流体工学はどこへ向かう？

New Frontiers of Fluids Engineering

大橋 秀雄

Hideo OHASHI

- 1931 年 5 月生まれ
- 流体工学，特にターボ機械内の非定常流，二相流，流体力に関する研究に従事
- 正員，東京大学工学部（〒113 東京都文京区本郷 7-3-1）

1. 流体工学，その現実

いまから 20 年ほど前までは，流れの数値予測が今日ほどの段階に達するとは誰も想像していなかった。当時は，理解の助けにはなっても現実問題の定量的判断にはあまり役に立たなかった理論と，膨大な実験結果に基づいた相関式によって設計を進めざるを得なかったのである。学生時代に習った流体力学を思い出すまでもなく，理論とは球や円柱，ジュコフスキー翼形など，特殊な形状の物体が特殊な条件下でもつ解を扱う学問であった。

計算機による数値予測の効用はまず構造物の設計で発揮されるようになったが，熱流体の分野でも徐々にその効力を現しつつある。複雑な三次元物体回りの流れが，種々の仮定やモデリングの導入があるとしても，研究レベルでなく業務レベルで設計時点で予測ができるようになったのは極めて大きな前進である。

研究の成果がすばやく現場で応用され，また現場から提起されるさまざまな疑問点が新しい研究を励起する状態，すなわち研究と応用がフィードバックの太いループで結ばれているのが最も好ましい状態である。流体工学をこの視点から眺めると，上述のループが必ずしもうまく閉じていない

ことが多い。すなわち，研究の成果が現場に波及するのが遅く，また現場で起こっている新しい問題に研究が追いついてゆかないのである。

前者の例を挙げれば，今日ほど構造解析，振動解析，熱流体解析の可能性が広がっているにもかかわらず，一部の企業の一部の部門を除けば，相変わらず前近代的な一次元設計や相関設計が現場で幅をきかせていることである。各所で起こっている流体機器のトラブルやクレームの中味を知るたびに，技術の先端と末尾のギャップの大きさを痛感する。

後者の例は，例えば IC 製造プロセスに関係する流れの問題で顕著に表れている。日進月歩の製造技術は，経験と試行錯誤を頼りに流れを巧みに制御，利用しているが，現象の解明は積み残されたままのことが多い。

流体工学は，生活に密着した学問，今風に表現すればアメニティーの学ともいえる。古くは治水・水道から始まり，近年のエネルギー確保に至るまで，人々の生活を支え，安全を守り，環境を整えてきた歴史がある。これからの流体工学がいかに極限を拡大していても，研究の先端と応用現場との好ましいループ関係をしっかりと確保して，あくまでアメニティーの学であり続けることがたいせつだと思う。

2. 流体工学はどこへ向かう？

従来の流体工学は，均質な連続体で流れ場における物性値の変化が少ないたちのよい流体をもつばら対象にしてきた。そのような流れでも，粘性と圧縮性の両方を考慮するとまだ全貌をつかみき

図1 流体力学の樹

れたとはいえないが、今後実験、数値予測、画像表示などの戦力を有効に組合わせてゆくと、おそらく21世紀の始まりまでには乱流を含めて実用上十分な理解と予測能力に達すると思われる。ベルヌーイやオイラー以来、数知れない研究者達が200年余にわたって取組んできた均質連続体流体力学もようやく先が見え始めている。

本号「流体力学、その極限を探る」は、今後流体力学の中心となるであろう新しいフロンティアを選んで現状を紹介している。それらはいずれもナビエ・ストークス方程式のみでは扱えきれない領域に踏み込んでおり、挿絵に示すように、均質連続体を対象とする伝統的流体力学の樹幹から分かれて新しいターゲットに向かって伸びてゆく支幹に相当している。それらを敢えて分類してみると、次の二つの方向に大別される。

(1) **ミクロの方向** 連続体の枠を越え原子、分子レベルの支配方程式から流体の挙動を明らかにするもので、今後いちだんと応用が広がって来る高真空中の流れ、イオンやプラズマの流れ、反応を伴う流れなどが、新素材の合成や微細加工と関連して重要となる。

(2) **複雑マクロの方向** 微細なマクロ的構

造をもつ流れ（超微粒子混合流れ、生体流れ）、混相流や多相流、粘度や比熱など物性値の局所的変化が大きい流れ（高せん断流、極超音速流）、物性値を制御する流れ（磁性流体）、パラメータがきわめて多い大規模流れ（大気、海洋）など、流体自身は連続体と仮定できてもその構成が複雑な流れが解明を待たれている。

以上の方向とは別に、交通流や宇宙における天体の流れのように、個体群としての移動を仮想の流れとしてとらえるシミュレーション技法も流体力学の一分野として定着してこよう。また奇想天外な基本方程式をつかって幻想的な架空の流れを楽しむお遊び流体力学も誕生するかも知れない。

現場サイドから流体力学を見るとき、そのアキレス腱は設計問題、あるいは逆問題にある。数値流体力学に注ぎ込まれるエネルギーの一部が、今後この方面に向かうことが期待されている。

3. あとがき

たちのよい流体に対してはそろそろ流体力学の山が見え始めてきたが、あとにはたちのわるい流体がたくさんひかえている。流体力学の前途にはまだまだ未開のフロンティアが広がっている。ここしばらくの間、流体力学のけん引力は計算機と算法の進歩によるところが大きかったが、これからは再び現象をいかに定式化するかという物理主体の方向に回帰し、実験の重要性が再認識されるだろう。新しい問題と取組むには、境界領域に積極的に入込むことが必要であるが、これら多くは熱工学の関心分野と重複することになるので、従来のような流体と熱との棲み分けの構造はだんだんと薄れてゆくことだろう。

(原稿受付1989年6月27日)