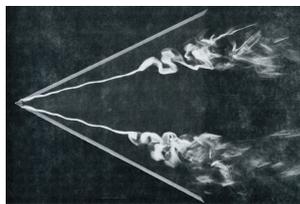




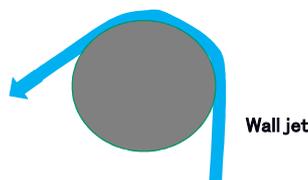
当研究室では流体の非線形現象に着目した機器の開発および非線形現象の数値モデルに基づいた解析を行っています。

コアンダ効果による渦崩壊を利用したマイクロバブル発生器および気柱の自励振動に伴う音波発生 of 理論的研究

背景: 旋回流の持つ特性の1つに遠心力による圧力勾配がある。この放射方向の圧力差を利用して空気を断熱圧縮および膨張し暖気と冷気に分離する機器として vortex tube (1933年) がある。同様に大成(1995年)によって考案された旋回型マイクロバブル発生器も、液体の旋回流中心部に気体を注入し遠心分離を利用して微細気泡を放出する装置である。



An Album of Fluid Motion 渦崩壊



コアンダ効果

このような先人の知識を利用すると共に流体力学的な視点からマイクロバブルの発生を分析することで、様々な機器に組み込むことができる設計可能なマイクロバブル装置の開発を行った。微細気泡を生成するために利用する流体力学的現象としては、コアンダ効果による渦崩壊である。渦崩壊によって生じた旋回流ジェットがコアンダ効果により壁面に付着し、その際の強いせん断と圧力変動により気柱が微粒化され微細気泡が生成する。

技術的課題: マイクロバブル生成には大きな圧力変動が必要であり、例えば気体溶解ではエネルギー効率が極めて低い。低圧損の気液混合器としてはスタティックミキサー(SMVなど)があり、本MBノズルを利用したスタティックミキサーの開発を行った。

旋回流発生翼型ノズル 渦崩壊ノズル



主な特徴:
・大型化(10cm)、小型化(5mm)が可能
・ポンプ能力に応じて設計可能
・噴き出し角の制御、発生音の低減が可能

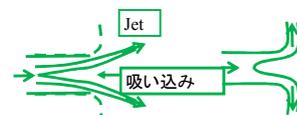


低抵抗並列MBノズル(static mixer)



J-Parc水銀ターゲット用マイクロバブル発生ユニット (マイクロバブル発生ノズルは微細気泡を生成できるが圧力損失が大きく、さらに管路内では微粒化効率が低下する。これらの問題点は、低抵抗並列ノズル(スタティックミキサー)を使用することにより解決され、J-Parcで運用されている。)

理論的研究項目: 本装置における渦崩壊は、亜臨界流れの渦核がコアンダ効果により不安定化され、スパイラル状になる現象である。さらに、渦中心に気柱が形成され、渦崩壊ノズル全面で気柱が微粒化される。以上の現象をモデル化することにより、渦崩壊と微粒化および音波発生の関係を明確にすることを目的とする。



亜臨界流れ コアンダ効果による渦崩壊

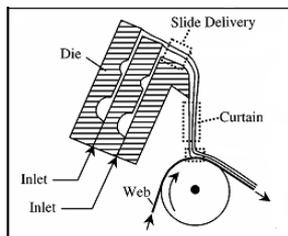
カーテンコーティングにおける液膜カーテンの解析

背景および目的: カラーフィルター、光学フィルムなど多くの薄膜(厚さ数ミクロン)はスロットコーティングで製造されている。一方で、種々のコーティングの中でカーテンコーティングは、コーティングの高速化および凹凸のあるウェブのコーティングに対して有利である。本研究では、カーテンコーティングで薄膜を塗布する方法、その際の問題点、解決方法、物理現象の解明を行い、カーテンコーティングの新たな可能性を探求する。これにより、凹凸のある基材への薄膜塗布およびスロットコーティングの効率化を目指す。



研究課題: 薄膜のカーテンコーティングでは慣性力に比べ表面張力が卓越するため、液膜破れ、液膜振動、液膜上の波動など様々な擾乱が現れる。

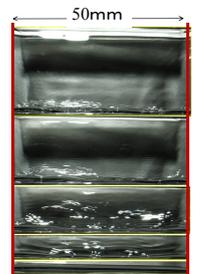
1. 液面に架橋した薄膜の場合は、右図に示すような未解明の現象が現れる。とくに、液面上で 流れが屈曲しカーテンが変位し振動する。この現象を理論的に解明することは、流体現象の工学への応用および制御にとって重要である。現在、この理論解析を行っている。
2. 液体カーテンを移動する基材に架橋させたときのカーテンの安定性、塗布後の薄膜性状を実験的に調べる。表面張力が支配的な液体カーテンの基材への架橋には、基材の濡れ性、基材の傾斜(重力)が大きく影響する。現在、液膜カーテンの基材への転移に関する実験を行っている。



カーテンコーティング 液体カーテンを基材に塗布

右図の説明:

- 初速度18cm/s、スリット幅1mmのときの液膜形状、落下高さはそれぞれ40, 30, 20, 10, 5mmである。
- 液膜が水面に接触しているためvaricose modeが励起され液膜上流に伝播する。
- スリット出口のWe数は0.4程度で水面ではより大きい。
- 液膜上の光の反射はsinuous modeで液膜全体の振動を意味する。
- コーティングでは基材が移動するためvaricose modeは上流に伝播しないかも知れない。



液体カーテンを液面に架橋した時のカーテン挙動

放射能汚染土壌の湿式分級による洗淨

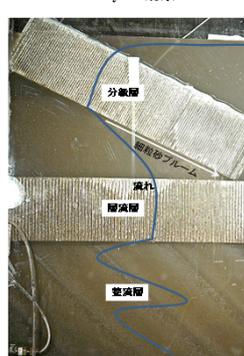
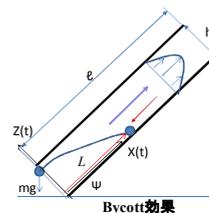
背景: 東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴う放射性核種の拡散で汚染された土壌から放射能汚染物質を取り除く方法について研究を開始した。今回の事故では、放射能汚染土壌が膨大であることから、中間貯留施設に隔離する土壌の減容化、および、再利用土の放射能の低減が重要な課題であり、これらを低コストで実現する方法が必要とされている。

放射能汚染土壌: 放射性セシウムは粘土に吸着されやすく、粘土は粒径が1~2μmと小さく単位質量当たりの表面積が砂やシルトに比べて非常に大きいため、土壌中の放射性セシウムの多くが粘土に吸着している。したがって、表土層を剥ぎ取った土砂を洗浄し、特に運動場のような砂粒子が多い場合には、75μm以下の土粒子を除去することで放射線量を元の2割程度まで低減させることができる。

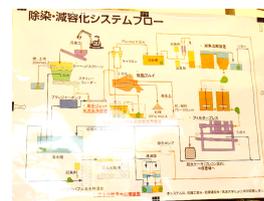
湿式分級: 湿式分級では粘土のみの泥水を取り出した後に水分を除去して減容化が必要がある。通常は泥水に凝集剤を添加し、粘土粒子を含有するフロックを生成することで沈降速度を増加させ沈殿物を回収、さらにデカンターなどの遠心分離脱水機により沈殿物(膨潤した粘土)から脱水する(右図参照)。

研究目的: 再生土の分級粒子径を簡易にコントロールし、汚染土を低コストで回収する方法を考案することである。

研究方法: 湿式分級プロセスには、攪拌、分級、粘土・シルトの凝集・沈降、沈降物の減容化がすべて含まれている。攪拌時には土粒子同士の摩擦を促進する流れ、分級はBycott効果、凝集にはフロックの形成、沈殿にはBycott効果、減容化は圧密といった現象が関与する。これらの現象を理解することで、現在機械を用いた多段の分級工程を単一の工程で行い、関連する流体現象を解明する。



流体力学に基づく湿式分級



湿式分級流れ図



汚染土壌の洗淨



汚染土壌の仮置き場