

# FDSによる火災数値シミュレーション

## Numerical simulation of fire with FDS

山田 英助

一般財団法人日本自動車研究所  
FC・EV研究部

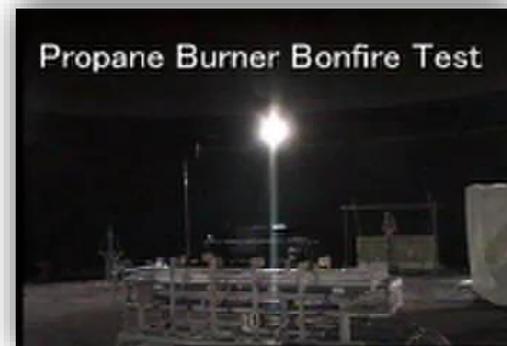
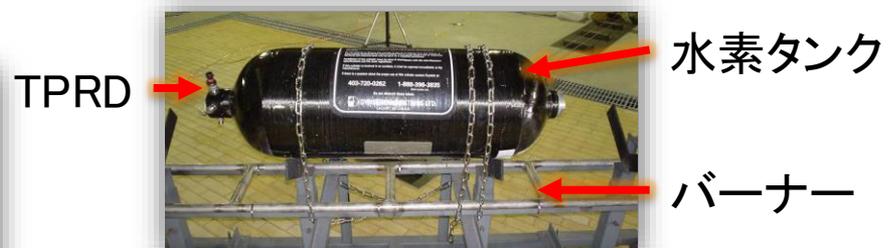
Eisuke YAMADA

Japan Automobile Research Institute  
FC-EV Research Division



# FCVの火災時の安全性

- 燃料電池車（FCV）に搭載される高圧水素タンクの火災時の安全性を検証するため、火災を模擬した試験が実施されている。タンクの附属品である熱作動式の安全弁（TPRD）は、火災時の温度上昇によって作動し、水素を放出してタンクの内圧を下げることでタンクの破裂を防止する。



火炎暴露試験

# 目的

- タンクの火災試験を数値シミュレーションで模擬し、TPRD近傍の温度上昇とタンク周囲の壁の影響を確認することで安全で有効な試験手法を調査する。
- 数値シミュレーションには、オープンソースとして開発されているFDS(Fire Dynamics Simulator)を用いる。FDSの応用可能性を検証する。



周囲に壁を設置した  
火炎暴露試験

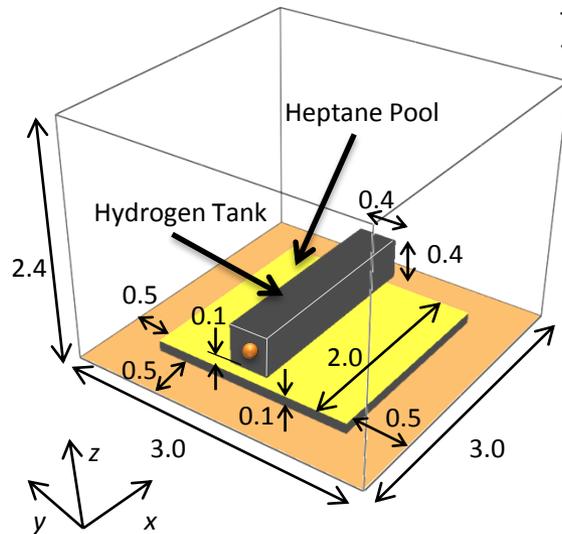
# Fire Dynamics Simulator (FDS)

- 非圧縮性流体、LES、火炎の熱と煙の解析
- 開発: National Institute of Standards and Technology (NIST) and VTT Technical Research Centre of Finland
- FDS Ver. 6.3.0 (2015.10.1) (2000年に初リリース)
  - Windows, Mac OS X, Linuxに対応
- コード: Fortran 2008, namelist入力, CUI
  - 35ファイルでコンパイル簡単
- 直交格子のみ (FDSで格子作成)
  - Blender (3DCG) でも作成可 (namelistとして出力)
- 専用可視化ソフトウェア: Smokeview (SMV)

# 計算概要

## ● TPRDの想定位置

Tw(-1.05, 0, 0.4)  
Te(+1.05, 0, 0.4)



	密度 kg/m <sup>3</sup>	熱伝導率 W/(m K)	比熱 kJ/(kg K)
水素タンク ヘプタン容器	7850	45.8	0.46
地面	1440	0.48	0.84

燃料: ヘプタン ( $C_7H_{16}$ )

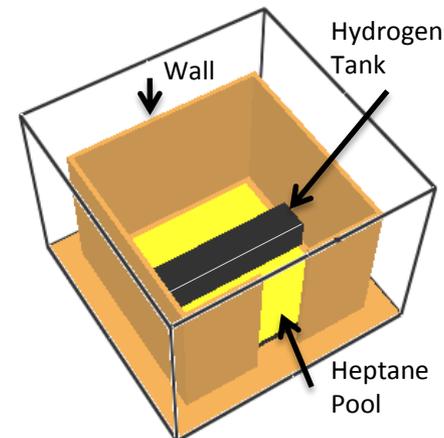
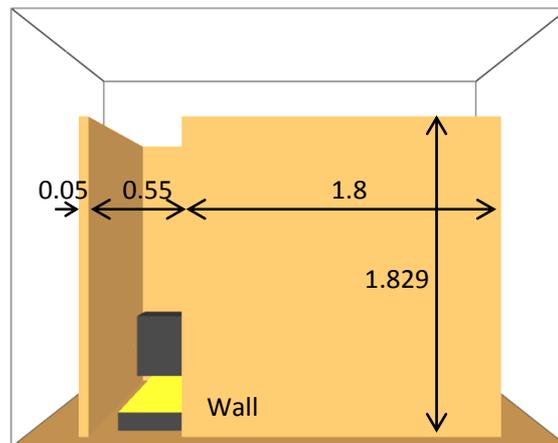
燃焼反応: 総括反応 (計算開始時に燃焼開始)

時間: 10 秒

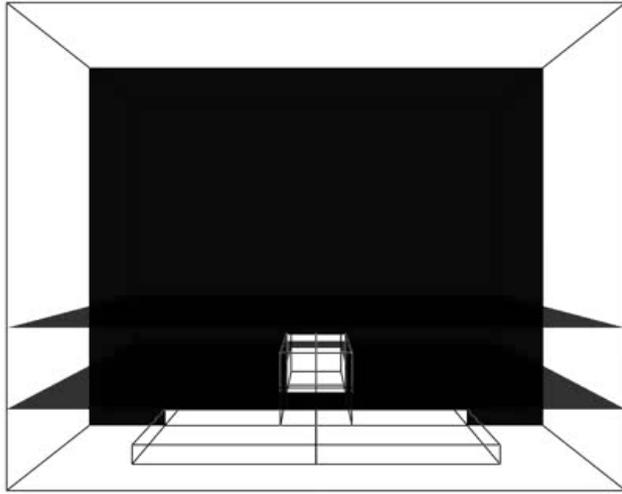
格子数: 100万  $\approx 4 \times (54 \times 54 \times 90)$

並列 (OpenMP): 4

周囲に壁設置  
壁端に開口部



壁中央に開口部



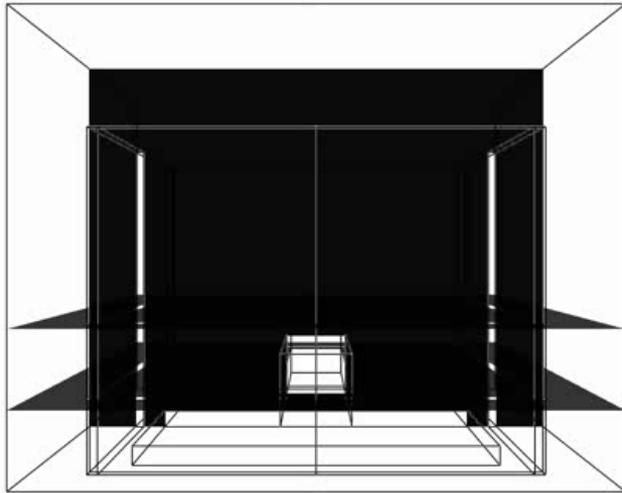
壁なし

# 10秒間の温度変化

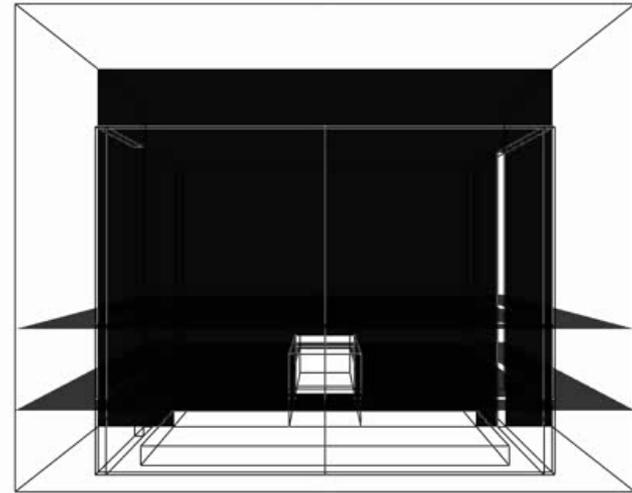
平面:  $x=0, y=0, z=0.4, 0.8$



● 等値面 (1000 °C)

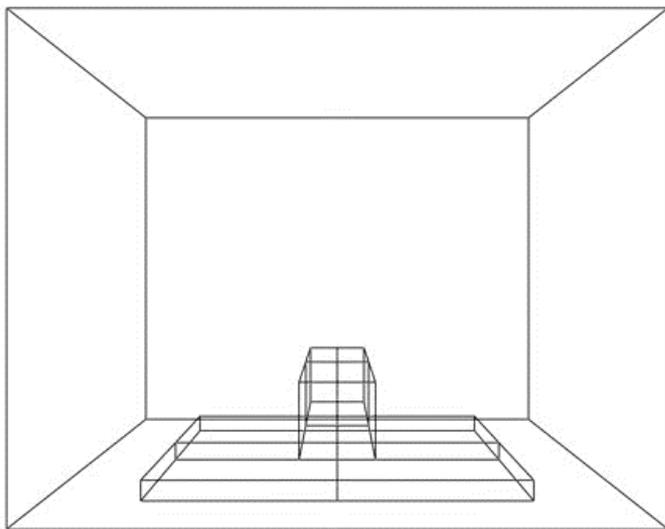


壁端に開口部

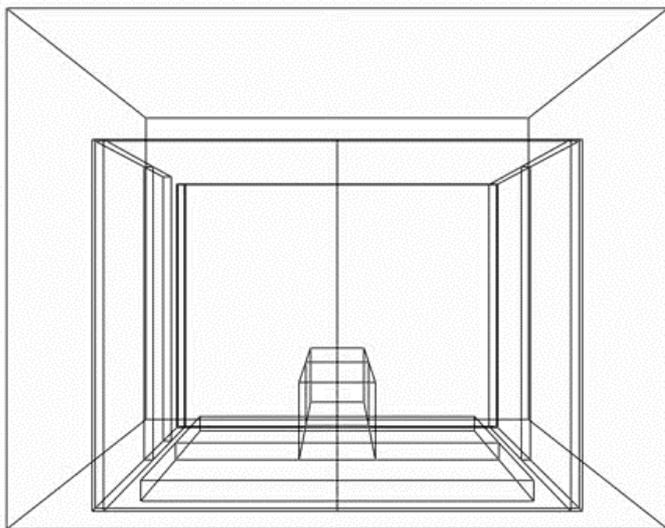


壁中央に開口部

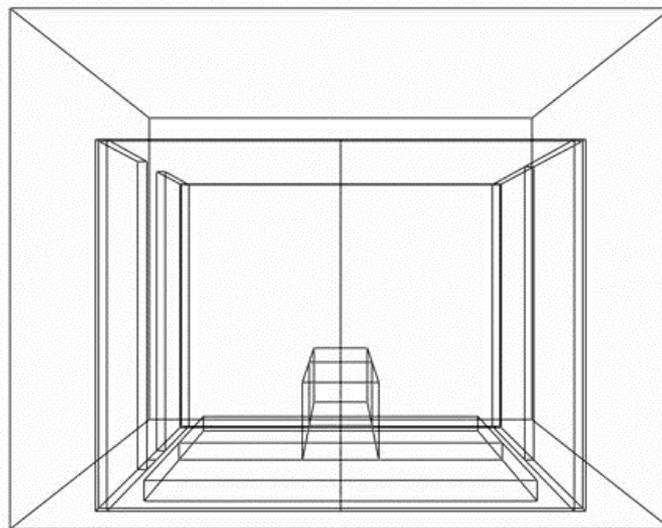
## 10秒間の煙の推移



壁なし

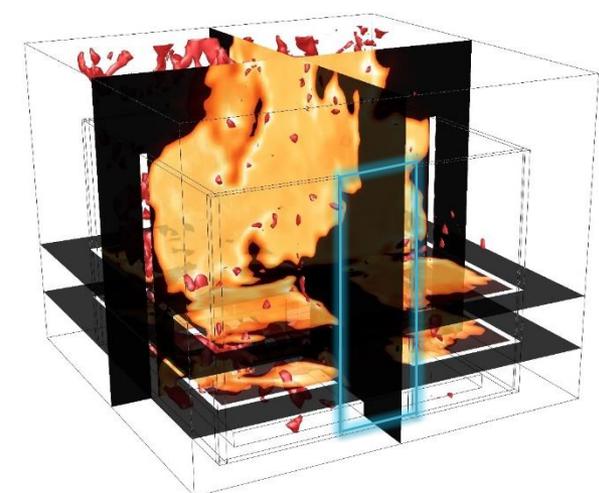
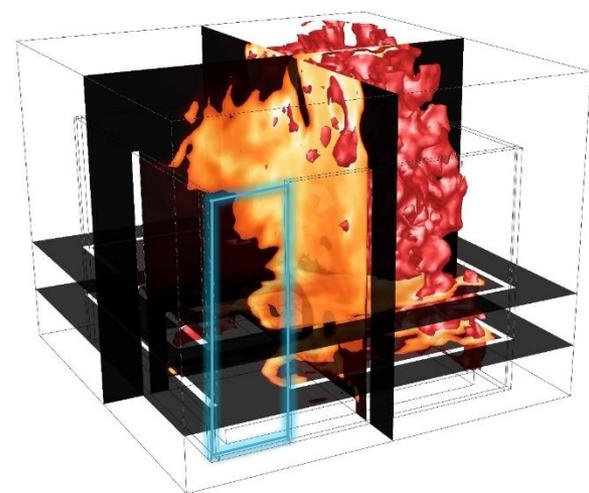
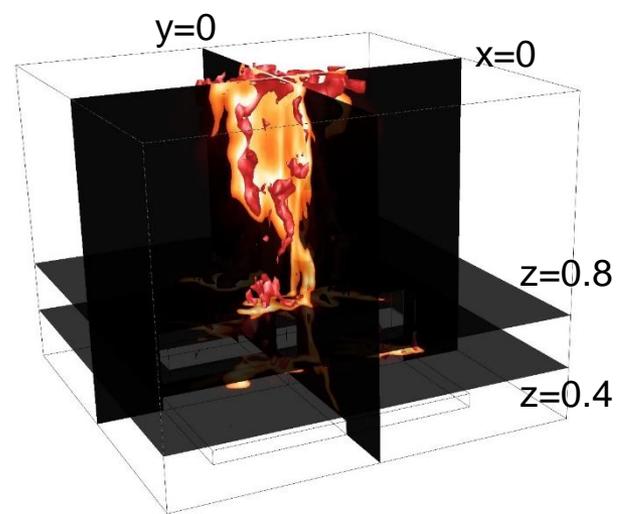
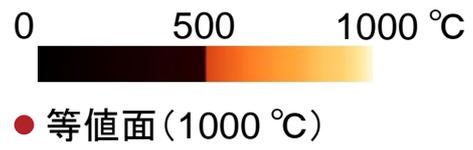


壁端に開口部

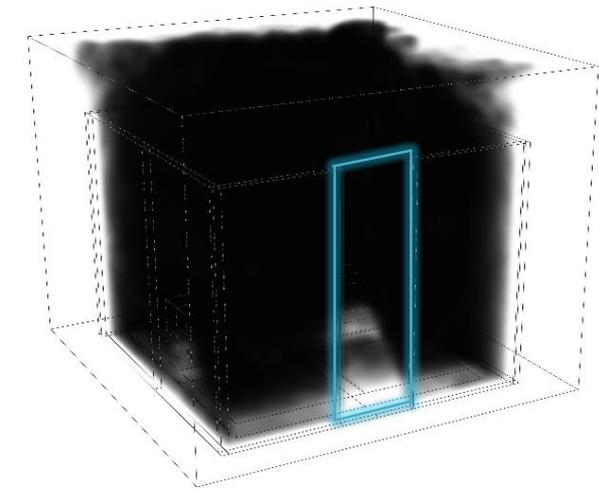
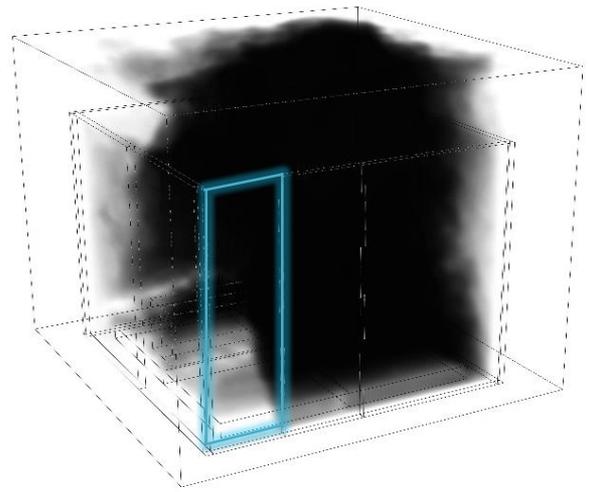
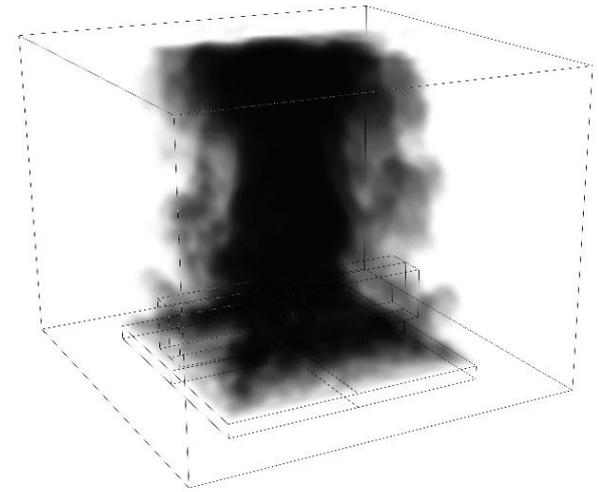


壁中央に開口部

# 温度(10秒後)



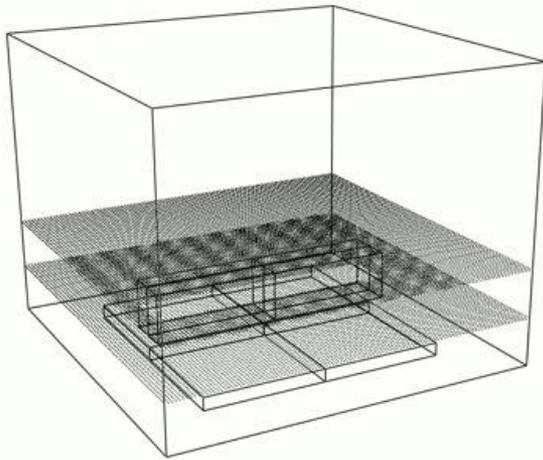
# 煙(10秒後)



壁なし

壁端に開口部

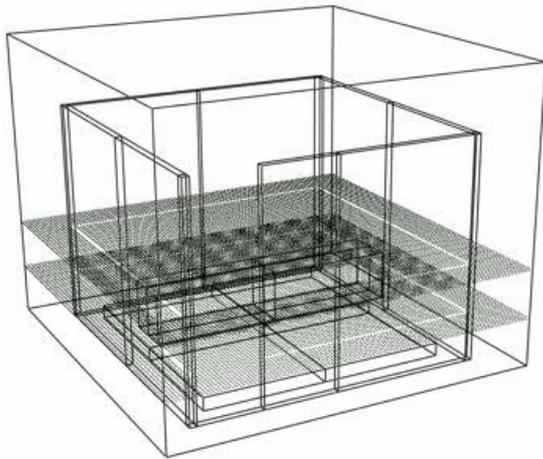
壁中央に開口部



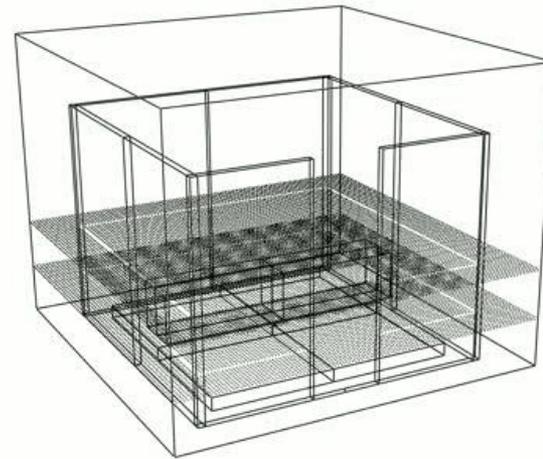
壁なし

# 10秒間の温度と速度 (0.5倍速動画)

平面:  $z=0.4, 0.8$



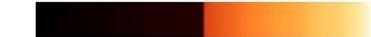
壁端に開口部



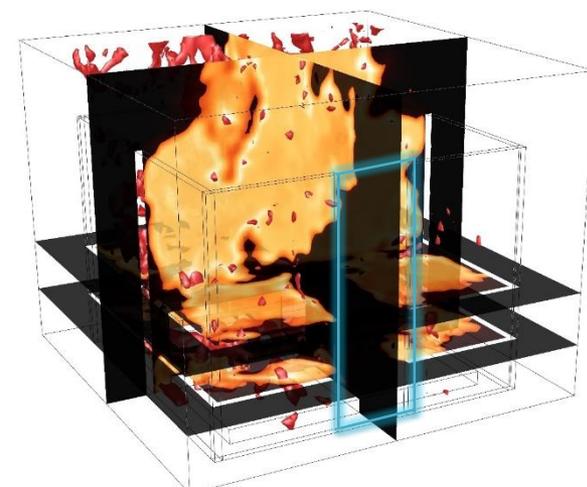
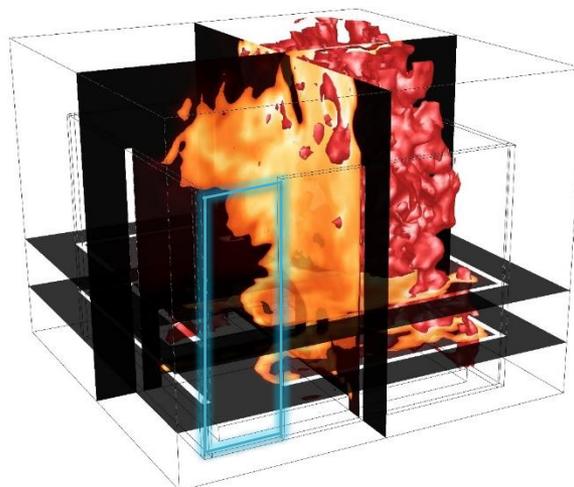
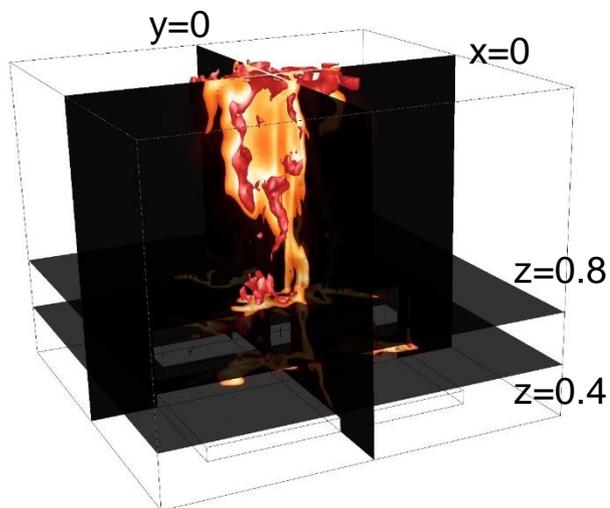
壁中央に開口部

# 温度(10秒後)

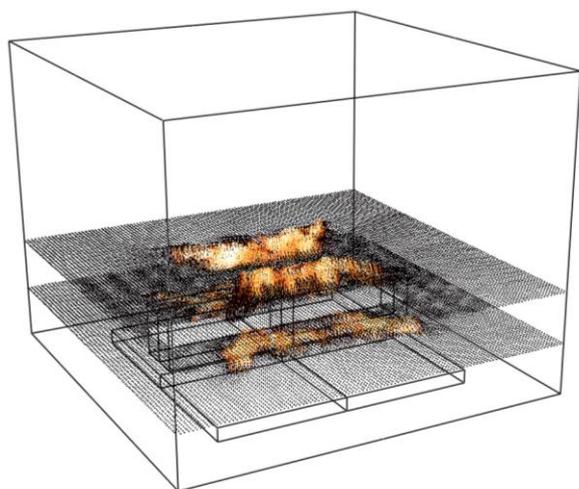
0      500      1000 °C



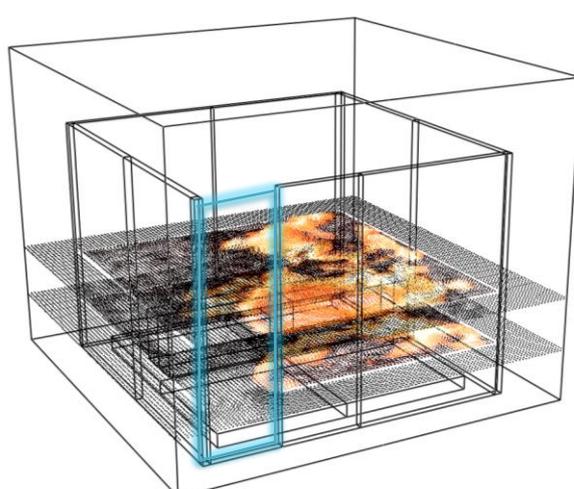
● 等値面(1000 °C)



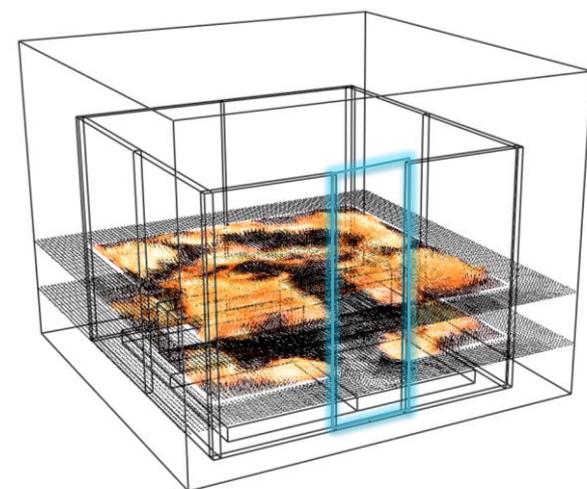
# 温度と速度(10秒後)



壁なし

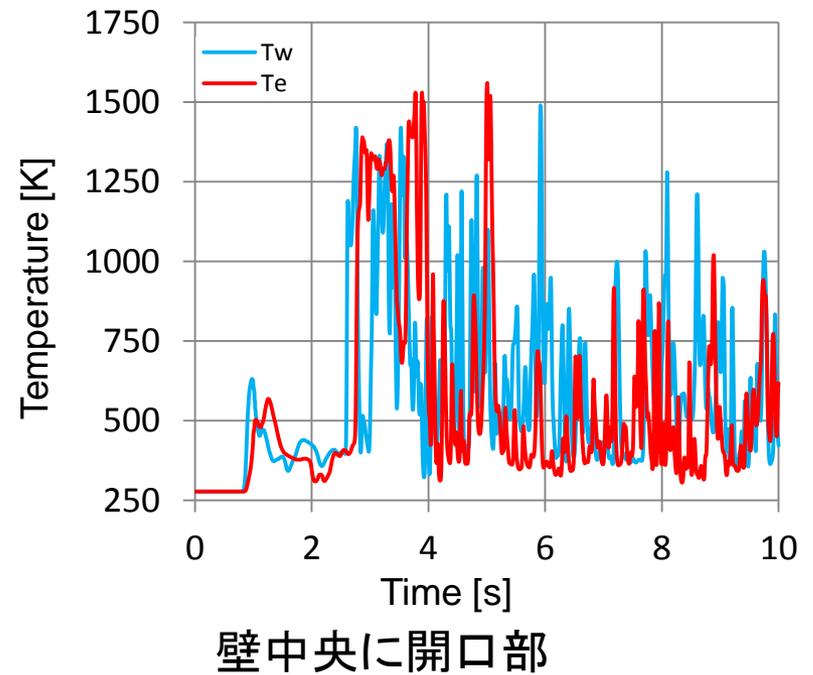
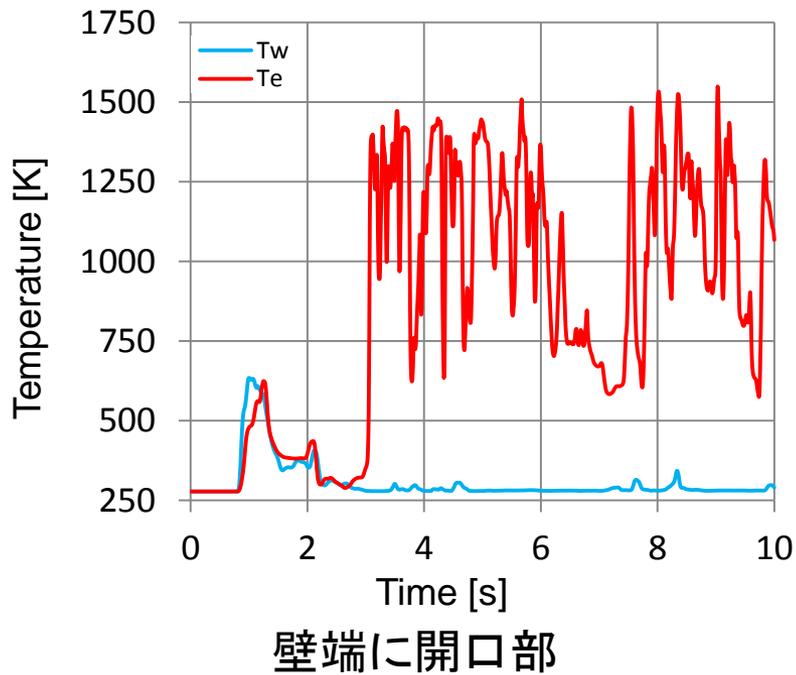
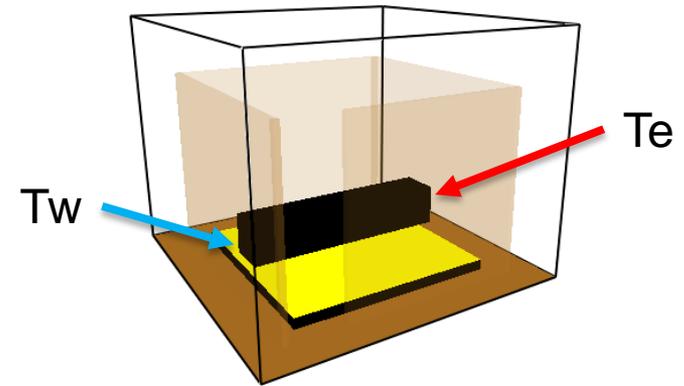
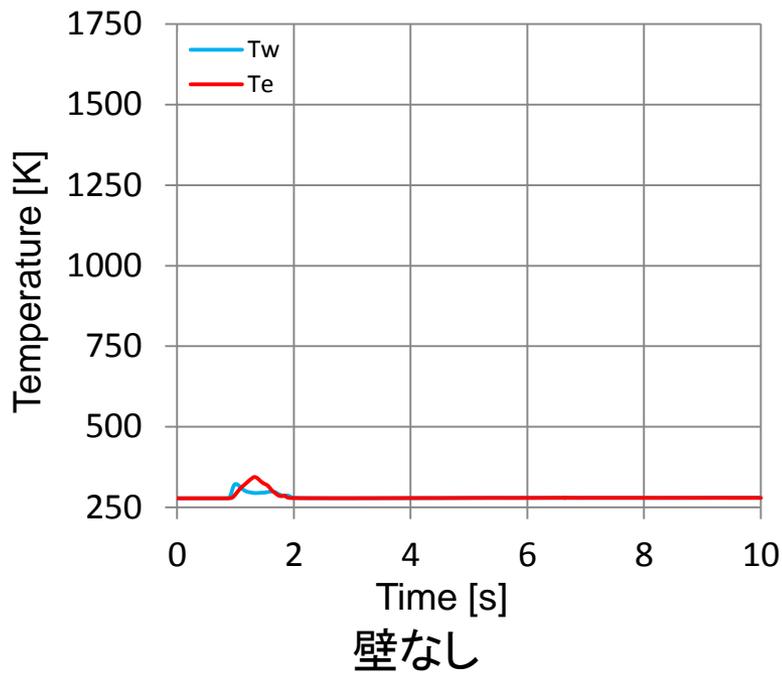


壁端に開口部



壁中央に開口部

# TPRDの想定位置の温度



# まとめ

- タンク周囲に開口部のある壁を設置すると、開口部からの大気の流入に沿って火炎は奥に移動し、その火炎周辺に高温領域が形成される。開口部から離れた場所にTPRDを設置すると作動しやすくなる。
- 実際の火災試験の実施前、FDSで試験に参考となる解析結果が得られる。FDSでは、直交格子(構造格子)しか扱えないが、数メートル規模の火炎と流れの状態を把握するには十分である。