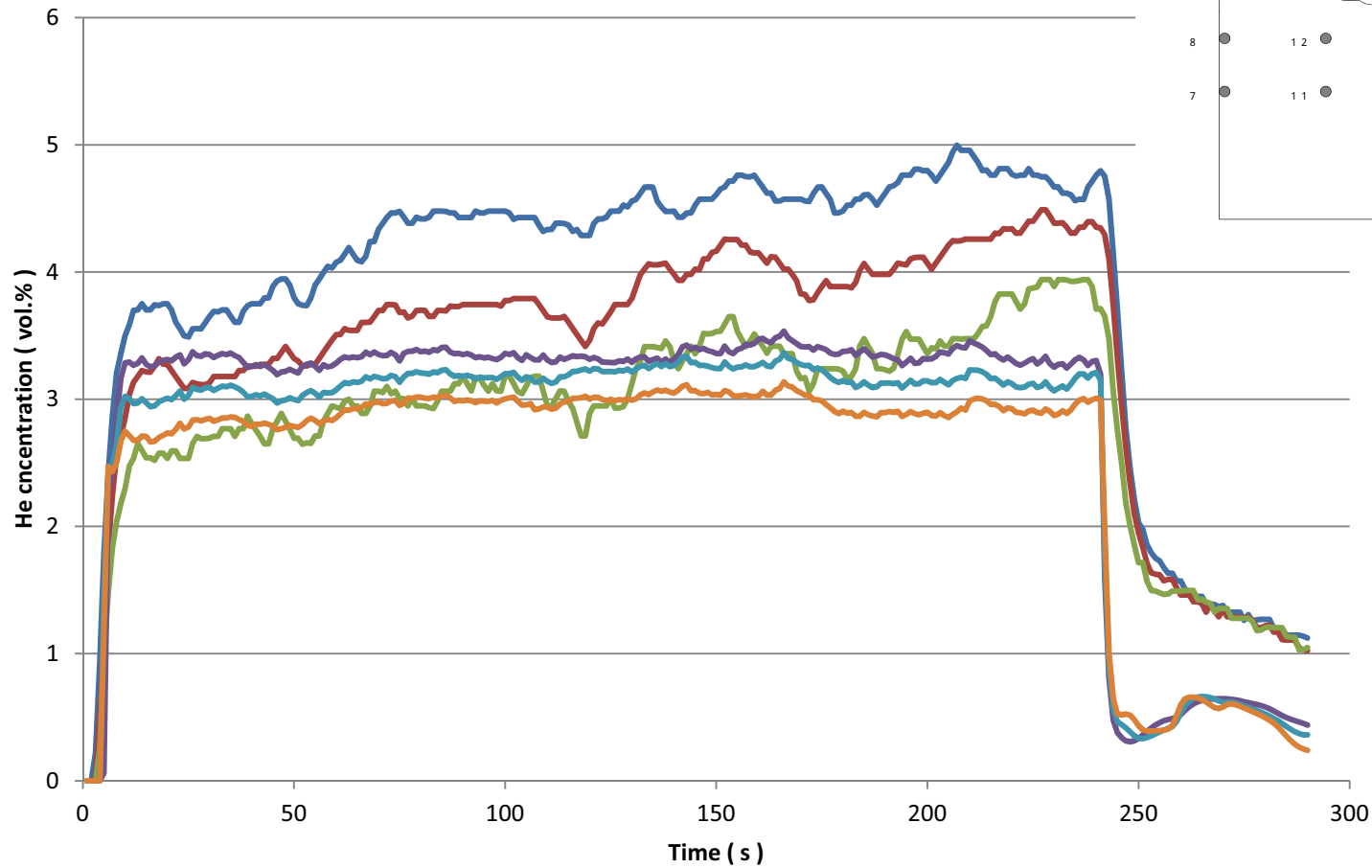
## CFD解析と実験



- 10mm-EXP-5
- 10mm-EXP-4
- 10mm-EXP-1
- 10mm-S-5
- 10mm-S-4
- 10mm-S-1

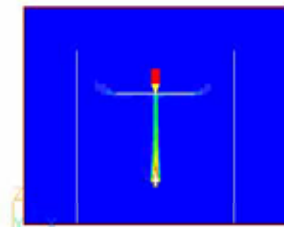
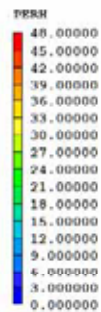
10mm ノズル ,水素流量48L/min動画

# 2.5mm ノズル 流量48L/min CFD解析と実験



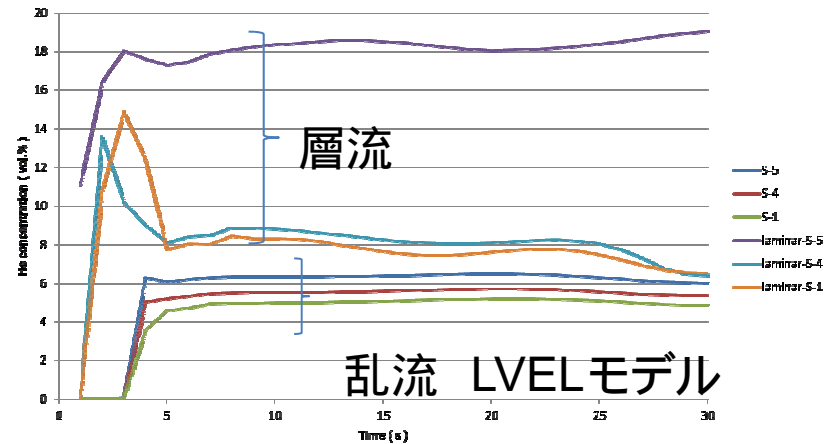
- 2.5mm-EXP-5
- 2.5mm-EXP-4
- 2.5mm-EXP-1
- 2.5mm-S-5
- 2.5mm-S-4
- 2.5mm-S-1

# 噴流を層流で解析すると 濃度が数倍高い 巻き込まれる空気量が少ない



He-40L/min laminar 1cm 1-99-98cell 0.1se

Time 30.00000 s  
Probe value  
19.04722  
Average value  
0.386250



# まとめ

- 漏洩水素の拡散状況をシミュレート出来る。
- その誤差はファクター2 (実験値の1/2 ~ 2倍) 程度である。
- 適切な格子分割と時間刻み幅を組み合わせると精度良くシミュレート出来るが, その組み合わせを見つけるには, 現時点では信頼性の高い実験が不可欠である。