

メタルハニカムフィルタ内の微粒子燃焼過程の解析⁽⁵²⁾や渦法による自由落下粒子群の挙動解析⁽⁵³⁾など、従来多用されている Euler 型ではない、Lagrange 型解法を用いた研究も報告された。

固液二相流に関する研究例は少ないが、自由界面を伴う流れが DEM-MPS 法により解析された⁽⁵⁴⁾。

[内山 知実 名古屋大学]

7.4.2 実験

混相流を実験により解明しようという研究開発においては、次世代原子力発電や化学プラントに見られるような大規模な実験、混相乱流という視点から混相流を解明しようという実験、マイクロ流動などの微小スケールの実験など、メートルからサブマイクロまで、空間スケールは多岐にわたる。本稿においては、混相乱流に該当するスケールの実験と計測について、その動向をとりまとめることとする。計測手法としては、非接触計測であるトモグラフィの進展が著しい⁽⁵⁵⁾⁽⁵⁶⁾。空間・時間分解能に関しては、連続体スケールにおける混相流の微小スケールを計測するには至らないが、比較的大きな空間スケールの変動や周期の長い変動を二次元で捕らえることが可能である。キャパシタンストモグラフィや超音波トモグラフィは比較的安価にシステムを構築することができ、システムの時空間分解能を認識してうまく使用すれば、混相流のメカニズム解明に大きく貢献する計測手法である。混相乱流の実験では、可視化(PIV, PTV を含む)と LDV を駆使した実験が多く見られる。気泡の界面変形の度合いに着目して、乱流との相互作用を考察する研究⁽⁵⁷⁾に見られるように、分散界面における連続相の条件(付着あるいはスリップ)という混相乱流の本質的な部分からのアプローチが見られる。計測方法、実験手法ともに、混相流や混相乱流の本質に、実験から迫ろうという研究が進展している。数値解析における成果と実験における成果とを、双方の特性や適応範囲を考慮しつつ双方向的な連携を図ることにより、混相流・混相乱流の研究は飛躍的に発展するものと考えられる。

[齋藤 隆之 静岡大学]

7.5 圧縮性流れ

圧縮性流れの研究は、基礎的なものからモデル、さらには実機に近いものまで多様な研究が行われた。基礎研究として、超音速壁乱流境界層内大規模渦構造⁽⁵⁸⁾や自由速度せん断層のキャッツアイ構造⁽⁵⁹⁾、円すい表面での極超音速乱流境界層の発達⁽⁶⁰⁾などが、モデル研究として、比較的モデル化の度合いの大きな極超音速衝撃波-境界層干渉⁽⁶¹⁾、だ円室内のパスル衝撃波⁽⁶²⁾や、比較的実機に近い蒸気加減弁での流体自励振動⁽⁶³⁾、遷音速フラッタに与える粘性の影響⁽⁶⁴⁾などが見られた。いっぽう、実機に近い研究として、ビジネスジェットの抵抗と騒音の低減⁽⁶⁵⁾が挙げられる。一方、新しい実験手法として、光学 CT 法による超音速噴流⁽⁶⁶⁾では流れ場と騒音場を同時にとらえている。数値計算に関連したものとして、圧縮性流れの一方方程式乱流モデル⁽⁶⁷⁾をはじめとしてさまざまな研究が行われた。また圧縮性流れの流体騒音について、超音速ノズル末広部の衝撃波による騒音⁽⁶⁸⁾ほか、AIAA Journal にも多くの研究が掲載されたが、モデルと実機の関係⁽⁶⁹⁾は興味深い話題と言える。最後に、マイクロチャンネル⁽⁷⁰⁾やマイクロ渦-衝撃波干渉⁽⁷¹⁾など圧縮性流れにもマイクロスケールの研究が見られた。

[横田 和彦 名古屋工業大学]

7.6 非ニュートン流体

非ニュートン流体の流動とレオロジーに関して、ASME の Fluids Engineering Division と Materials Division で開催された二つの国際会議 (IMECE2006, FEDSM2007) 合同の特集号が発刊された⁽⁷²⁾。国内では、流体工学部門の研究會として複雑流体研究会が継続的に開催されており、複雑流体の研究に携わる研究者間の交流や情報交換の場となっている。

粘弾性流体に関する研究の中でも添加剤による流れの抵抗低減に関連した研究が活発で、平板上乱流境界層に及ぼす界面活性剤水溶液の濃度と温度の影響⁽⁷³⁾⁽⁷⁴⁾、界面活性剤を添加した有機系ブライン水溶液の流動抵抗と熱伝達特性⁽⁷⁵⁾、コイル状管における高分子水溶液の抵抗低減効果⁽⁷⁶⁾、メッシュスクリーンにおける抵抗低減溶液の圧損特性⁽⁷⁷⁾、抵抗減少に対する $k-\epsilon$ モデル⁽⁷⁸⁾、エバネッセント光を用いた希薄高分子水溶液の壁面極近傍の速度分布計測⁽⁷⁹⁾が報告された。非ニュートン流体特有の

流動に関するものとしては、界面活性剤水溶液のスロット流れ⁽⁸⁰⁾、微細管内流れ⁽⁸¹⁾、容器内旋回流⁽⁸²⁾、高分子水溶液の急縮小マイクロチャンネル流れ⁽⁸³⁾、液晶高分子溶液の L 字型スリット流路流れ⁽⁸⁴⁾等がある。数値解析も盛んで、Couette-Poiseuille 流れ⁽⁸⁵⁾、二重円筒間流れ⁽⁸⁶⁾等がある。いっぽう、物性やレオメータに関しては、LDV と流動複屈折を併用した速度と応力の同時測定⁽⁸⁷⁾、界面活性剤と高分子から成るハイブリッド棒状ミセル溶液の特性⁽⁸⁸⁾、界面活性剤水溶液のダイナミック表面張力の計測⁽⁸⁹⁾等の報告がある。

[今尾 茂樹 岐阜大学]

7.7 希薄気体流・マイクロ流

希薄気体流については RGD26⁽⁹⁰⁾が開催され、最新の研究が数多く報告された。希薄気体流では、流体分子の平均自由行程の系の代表長さに対する比であるクヌッセン数が大きくなり特異な現象を示すことが知られているが、系の代表長さが小さくなるマイクロ流においても同じ高クヌッセン数流れとなることが知られており、これら二つの流れは相似性により密接な関係にある。そのため、RGD26 においても従来盛んに行われていた航空宇宙分野や真空工学、宇宙物理学などを対象とした研究のみならず、マイクロ流の研究発表も目立つようになってきた。さまざまな手法による実験結果とともに、滑り境界条件を用いた N-S 方程式、線形化ボルツマン方程式、BGK 方程式、直接シミュレーションモンテカルロ (DSMC) 法による数値解析などが報告された。

また、マイクロ流に関しては、MEMS や μ TAS などのマイクロデバイスへの応用研究も盛んに進められており、MEMS2008⁽⁹¹⁾、 μ TAS2008⁽⁹²⁾、MNC2008⁽⁹³⁾をはじめとする国際会議において、マイクロ流体デバイス、マイクロ流路内の混合、化学反応などに関する多くの研究発表が行われた。さらに、細胞や DNA が関係する流れ場も数多く扱われており、生物マイクロ流に相当する研究発表も多くなっている。センサ⁽⁹⁴⁾やマイクロ流路の壁面条件⁽⁹⁵⁾⁽⁹⁶⁾などの研究も精力的に実施されている。また、マイクロ流でもとくに原子・分子の運動に関する熱流動現象は、分子動力学法による数値解析などの研究発表がなされている。とくに固体表面が与える熱流動場への影響などが話題となっている⁽⁹⁷⁾。なお、類似の研究は熱工学分野においても盛んに実施されている⁽⁹⁸⁾。

[山口 浩樹 名古屋大学]

7.8 自然エネルギー

低炭素社会やエネルギー安全保障をキーワードとして自然エネルギーを利用したさまざまな研究が行われている。2008 年には Journal of Fluid Science and Technology (Vol.3, No.3) において再生可能エネルギーの利用に関する特集があり、風力、水力、海洋に関する 14 編の論文が掲載された。年次大会などの本会に関連した国内会議では風力関係の発表が多く、ターボ機械関連や海洋関連の国内会議では水力や海洋関係の発表が多い。流体工学部門ニュースレター流れ 2008 年 12 月号では特集テーマ「再生可能エネルギーと流体工学」によって最新の研究動向を紹介した。

風力関連では風特性に関する研究⁽⁹⁹⁾や水平軸風力タービンに関する研究⁽¹⁰⁰⁾のほか、二重反転式⁽¹⁰¹⁾や案内羽根付きロータ⁽¹⁰²⁾などの各種方式による風力タービンの研究が行われている。水力関連ではダリウス式⁽¹⁰³⁾、クロスフロー式⁽¹⁰⁴⁾、サボニウス式⁽¹⁰⁵⁾などのさまざまな形式の小水力が研究されている。とくに 2008 年に新エネルギーの利用等の促進に関する特別措置法が改正されたことにより 1000kW 以下の小水力も新エネルギーとして指定されたため、小水力の今後の展開が期待される。海洋関連では衝動タービンを利用した波力発電⁽¹⁰⁶⁾⁽¹⁰⁷⁾、ダリウス・サボニウス式による潮流発電⁽¹⁰⁸⁾などの研究が行われている。2007 年に施行された海洋基本法により海洋立国日本として研究の推進が期待されている。

国際的には毎年のように開催される IAHR や OMAE などの国際会議のほか、2010 年には横浜で Renewable Energy2010 国際会議⁽¹⁰⁹⁾が開催予定であり、風力、小水力、海洋などのセッションが設けられる。

[前田 太佳夫 三重大学]