

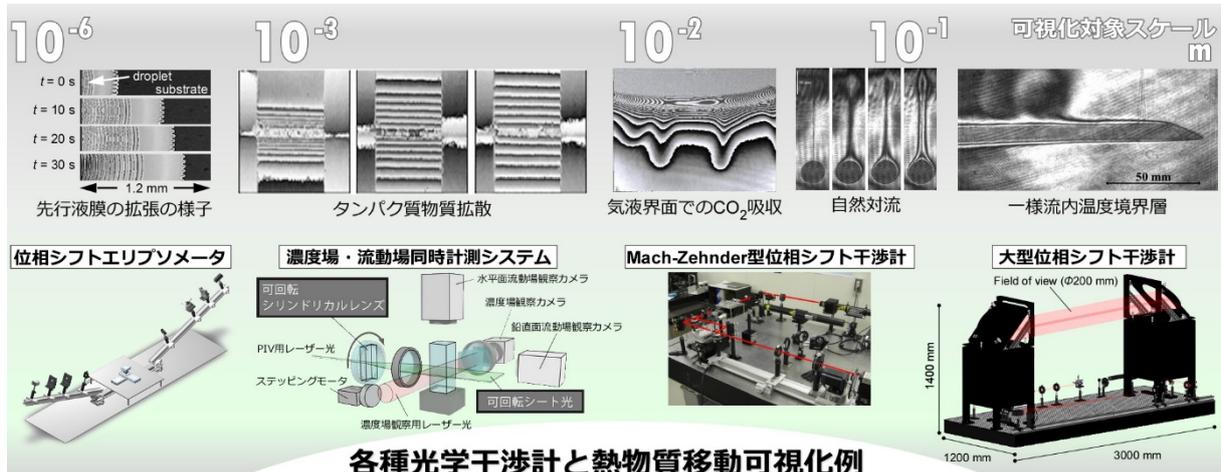
『光を使って、小さな世界の熱・物質移動現象を観る・測る』

東北大学 流体科学研究所 伝熱制御研究分野

小宮研究室

はじめに

東北大学流体科学研究所伝熱制御研究分野では、通常は直接目で観ることのできない熱・物質移動現象をレーザー光を使って“可視化”し、生体内や高温・高圧環境といった極限環境下における熱・物質輸送現象を研究しています。光の干渉を利用した干渉法と呼ばれる技術を用いて、サブミクロン領域で起こる輸送現象を高精度に可視化できるシステムを開発しています。位相シフト技術を導入することで、信頼性の高い可視化技術を確立し、タンパク質の非定常拡散場や固気液界面での濡れ現象、または沸騰・凝縮などの相変化現象といった熱・物質輸送現象を可視化しています。併せて、自然対流や強制対流による熱・物質輸送現象の促進・制御も、この高精度可視化システムを使ってチャレンジしています。これら光を使った技術で、複雑系物質輸送過程を定量的に評価し、さらにはそれら輸送現象を能動的に制御する技術開発を進めています。現在は、教授 1 名、助教 1 名、特任助教（研究）1 名、JSPS 外国人特別研究員 1 名、大学院学生 11 名、学部学生 4 名の構成で研究活動を進めております。



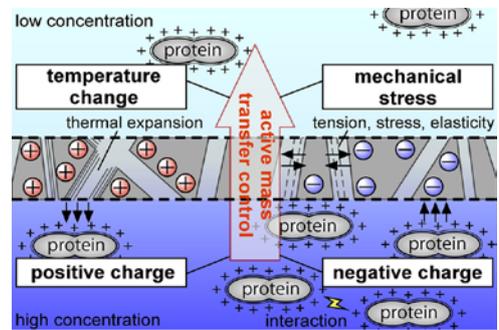
各種光学干渉計と熱物質移動可視化例

研究室所管の各種光学系およびマルチスケールにおける熱・物質現象の可視化例

現在進めている研究テーマ

生体内環境におけるタンパク質の物質輸送特性

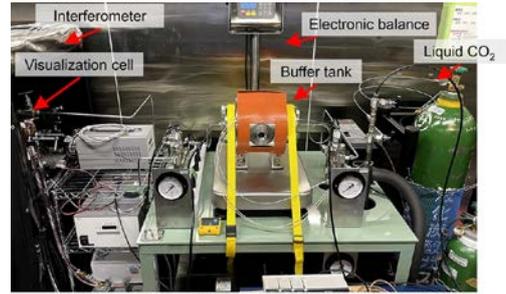
“タンパク質”は生体内で様々な機能を担っており、新薬を開発する上での重要な物質となります。タンパク質の機能を詳細に理解するためには高品質なタンパク質単結晶の構造解析が必要となり、精度の高い解析のためには高品質な単結晶を生成する技術が必要とされています。そこで本研究室では、濃度分布を高精度に計測可能な「位相シフト干渉計」を用いて特殊な機能性膜を通過する物質輸送現象の可視化観察を行い、そこから拡散場の能動制御により高品質単結晶生成の手法を提案しております。



物質流束を制御する機能性膜の概念図

超臨界流体中における熱・物質輸送現象の可視化

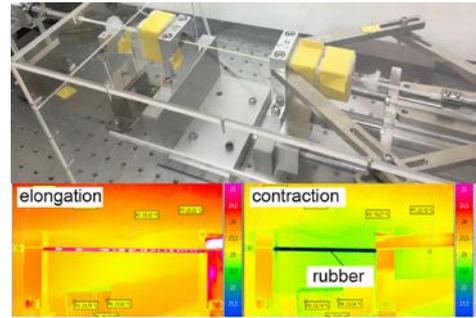
本研究では、超臨界流体を用いた汚染土壌の改質技術の理論構築とキーテクノロジーの確立を目指しています。超臨界条件下における作動流体内の特異な物質移動現象とその相互作用を理解し、超臨界流体を用いた高効率低環境負荷の汚染土壌改質手法を確立します。中国との国際共同研究プロジェクト事業の下、環境汚染対策問題に対して持続的に利用できる新たな技術を提案しています。



超臨界流体内熱物質移動現象可視化システム

弾性熱量効果を用いた冷却装置開発

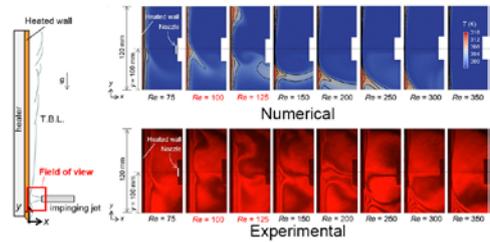
輪ゴムやゴム手袋などの天然ゴムからできたものを、急に延ばすと熱が発生して温度が上昇し、逆に急に縮めると熱を吸収し温度が下がります。これは「弾性熱量効果」と呼ばれるもので、この効果をうまく利用することで、新しい冷却方式による冷却装置を作ることが可能です。本研究では弾性熱量効果を利用した冷却装置の熱損失が冷却効率に及ぼす影響の評価を行っています。熱損失の抑制により装置の冷却性能が向上することが期待されています。



実験装置(上)とゴム伸縮時の温度変化の様子(下)

自然対流温度境界層の共鳴効果に関する研究

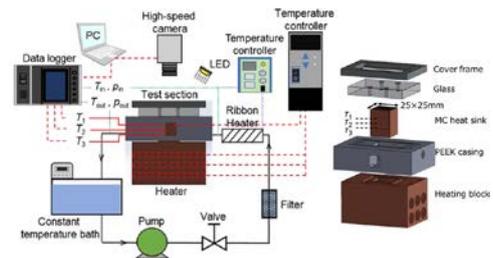
自然対流の興味深い特性としては、固有周波数を持ち、共鳴効果が生じることが挙げられます。自然対流に固有周波数の温度変動を与えると共鳴が生じ、その温度変動の振幅は自然対流流れ方向に増大します。本研究ではこの自然対流の特性の基礎的メカニズムを明らかにすること、またそれを先に挙げた工業的用途に応用することを目的として研究を行っています。



自然対流共鳴効果の数値的/実験的可視化

マイクロチャネル構造を用いた沸騰伝熱促進に関する研究

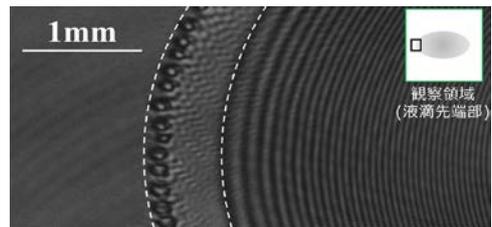
発熱密度が上昇し続けている電子機器の冷却や生体内微小領域の冷却治療など、小さな限られた空間における高い伝熱性能を実現するためには、マイクロチャネルの多層構造を用いた対流沸騰伝熱が有効となります。本研究ではマイクロチャネル構造に着目し、多層化などの有効な手段を用いることにより高い伝熱性能を実現するための技術開発について研究を進めております。



マイクロチャネル沸騰実験装置(左)とセル(右)

ナノスケール液膜の動的挙動の可視化

本研究では位相シフトエリプソメータという光学計測装置を用いることで、ナノスケールの流体の時間変化の伴う挙動の高速・高精度な可視化計測を行っています。特に普段目にしていない液滴の縁の部分となる巨視的固気液境界線から、ナノスケールの液膜領域である微視的固気液境界線の間には存在する“先行薄膜”と呼ばれる液膜の挙動の可視化計測を行っています。



位相シフトエリプソメータによる先行薄膜の可視化