

熱力学は一般の人にとって近寄りたがたい分野の一つだろう。しかし、限りなく大きな恩恵を私たちにもたらしてくるもので、振り返りたい。

18世紀後半から19世紀にかけて蒸気機関が発明され、実用化に向けて改良や新たな開発も目覚ましく進んだ。ただ、サイエンスの成果がテクノロジーの新局面を開いたものではなかった。

そのサイエンスでは、15世紀から研究されてきた気体の性質が19世紀初めにフランスのゲイ・リュサックによって理想気体の性質を記述する「ボイル・シャルルの法則」としてまとめられた。これら2つが近代科学技術で結びついた。

1820年代になると、同じフランスのカルノーが熱機関の原理説明を目指し、断熱膨張・収縮と等温膨張・収縮の4つの可逆的な過程に分けて整理した仮想熱機関「カルノーサイクル」を研究した。そこには熱力学第2法則とエントロピー概念が示され、本格的な熱力学の芽生えがあったのだが、カルノーが36歳で早世したため、重要性が認識されるには時間がかかった。熱力学は熱や物質の輸送現象などをマクロ的性質として扱う。それはアボガドロ定数程度の多数の分子からなる物

平成 29 年  
5 月 30 日

## 熱力学 マクロ・ミクロ 統一の歴史

質のマクロ的物理量で記述される。具体的にはエネルギー、温度、エントロピー、圧力、体積、分子数、化学ポテンシャルなどだ。

これに対し、オーストリアのボルツマン、英国のマクスウェル、米国のギブズが分子の動きを平均化して扱い、ミクロな分子論の立場でマクロな熱力学現象を説明する理論、統計力学を構築した。その要点は以下の通りだ。

物質はミクロに見れば複雑な運動をする極めて多数の粒子の集まりだ。その運動は確率的に扱うことができ、マクロ物理量はミクロ物理量の平均となる。統計力学はこの立場から、原子レベルにおける力学法則と確率論を結合させた統計的法則として、物理法則を導き出す。これにより、熱力学の諸概念が分子論で説明されることになった。

20世紀初頭のアインシュタインによるブラウン運動の定式化と、フランスのペランによるコロイド溶液における沈降平衡およびブラウン運動の観測は、分子論の正当性を示し、確率過程論や統計物理学の応用発展を確固たるものにした。ここにマクロ・ミクロ両世界の学問が一貫して統一されたのだ。

(東京大学名誉教授

和田昭允)

勉強でもスポーツでも「基礎をしっかりと」「基本を勉強せよ」とよくいわれる。なぜだろうか。そもそも基礎・基本(以下基礎)とは何か。それは物事の全体が成り立ってゆく流れの最上流にあって、それがないと完成までの一連の作業工程に入れないものだという。

建築の世界で基礎といえは建物の土台だ。建築物はそれ自体の重さのほか、人や家具などで床にかかる重さ、地震や風によって生じる重さなどさまざまな力に対応しなければいけない。

地盤に固定しなければ不安定きわまりなく、「砂上の楼閣」になってしまうからだ。しっかりと固定するのが基礎構造物で、その施工を基礎工事という。この例は工学的だが、全てのものごとに基礎があると考えれば間違いない。

基礎科学は学問の基礎を扱い、人文科学、社会科学、自然科学がある。その自然科学の基礎が理学で、物理学、数学、化学、生物学、地学、天文学などが含まれる。工学、医学、農学、薬学などの全領域に、知識という水を流す実験および理論的研究をする役割も担っている。

数学は自然現象を直接の対象としないし、実験や観察もないから含めないという考えもあるが、私は反対だ。数学

平成 29 年  
6 月 6 日

## 基礎をしっかりと すべての成功の秘訣

は基礎科学の強力な武器だからだ。

基礎定数という言葉もある。これは対象の種類や状態に関係なく物理学の基本法則に特定の値をもってあらわれる数字を指す。光速、電気素量、陽子質量、電子質量などだ。

基礎産業は文字通り一般の産業の礎だ。鉄鋼業やエネルギー産業、機械工業、化学工業などが含まれる。ただし、基礎生産者は人間ではない。プラントのことで、人類社会も含めて地球上に生命を繁栄させているそもその基礎だ。植物プラントンは光合成で有機物を作って増殖していく独立栄養生物であり、最も主要な1次生産者だ。

人が元気に暮らしていくためにはさまざまな栄養素を体に取り入れる必要がある。基礎食品は健康増進のために栄養素のバランスをとるための分類だ。6つの基礎食品群とは①魚、肉、卵、大豆製品②牛乳、乳製品、海藻、小魚③緑黄色野菜④淡色野菜、果物⑤穀類、イモ類、糖分⑥油脂類、脂肪の多い食品だ。冒頭の「基礎をしっかりと」に戻ると、物事の流れを正確に解析して基礎を理解し固めることが、あらゆる場合に成功に至る秘訣だ。

(東京大学名誉教授

和田昭允)

われわれは森羅万象が発する膨大な情報を様々な方法で検出し、それによって生き延びている。それらの質と量で個人生活、企業活動から国家運営にいたるあらゆる活動のレベルが決まる大事な作業だ。その情報を取り出して伝送するシステムの最前線にいるのがセンサーだ。検出器、トランスデューサー、変換器などともいわれる。

センサーは自然現象や人工物と直接向き合い、機械的・電磁的・熱的・音響的・化学的な空間情報・時間情報を科学的原理を応用して人間や機械が扱い易い信号に置き換える。伝送、記録、処理しやすい電気信号が主流になっている。

接触など力学法則に基づくセンサー素子の特性は、対象の形状・寸法によって決まるので構造形と呼ばれる。物質の性質を検出する素子は物性形と呼ばれる。また、対象に接触させて信号を取り出すセンサー素子は接触形、接触させずに信号を取り出せるものは非接触形だ。

## センサーの信号 精度など信頼性が重要

単に物理量の変換だけでなく、線形化、補償、誤差の軽減あるいは消去、複数信号の総合演算をする機能を持つものが、それらはスマートセンサーやインテリジェントセンサーと呼ばれる。なお、センサーの出力信号は表示、制御、あるいは警報などに用いられるので、センサーへの入力がないときには0で、入力に比例した出力信号が得られることが望ましい。

センサーは現代社会のあらゆる分野で活用されている。自動車・鉄道・船舶・航空などの交通システム、機械・化学・農業・土木・エネルギーなどの産業ビジネス、医療・防災・住宅・防犯などの生活環境、宇宙・ロボットなどのハイテク領域において、信頼され大活躍している。

センサーが発する信号は大きな影響力を持っているだけに、信頼性の確保が非常に重要だ。このため精度、再現性、時間的安定性などに最大限の配慮がされている。

(東京大学名誉教授

和田昭允)

平成 29 年  
6 月 13 日