



科学リテラシー（市民の科学的教養）としての熱力学

群馬大学名誉教授 滝沢 俊治

1. はじめに

上記の表題は、2008年に日本熱測定学会がつくばで開催した「熱力学のいま」と題するシンポジウムの際の私の報告と同じです。「熱測定」の専門家で構成する学会が理科教育の問題を取り上げた背景には、当時の改定された「中学校理科学習指導要領」からは「熱と温度」の項目がすっかり抜け落ちていたことがありました。ここで直接その当否を議論する前に、そもそも戦後に作られた「学習指導要領」はどのようなものだったのか、振り返ってみます。

2. 戦後の教育改革では「例示」に過ぎなかった理科の「学習指導要領」

1947年に制定公布された旧教育基本法の根本理念は「個人の尊厳」、「自発性」の尊重でした。その理念の下、理科の指導要領は「学習の目標がはっきり定まっている場合、その目標までに行く道はいくつも考えられる。教師の立場から見れば、どの道が楽か、どの道がおもしろそうか、どの道が一番理解できそうかなど、いろいろ考えて授業の方法を研究すべきである。これを強調し、盛んに研究をする機運を作るために、研究の手引きをここに編むことになった。」として教師の工夫を尊重していました。

これに対して現行の中学指導要領（理科）は、第一分野（物理・化学）の「物理」の目標を、「物質やエネルギーに関する事物・現象に進んでかかわり、観察・実験技術を習得させ、身近な物理現象、電流とその利用、運動とエネルギーなどについて理解させ、これら

の事物・現象に対する科学的な見方や考え方を養う」とし、扱わねばならない対象をうんざりするほど事細かく指定しています。

3. 「熱と温度」の項目が現行の中学校理科学習指導要領から欠落している事への関連学会等での批判

2002年、鳴門教育大学の武田清氏は「新学習指導要領の実施と問題点」と題したコメントを熱測定学会誌に発表し、「中学校で熱量などの物理現象を定量的に扱わなくなったことなど、新学習要領は基本的物質観を形成する上で障害を含んだものとなっている」と指摘していました。

また同じ2002年、東京大学の兵頭俊夫氏は、「新学習要領の問題点」というレポートの中で、「熱の分野は生徒の理解が困難な内容のリストに上がりやすい。しかしそれを（高等学校の物理でやるからという理由で）安易に削除してよいというものではない。エネルギーや環境の議論を支える重要な分野なのだから、むしろ適度な重複で十分な理解を与える必要がある。」と述べました。

4. 専門学会での批判が理解できない「理科学習指導要領」作成者

たいへん気がかりなのは、中学理科指導要領を作成する人たちが果たして熱現象を、その科学的認識の歴史的発展を含めて正しく把握しているかどうかという点です。今年になってまた学習指導要領の全面改定が行われ、中学理科の改定案の新旧対照表も公表されています。それによると第一分野（物理・化学）

の目標は「物質やエネルギーに関する事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す」として功利的精神論を強調していますが、ここで私が問題であると考えるのは「物質」と「エネルギー」という概念を単純に並列している思考様式です。「物質」、「熱」、「エネルギー」さらには「エントロピー」、これらは並列でなく、「仕事」という量を介してダイナミックにとらえることによってはじめてその本質に迫ることができる概念です。

5. 科学リテラシー教育における「熱」の教育 —アメリカ科学振興協会(AAAS)の提言

アメリカの上記協会は科学リテラシーとしての「熱の教育」について以下のような重要な提言を行っています。

〈「エネルギー」という言葉は日常生活に入り込んでおり子供たちも日常生活で普通に使っているが「熱」のエネルギーという概念の把握は、「熱」と「温度」の概念を混同している生徒にとっては驚くほど困難である。多くの時間が「熱」と「温度」の定義とそれらの区別に割かれるべきである。エネルギーに関して必要とされる知識は、第一にエネルギーの変換、第2にエネルギーの保存、そして第3はエネルギー変換が起こるときの熱の発生である。

これらの教育は、生徒の発達段階に応じてなされるべきである。例えば3-5学年では、①二つのものをこすり合わせると、それぞれ熱くなること。また機械や電気の部品は熱くなること、②熱いものと冷たいものをくっつけると、熱いものは冷たく、冷たいものは熱くなること、③この接触により「熱」が流れること、などが設定されている。

このような段階を踏んで12学年の最後に、生徒は、①ある場所でのエネルギーの減少は、他の場所での増加を引き起こすこと（エネルギー保存則）、②あるシステムの規則性を維持

または向上させることができるのは、それと別のシステムの規則性が損なわれるときだけである（エントロピー増大則）、③システムの「熱」エネルギーは、そのシステムを構成する原子や分子の不規則な運動に関係している、などのことを理解しているべきである。〉

6. 日本における同様な科学教育の提言

日本学術会議は、冒頭で紹介したシンポジウムが持たれる頃まで、日本の科学教育の在り方を総合的に検討して提言を行ったことはありませんでした。しかし同じその年に学術会議が後援した150人の科学者によるプロジェクトチームの総合報告書がだされ、その中で、上記のAAASが提言したような、エネルギー保存則とエントロピー増大則の教育方法を提言しました。しかし残念なことにその報告は文科省の「学習指導要領」に影響を与えることなく現在に至っています。

種々の指標からみて日本の科学研究体制が急速に衰退しつつあると、最近、岩波の「科学」や英国の「ネイチャー」のような自然科学総合雑誌が指摘しています。私は、現行の学習指導要領による理科教育そのものが青少年の科学研究への意欲をそぎ、そのことも上記の衰退に拍車をかけるのではないかと危惧しています。

