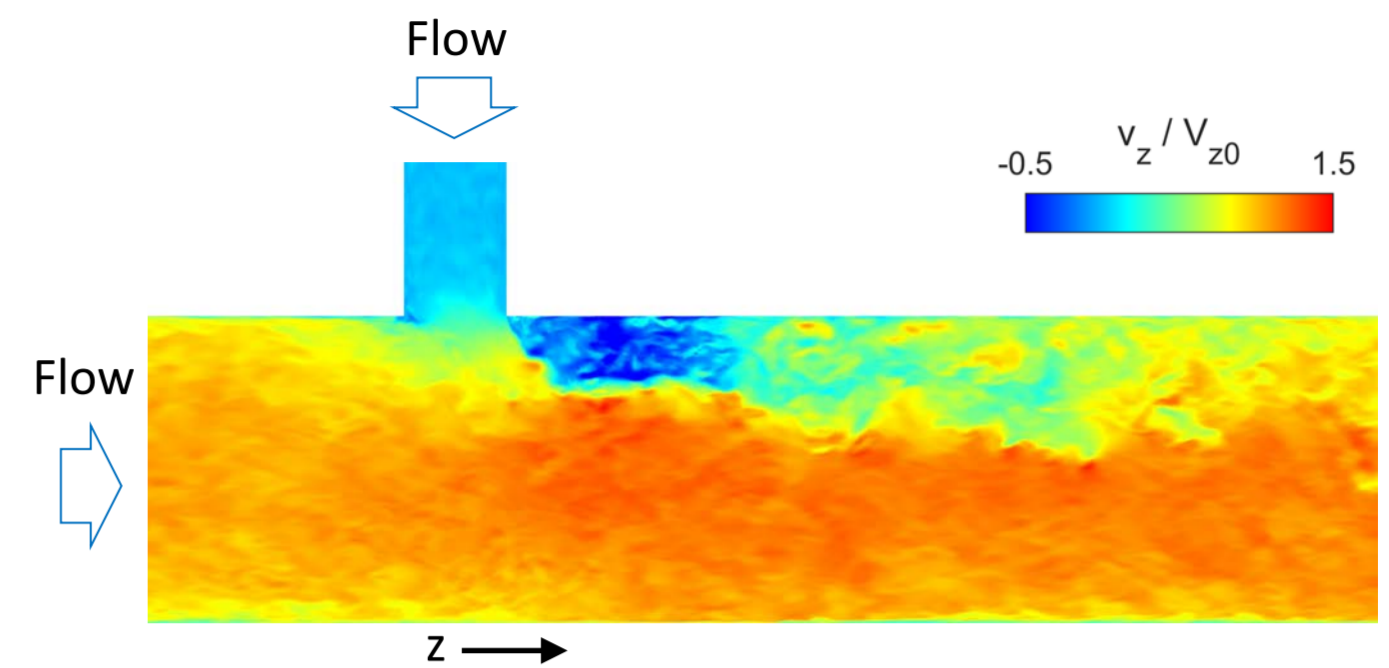


# 複雑流動場におけるスカラー輸送過程の解明を目指した大規模数値計算 : 実験計測データとの比較による数値モデルの構築



## 研究背景および目的

発電プラント(火力、原子力)における熱や物質のスカラー輸送を伴う配管流れの数値流体計算を実施し、配管安全管理の高度化に資する知見を得ることを目的とする。プラント配管の高経年化による配管疲労・損傷の要因として、高サイクル熱疲労および流れ加速型腐食があげられる。



T字管合流部の垂直断面における流れ方向流速分布

## 複雑流動場におけるスカラー輸送の数値計算

### T字管合流部

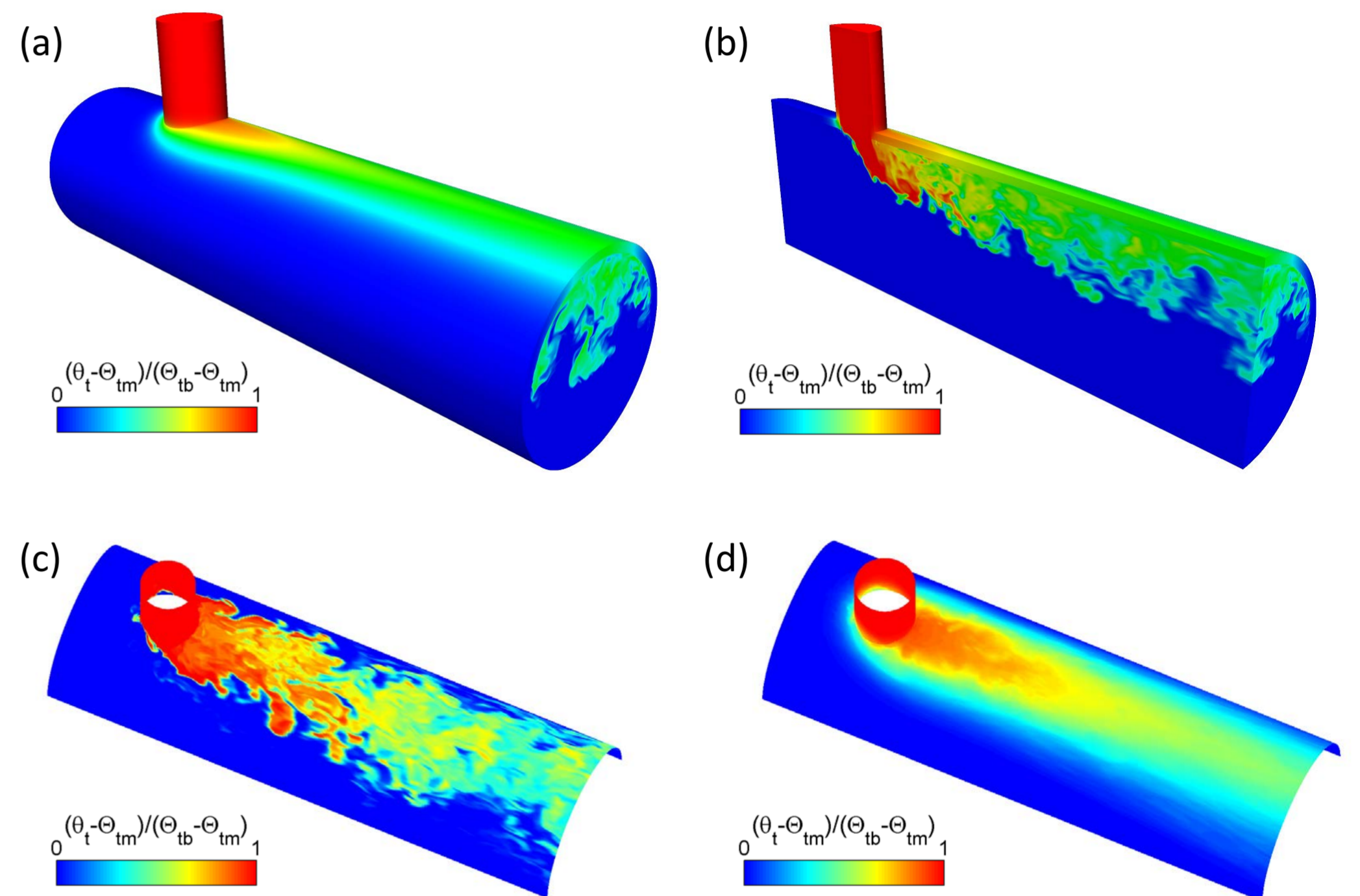
- 剥離, 再循環, 旋回を伴う3次元的な複雑流動
- 混合層において強い渦が発生
- 高サイクル熱疲労と流れ加速型腐食のどちらも発生する危険性のある配管要素
- ↓
- 壁面伝達現象の詳細な解析のために wall-resolved large eddy simulationが有効
- OpenFOAMを用いた大規模計算を名大FX1000で実施予定

### 高サイクル熱疲労を対象とした温度場計算

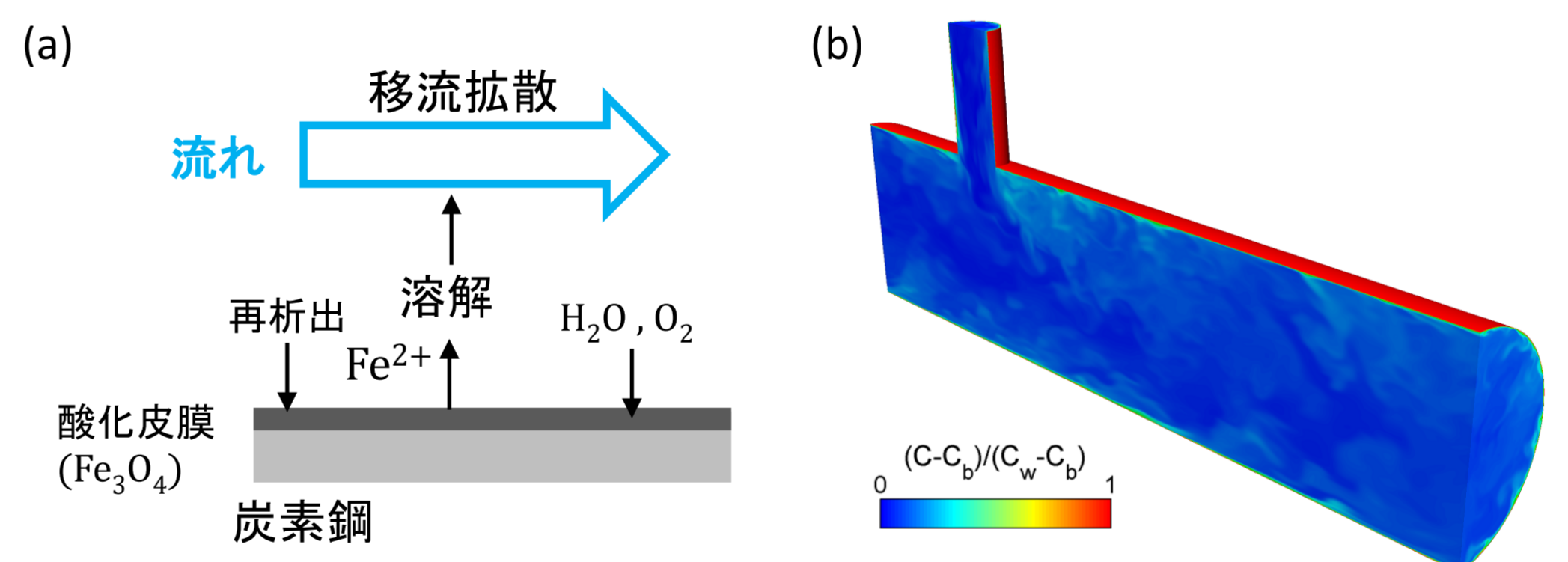
- 低温流体と高温流体の混合により壁面近傍の温度が変動すると、配管内部の温度も変動し、配管構造物に繰り返し応力が発生。
- ソルバーとしてchtMultiRegionFoamを用いて、流体と構造間の熱伝達を連成解析(弱連成)。
- 流体部の温度混合と壁面への熱伝達を解析するのに十分な空間解像度(約8500万セルのメッシュ)と統計解析時間(100秒間)を設定。

### 流れ加速型腐食を対象とした濃度場計算

- 配管内で生じる複雑流動により、炭素鋼配管内壁からの鉄イオンの溶解および拡散が促進され減肉が進行。
- 溶解後の鉄イオンの移流拡散をパッシブスカラーとして計算するために、pimpleFoamに濃度場計算を付加。
- 壁面の境界条件は濃度一定とし、壁面から流体への物質伝達をwall-resolved LESにより詳細に解析。



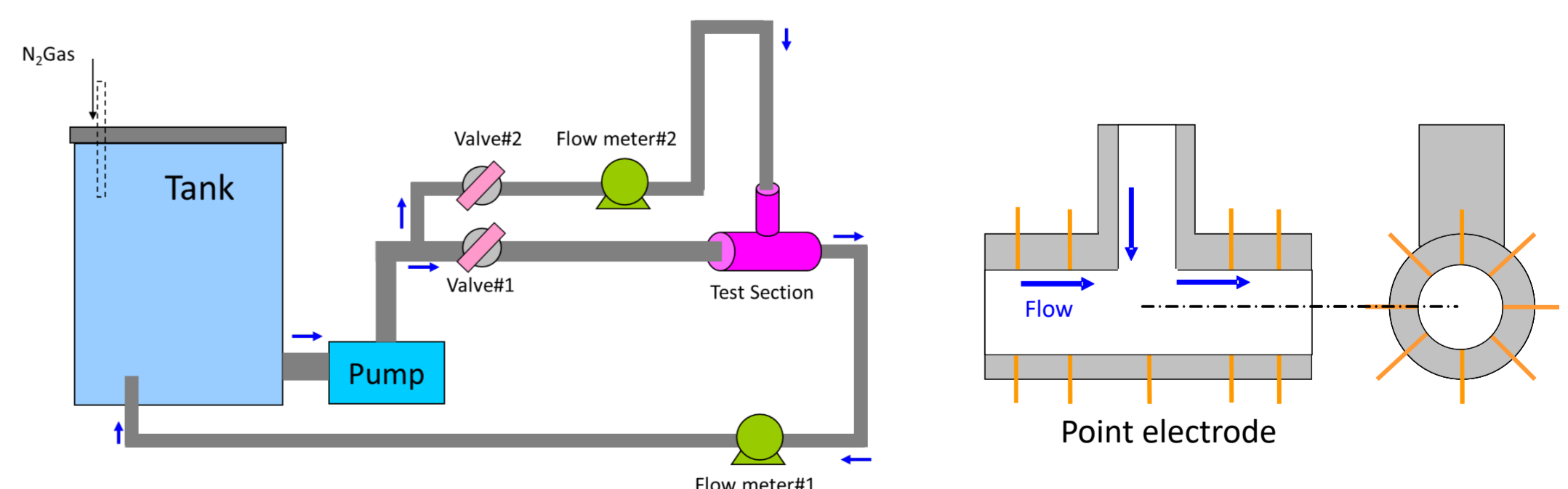
T字管合流部における高サイクル熱疲労を対象とした温度場計算  
(a) 流体と配管構造部の温度場連成解析, (b) 垂直断面における温度分布,  
(c) 壁面近傍の流体における温度分布, (d) 配管内壁における温度分布



T字管合流部における流れ加速型腐食を対象とした濃度場計算  
(a) 流れ加速型腐食の発生機構, (b) 垂直断面における濃度分布

## 実験計測データとの比較

- 高サイクル熱疲労に関しては、原子力安全システム研究所が実施した熱電対を用いた流体および壁面温度測定の結果を比較対象とする。
- 流れ加速型腐食については、新たに試験部を作成し、電気化学的手法により物質伝達の直接的な測定を行う。
- 実験と数値計算を比較することで、相補的に結果を検証しながら、異なるスカラー場におけるスカラー輸送の普遍性と特異性について考察する。



流れ加速型腐食を模擬した電気化学実験による物質伝達の直接測定