

複雑流動場における物質移行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



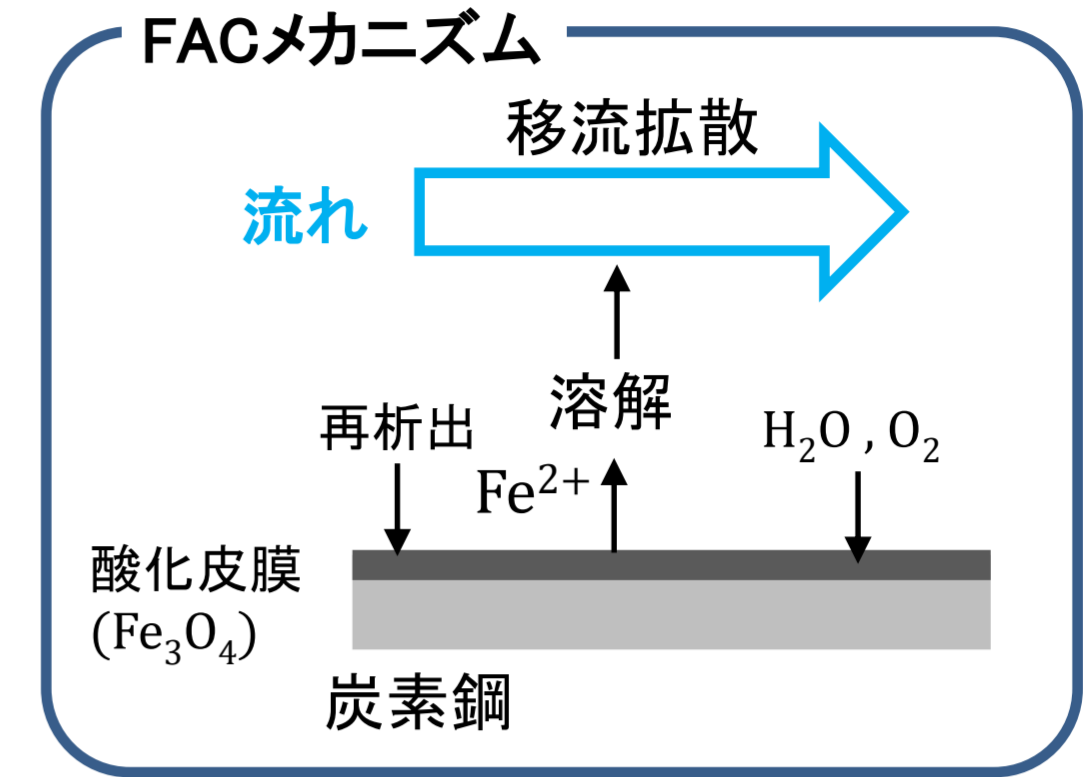
研究背景および目的

流れ加速型腐食 (Flow Accelerated Corrosion : FAC)

- 炭素鋼配管における配管減肉事象の一因 (事例: 美浜原発配管破断事故 (2004))
- 流れによる鉄イオンの移流拡散が腐食を促進

減肉予測の高精度化

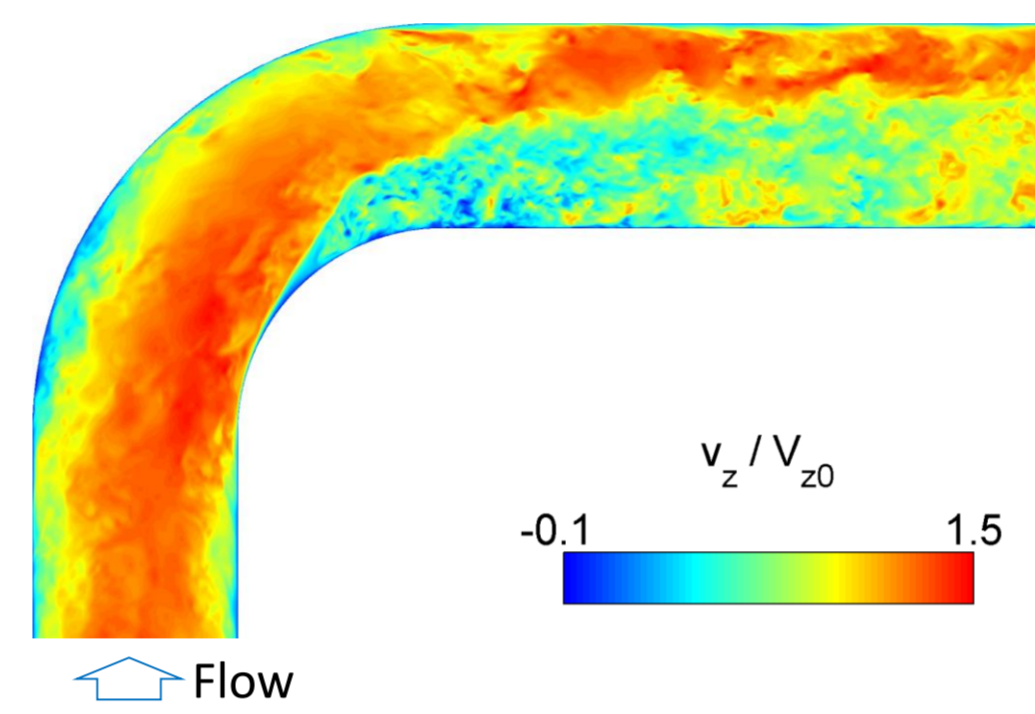
- 複雑流動場におけるスカラー(熱・物質)輸送の詳細な知見の獲得
- レイノルズ数および拡散係数(プラントル数・シュミット数)依存性の解明



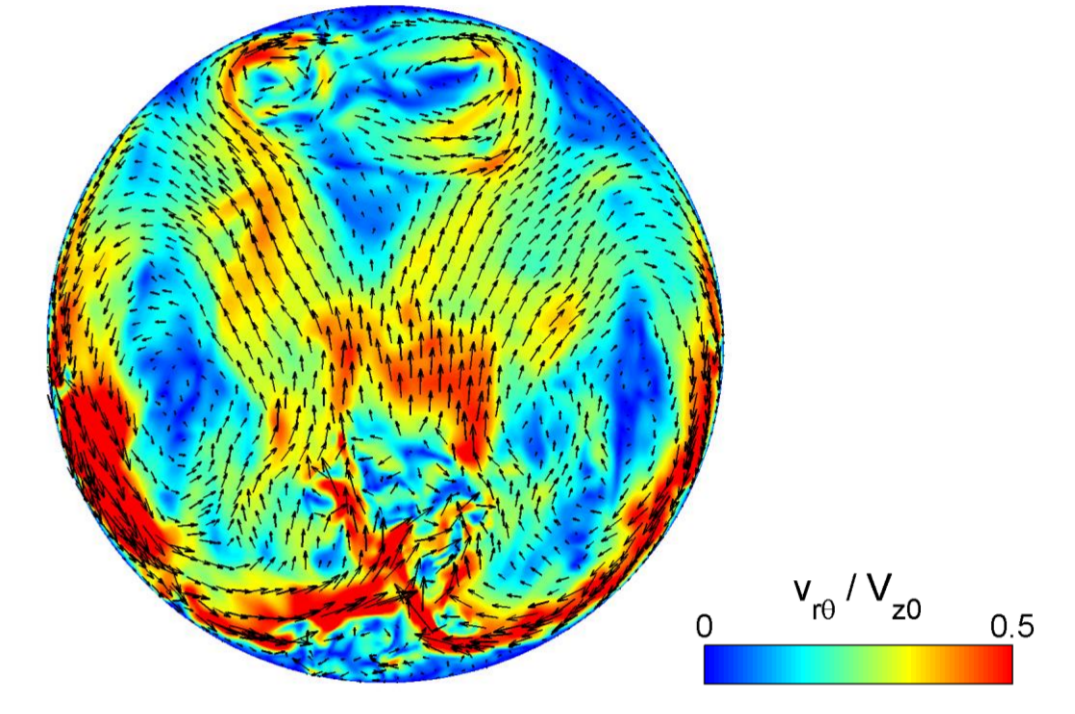
複雑流動場におけるスカラー輸送の数値計算

エルボ管流れ

- 配管形状としては単純であるが、剥離や旋回を伴う複雑流動が発生
- 剥離後流で非定常性の強い流れ
- ↓
- 壁面伝達現象の詳細な解析のために wall-resolved large eddy simulation が有効



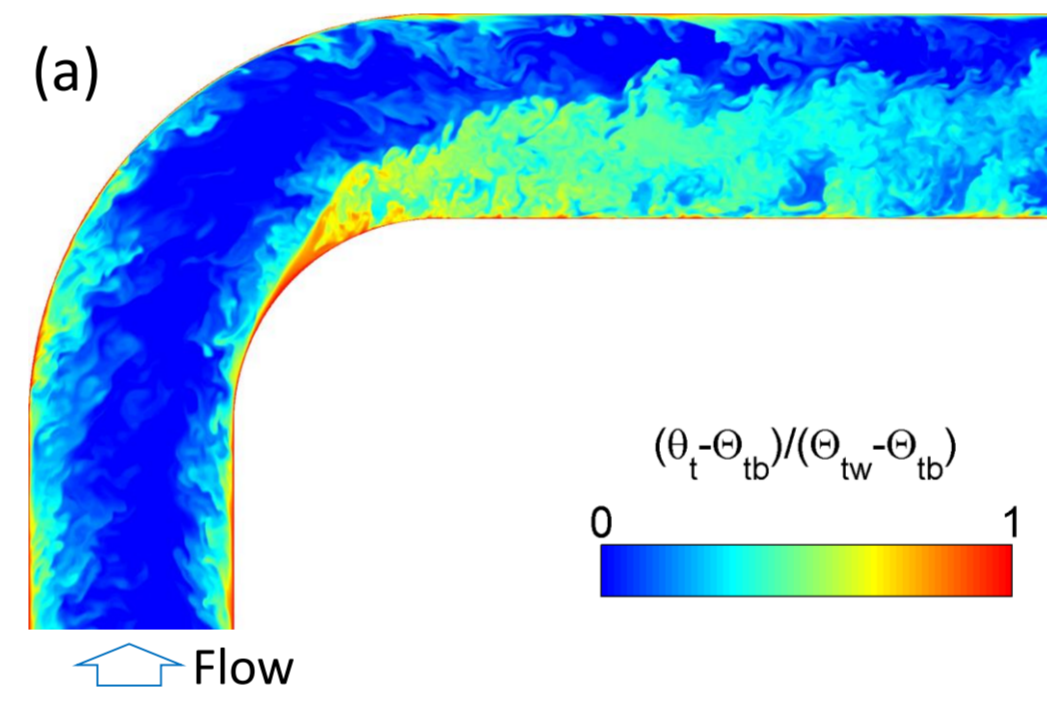
エルボ管流れ ($Re=15000$) の流速分布



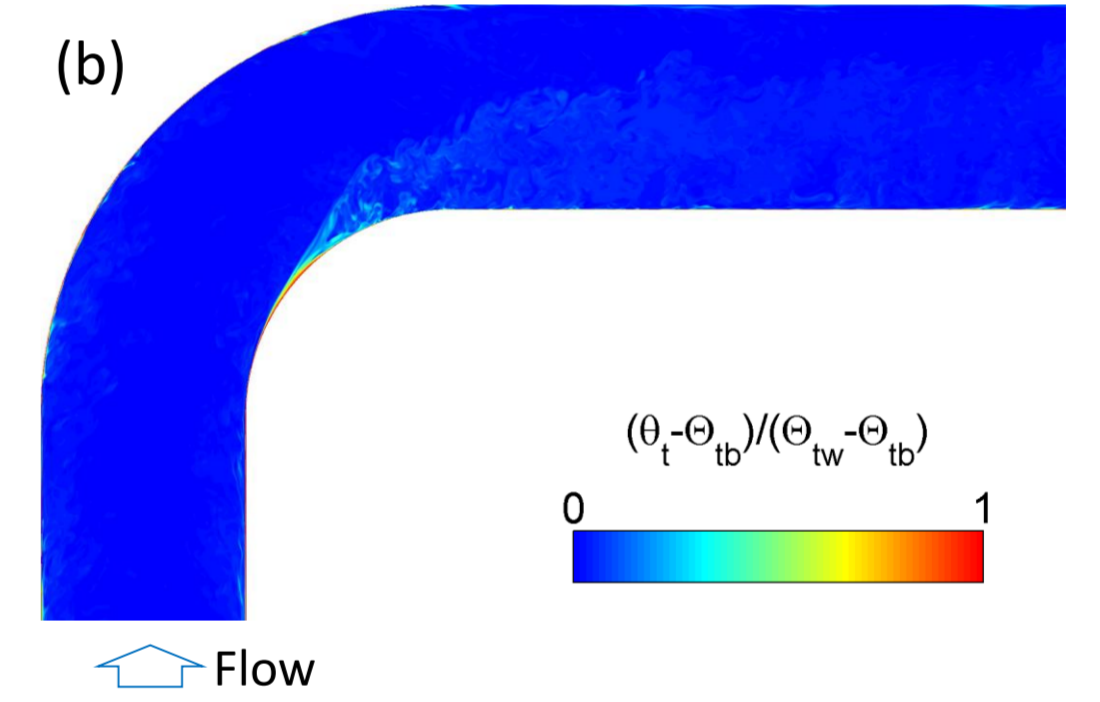
エルボ出口断面における2次流れ

異なるプラントル数の温度場計算

- 同一の流動場計算を対象としてパッシブスカラーとして温度場を計算
- OpenFOAMのpimpleFoamをベースに Pr が異なる条件の複数の温度場計算を付加
- 高 Pr 条件での温度変動の最小スケール ($\eta_s \propto 1/Pr^{1/2}$) を考慮して壁面近傍のメッシュを細分化 ($Pr=64$ の条件で約5億セルのヘキサメッシュ)

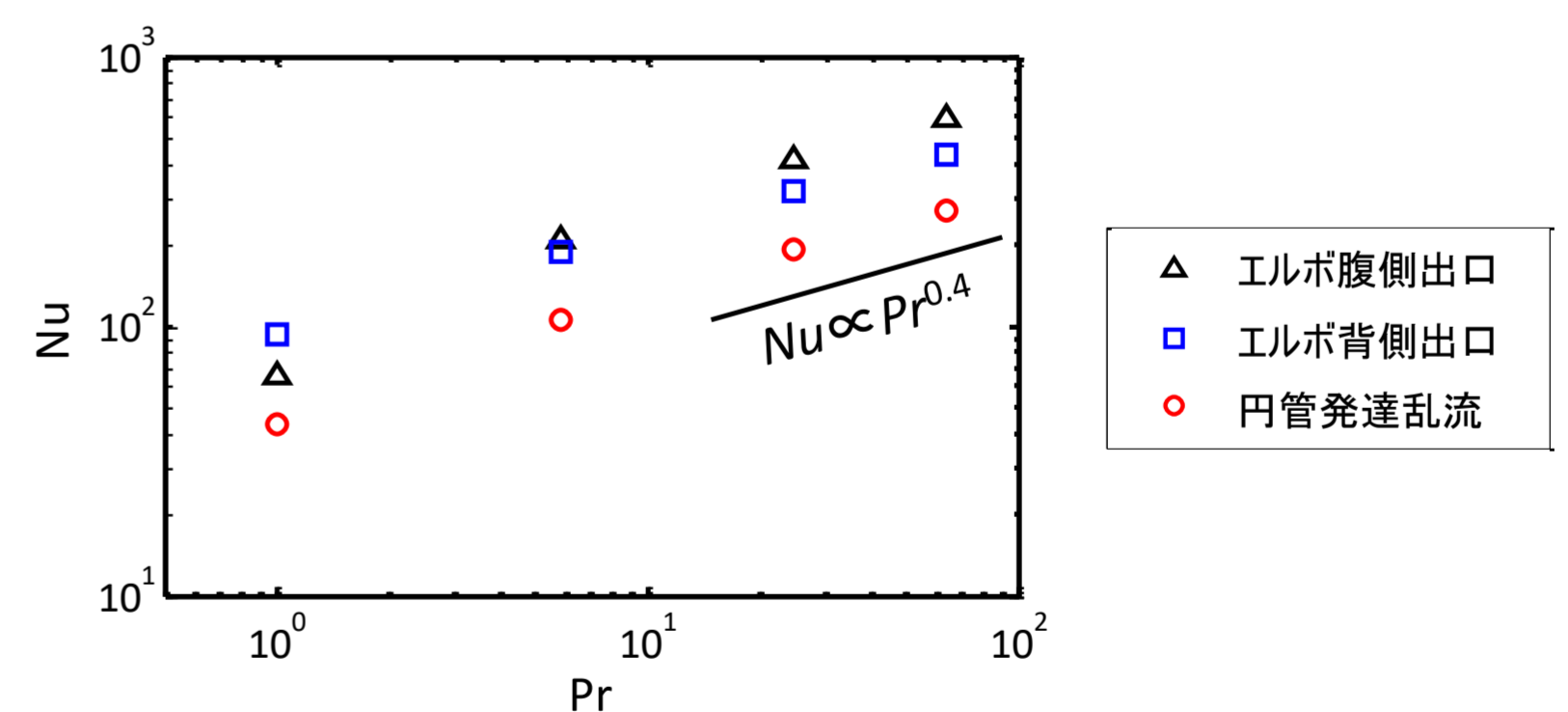


垂直断面における温度分布 (a) $Pr=1$ (b) $Pr=64$



流動場とプラントル数の複合効果

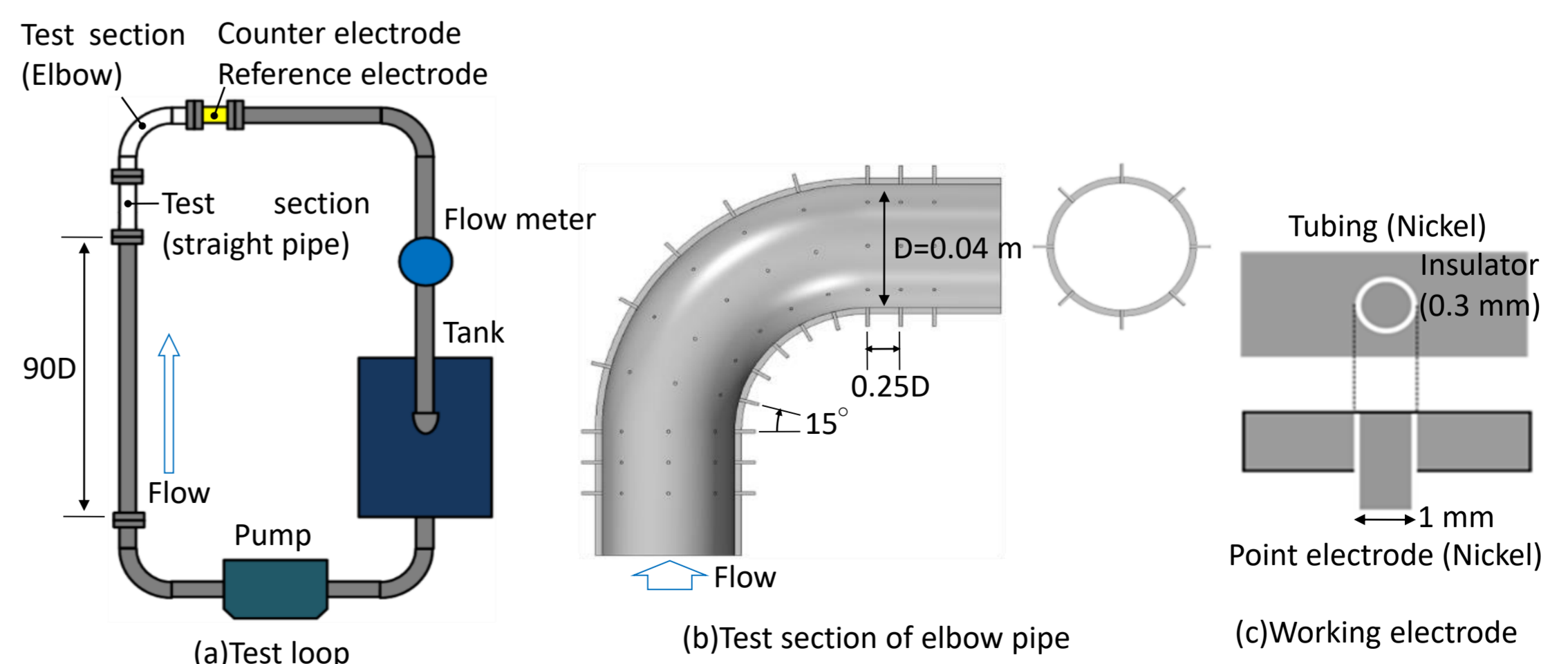
- エルボの腹側と背側では壁面の熱伝達率に異なるプラントル数依存性が表れることを明らかにした。 (平成29年度萌芽型課題: EX17305)
- 萌芽型課題ではランタイム処理による解析を行ったが、本課題では時系列データを取得して、詳細な統計量解析と連続的な可視化をもとに、複雑流動場中のスカラー輸送の過程の解明を目指す。



エルボ管流れにおけるヌセルト数のプラントル数依存性

物質伝達の直接測定

- 電気化学的手法により物質移行係数の直接的な計測を実施する。
- 高精度な数値計算が困難な高 Sc 条件 ($Sc > 10^2$) における測定を行う。
- 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、より広い範囲で拡散係数の影響について知見を深める。



電気化学実験の概要図。金属製試験部において濃度境界層を発達させて点電極により局所の物質移行係数を直接測定する。