知的機能性流体の展望^{*} (混相流フォーラム関西)

Prospect of Intelligent Fluid

片岡 勲^{**}

KATAOKA Isao

近年、様々な工業分野で高機能を有する新素材の開発が活発に進められている。その多くは固体材料に代表されるが、流体材料分野においても多くの試みがなされ、その中には既に実用に供されているものも少なくない。高度な機能を流体材料に付与する「機能化」の考え方に加えて、複合素材としての混相流を用いて、流体をさらに「知能化」、「情報化」することができれば、従来の機能性流体には見られない新しい概念に基づく、より一層高度な能動的、知的機能を有する流体素材の実現も可能となろう。しかしながら、このような混相流を用いた高度な機能を有する様々な流体材料を開発するためには、混相流体物理の基礎的な知見と工学的応用を可能とする広範な高度技術を結集する必要がある、また、幅広い分野に亙る混相流の研究者、技術者の知識と協力が不可分である。

このような流体の「機能化」、「知能化」、「情報化」の考え方を混相流体に導入するために必要な概念の確立、基礎研究としての混相流体力学から応用研究としての工学的手法・技術までを幅広く取り上げ、調査研究活動を通して知見を深めると共に、将来の開発基盤づくりに貢献することを目的として混相流フォーラム関西「混相流の機能化・知能化」研究会が平成4年度より芹澤昭示主査(京都大学工学部教授)、大場謙吉副主査(関西大学工学部教授)のもとに活動を開始している。この混相流フォーラム関西は日本混相流学会の研究会として平成元年度より坂口忠司主査(神戸大学工学部教授)のもとで発足したものを発展的に継承したものである。現在までに7回の研究会を開き各専門分野の研究者の講演と

それについての質疑応答という形で調査研究活動を行って来た。以下にその調査活動に基づく知的機能性流体について展望する。

混相流の「機能化・知能化」の技術の開発は極めて多様な可能性を持ったものであり、工学、医学、薬学、農学、化学等の各分野において混相流を用いて従来見られなかったような新しい機能を持った流体の開発が可能である。

こうした機能性混相流の中には既に開発が行われ実用に供されているものもある。磁性流体、電気粘性流体、製薬における粒子製造技術、液晶粒子あるいは様々な機能性粒子を用いた測定、マイクロカプセル、中空粒子による選択膜、微小氷水混相流を用いた蓄熱技術等である。磁性流体は10nm程度の非常に微細な強磁性体粒子を溶媒中(ケロシン等)に分散させたものであり、流体の特徴と磁性体の特徴を合わせ持ったものである。磁性流体シール、磁性流体ダンパー、磁性流体アクチュエーター等に既に応用されている。電気粘性流体は誘電性を持つ1~100ミクロンの固体微粒子を液体中に懸濁させたものであり電場の印加によって粘性が大きく増加する特性を持つ。ダンパー、サーボ弁、ロボット制御等への実用化が既に試みられている。製薬業においては均一、均質な粒子を製造する技術が早くから開発され、微粒子の凝集、自己組織化など粒子自体の機能を生かした粒子製造技術が既に実用化されている、こうした技術は、知的機能性流体の開発にも大きく役立つと考えられる。感温液晶は温度によって色が変化する物質でありこれをマイクロカプセルに封じ込め液体中に懸濁させ液体の温度場と速度場を同時に測定する技術が実用化されている。この他

* 1994.11.4 受付

** 京都大学大学院工学研究科 〒606-01 京都市左京区吉田本町 TEL(075)753-5823 FAX(075)753-5845

にもさまざまな物質を膜で封じ込めた粒子が開発され、膜の性質や中に包含する物質を変えることにより、水と同一の密度を持つ粒子、レーザーで励起されて光る粒子等様々な機能を持つ粒子が作られ流体の温度場、速度場の測定に用いられている。中空粒子は1960年代よりマイクロカプセル、選択膜、軽量材料の開発等において実用化されており、サイズは1ミクロンから10mmまでに亘る。また中空粒子は二種の液体間の分離作用、ポンプ作用、熱交換作用を持ち人工臓器(特に人工肝臓)としての応用の可能性がある。こうしたさまざまな機能を持った粒子は知的機能性流体の開発に大きく役立つと考えられる。また熱交換器等に関連して微小な氷粒子を用いた氷蓄熱技術、熱搬送技術も開発されている。氷を微粒子にして水と混ぜ合わせることによって極めて大きな熱容量を持つ機能性の流体として用いるものである。また、氷の代わりにさまざまな熱容量、熱伝導率等を持つ物質を封じ込めた微粒子を用いて高機能の蓄熱、熱搬送流体を開発する試みもなされている。

上に述べた実用化された技術もようやく応用の緒に就いたばかりであり、今後知的機能性流体をはじめ幅広い領域に応用が可能である。従ってこうした萌芽的技術の学問的基盤を強化する基礎研究が必要であると共に、個々の領域において開発された技術情報を相互に交換し、その統合を図ることによって、より高度の知的機能を持った流体の開発が可能となるのではないかと考えられる。

また、実用化には至っていないが、基礎研究のレベルでは極めて興味深い成果の得られているものも数多くある。即ち高分子機能性ゲルを用いたアクチュエータの開発、糖鎖認識を利用したドラッグデリバリーシステムの開発、マイクロエマルジョン、ミセルを用いた機能性流体の開発等である。高分子ゲルは三次元網目構造を持った高分子が液体を含んだ物質であり、溶媒組成、pH、温度等によりゲルの体積が極めて大きく変化する等多くの興味深い特性を示す。流体としての応用はまだなされ

ていないが医薬品等に既に実用化されているものも多く、ロボットの触指など生物に近いアクチュエータ等の広い範囲の応用可能性があり、知的機能性流体への応用も高いと考えられる。多糖類を含む糖質の特異な性質を生かし、それを薬効成分に付加して薬物を目的の部位に送達するシステム(薬物送達システム、ドラッグデリバリーシステム、DDS)が医薬の分野で開発が試みられている。微粒子体(liposome, microsphere)に薬物を包み込み微粒子体表面の構造を用い温度、pH、その他の性質により薬物の放出を制御する方法の開発が行われている。こうした研究は医学薬学分野だけでなく工学分野にも広く応用可能であると考えられる。マイクロエマルジョンは有機溶剤と水と界面活性剤により作られるマクロエマルジョンに短鎖アルコールを加えて出来る両親媒性分子流体であり、さまざまな興味深い機能を示す。応用としては、表面張力、熱伝導度、電気伝導度、粘性係数の特異な性質を利用したもの、難溶性物質の水への可溶化、触媒能、電化分離等の利用、感光剤、磁性流体等の製造、抽出、分離等があり実用化が試みられている。またこれに関連して微少量の高分子、界面活性剤のミセルまたはマイクロエマルジョンが流体の圧力損失、乱流遷移を大きく変化させることが知られており、流体制御への応用が試みられている。こうした、マイクロエマルジョン、ミセル等を含む流体も知的機能性流体の開発に極めて大きな貢献をすると考えられる。

これらの新技術はあと一步の研究開発努力によって実用化が可能であり、知的機能性流体を含め極めて革新的で有益な新技術となり得るものである。同時にこうした知的機能性流体等の実用化を可能とするためには、異なる学問分野、工業分野の研究者、技術者が様々な視点から研究開発に協力する事が極めて重要である。

以上、混相流を用いた知的機能性流体の開発は今将にその幕開けを迎えようとしており、将来に亘って極めて大きな潜在的可能性を持ったものであり、その実用化の為には、今後一層の学際的な研究協力と情報交換が不可欠である。