

物質科学を学ぶための
統計力学の基礎事項

名古屋大学大学院・環境学研究科
名古屋大学理学部・地球惑星科学科

教授 川邊 岩夫

-

(2009年3月31日)

はじめに

統計力学は、物質科学を専攻する学生にとって習得すべき基礎科学の一つである。しかし、現実には、統計力学や熱力学は「面倒で、判りにくい学問」として敬遠されるようである。若者の理科離れ、教養部制度の改廃、大学のレジャーランド化、学問分野の分化と多様化、などが進む中で、物質科学の基礎を習得することなく理系の学生・大学院生時代を過ごす日本の若者が少なからずいる。このような現状を少しでも変えたいとの思いから、物質科学を専攻する理系学部学生を念頭に、統計力学の基礎事項をまとめてみた。統計力学と熱力学とは表裏の関係にあることも考え、通常は熱力学で扱う基礎的事項も取り上げることにした (§5 と §13)。また、統計力学の中で使用される積分、確率、統計、ラプラス変換、未定係数法、などの諸定理や電磁気学に関する個別事項は附録 1~11 として別途に記述した。「統計力学の大枠」の理解を優先する為には、このような形で分離しておいた方が良いと考えた。

筆者は統計力学・熱力学の専門家ではなく、理学部地球科学科の地球化学という分野の研究者・教育者である。学生・院生の時代からこれまで、自然界の無機化学物質・溶液に関係する熱力学や同位体化学統計の問題などを考えてきた。筆者が学生であった 40 年ほど昔、学部や大学院での教育は熱心に行われていた訳ではなかったこともあり、学部学生・院生時代の筆者にとって、必要な知識は独力で習得するのが当然であった。そのため、必要に迫られて自ら統計力学・熱力学も学んだ。その中で何度となく理解の困難に突き当たった経験がある。この経験は、多分、物質科学を学ぼうとする多くの日本の若者が日々経験している困難とも共通するのではないかと思う。現在では、学部学生向けには、統計力学の専門家が著した良い日本語教科書も多く出版されているので、その学習も容易になった。しかしながら、このようなテキストも、非物理系の諸分野で物質科学を専攻する学生にとっては、やはり敷居の高い教科書に映るらしい。統計力学の専門家の方々は、多分、非物理系の学生が遭遇する理解の困難は経験することは少なかったであろうと推察する。この違いを非物理系の学生は過剰に感じ取っているのではないかと思う。このような虚像とミスギャップを払拭したいとの思いから、大学入学時の理系 1 年生の平均知識を前提にして、この講義録を執筆してみた。筆者は「化学熱力学」の講義も担当しており、そこでは統計力学に関する追加資料も準備してきたので、これらも利用するこ

とにした。

基礎事項シリーズの自己流講義録としては、「量子力学」、「解析力学」、「電磁気学」に続く四番目である。筆者自身は「地球化学」や「化学熱力学」の講義を毎年担当しているものの、上記の4分野の講義を日常的に担当している訳ではない。しかし、「熱力学」、「統計力学」、「解析力学」、「電磁気学」、「量子力学」は、物質科学の基礎であり、必要に応じて繰り返し何度も学ぶ必要がある。これは教える側に立つようになって同じである。筆者の経験からしても、日々念頭にある具体的研究テーマも、これら物質科学の基礎に立ち戻って再考することで、解決策が得られることも少なくない。本来は、「〇〇系」などという自己規定の自縄自縛に陥る必要はない。そんなことより、「物質科学の基礎」を繰り返し学び、確かな知識とその理解を累積してゆくことの方がはるかに大切である。「統計力学」もこのような視点から俎上に載せてみたいと思い、この講義録となった。

執筆の直接のきっかけは、書店の店頭で B. Widom 著(甲賀研一郎 訳) (2005)「化学系の統計力学入門」(化学同人)を見つけたことである。コンパクトで良く書けたテキストである。しかし、D. リンドリー(2003) (松浦俊輔 訳)「ボルツマンの原子：理論物理学の夜明け」(青土社)を読んだ後であったためか、Widom のテキストが Maxwell-Boltzmann 分布を前提にして議論を始めていることが少し気になった。「化学系の統計力学入門」であっても、「Maxwell-Boltzmann 分布に至る過程や Planck が Planck 分布にたどり着く歴史的経緯も含めて議論するテキストがあってもよいのではないか？」との思いが頭をもたげた。これらの歴史的経緯を学ぶことは、「統計力学」、「熱力学」、「解析力学」、「電磁気学」、「量子力学」などの横断的つながりを理解する助けになると信ずるからである。物質科学の基礎やその一分野としての統計力学・熱力学をもう少し勉強してみたいと考えてはいるものの、その実行に困難を感じている学生諸君や嘗ての学生諸君を支援する教材になればと願っている。

2009年3月31日

川邊 岩夫