

十九世紀後半におけるJ・R・マイヤーの再評価

—T・グロスの場合—

杉 山 滋 郎

J・R・マイヤーは、今日でこそ、ジュールやヘルムホルツと並ぶ、エネルギー保存則の同時発見者として知られ、一定の評価を獲得している。だがその彼も、十九世紀中は、発見の先取権をめぐる争いもあって、毀誉褒貶の入り混った評価を受けていた。Carl Friedrich Theodor Gross は、マイヤーの先取権を認め、かつ彼の研究方法も高く評価すべきだ、との立場から、こうした論争に関与した。⁽¹⁾

この小論では、まずグロスの著作 *Robert Mayer und Hermann v. Helmholtz. Eine kritische Studie*, Fischers technologischer Verlag, Berlin, 1898 について詳細に検討し、さらに、彼の主張を当時の文脈の中に位置づけることにより、先述のいわゆる先取権論争には、単なる発表期日の確定をめぐる争いとしては、あるいは、個々の科学者がどのような理論内容をどれだけ明確に定式化したかということの認定をめぐる争いとしては捉えきれない要素があることを指摘したい。

(一)

マイヤーに対し向けられる大きな批判の一つは、彼が形而上学に深く関与していたというものである。そうした批判の際に槍玉に挙げられるのが、マイヤーの一八四二年論文のごく最初の部分である。

力は原因である。したがって、原因は結果に等しいという根本原理が完全に適用される。原因cが結果eをもてば $c \parallel e$ であり、さらにeが別の結果fの原因ならば $e \parallel f$ である、という具合にして $c \parallel e \parallel f \dots \parallel c$ である。原因と結果の連鎖においては、等式の性質から明らかのように、一つの項あるいはいくつかの項が零になることはできない。あらゆる原因のもつこの第一の性質を、われわれは原

因の不滅性とよぶ。⁽²⁾

マイヤーの議論のこの部分をとりえて、マイヤーは形而上学的命題から力(エネルギー)の保存を論証するのみであり、経験科学の手法から逸脱している、というのがそうした批判の骨子である。

この種の批判に対し、グロスは二重のマイヤー弁護論を展開する。一つは、マイヤーは形而上学と無縁な自然研究者であったとの立論であり、もう一つは、とはいえ「原因は結果に等しい」などの命題がマイヤーの議論において効いていないというのではなく、或る種の積極的役割を演じていることの指摘である。前者から見ていこう。

グロスの言うには、因果法則についてのマイヤーの解釈は、現象的自然に関するものである。自然界のいかなる生成も消滅と結びついており両者の量は等しい、というマイヤーの主張は、真もしくは偽なる主張であり、したがって断じて形而上学ではない、というのである。⁽³⁾⁽⁴⁾ (一〇)マイヤーは多様な観察結果に基づいて得た関係に因果性の名称を付与したのだから、帰納が不充分であるとか名称が不適切だと彼を批判することはできるにしても、とグロスは言う。

だが実は、「マイヤー以上に形而上学と無縁な自然研究者はいない。」(二〇) 彼の自然把握の原則は「事実を事実で説明すること」であった。グロスはこう断言し、返す刀で、ヘルムホルツこそ形而上学的であったと論難する。ヘルムホルツは、「究極原因」や「現象の背後にある」ものを考察するからである。⁽⁵⁾ (二〇—二二) たとえば究極原因について、それがありえないことを、グロスは次のように論ずる。究極的とされる原因は時間的に変化しないものでなければならぬ。さもないと、その変化自体の原因が別に存在することになり、「究極的」との仮定に反するからである。ところが究極原因が一定不変だとすると、究極原因は、その原因の結果として生起する出来事を規定できないことになってしまう。昨日も今日も明日も同一のまま原因が、或る出来事をほかならぬこの今に惹き起こす必然性がなくなるからである。「それゆえ自然界の現象の原因もまた、時間的な変化でしかありえない。」⁽⁶⁾ (八三)

「現象の背後」に分け入ることなく「事実を事実で説明する」ことに限定したと、マイヤーにおける実証主義を強調するグロスの議論は、熱の本性についてのマイヤーの解釈を擁護する議論とも連動している。グロスは言う。有名な大砲の中ぐり実現で、熱の本性は運動であること、すなわち熱運動説を示そうとしたランフォードは、「感覚されるものの感覚しえない原因」(三一)を実験的に探究しようとした。それに対しマ

イヤーは、熱と運動は因果的に結びついていると結論し、両者間の量的關係に着目した。「それは、物理学研究の課題についての理解におけるかなり大きな進歩であった。」(三一) 物理学研究の課題は、自然現象のいわゆる本質を説明したり、感覺されることがらを推測的な原因に帰着させることではなく、感覺される事実の間の量的關係を打ち立てることだから、というのである。

このような、マイヤーは実は形而上学的ではなかったということ強調することによって彼をエネルギー保存則発見史上の重要人物として浮上させようとする企ては、なるほどグロスに固有のものではなかった。たとえばE・マッハは『熱学の諸原理』⁽⁷⁾でマイヤーについて次のように論評する。「この報告〔マイヤーの一八四二年論文〕はマイヤーのユニークさを存分に發揮したものであって、ほぼその全体にわたって、物理や数学で普通に行なわれている用語法にそぐわない」⁽⁸⁾し、「一般的で形式的な命題を出発点として、そこから、物理的妥当性の付与されるであろう帰結を引き出すとしている……」⁽⁸⁾と述べ、彼が形而上学的と評されかねないことを承認する。その上でこう言う。

当然のことながら、ア・ブリオリに成立している命題で、そこから自然の性質を導き出すことができるようなものは存在しない。しかしながら私は、特定の研究に先立って、或る形式で把握することへの欲求を抱くことができるし……。

私は、マイヤーの知的状況にわが身を移し変えてみようとした末に、マイヤーの学説は形式への欲求に起源をもつという見解を抱くに至ったのである。……私の見解に同意してくれる人は、マイヤーの学説の△形而上学的▽基礎づけについて語ることはもうしないだろう。⁽⁹⁾つまり、マイヤーにおける形而上学的命題は、発見の文脈におけるものであって正当化の文脈には關係ない、したがって「科学者」マイヤーを傷つけるものではない、というのである。

マイヤーに貼られた「形而上学的」とのレッテルを剥がそうとする限りでは、グロスはマッハと一致する。だがグロスは、マッハとは違って、マイヤーにおける「形而上学的」命題をもっと肯定的・積極的に評価しようとする。それが、前に述べた「二重の弁護論」のもう一面である。が、論述の都合上、この点は(三)節に廻し、ジュールに対するグロスの評価をまず見ておこう。

(11)

ジュールは十九世紀中葉以来、熱の仕事当量を形而上学とは無縁に実験的に確立したという点で、科学的方法に模範的に従った人物として――

マイヤーとの対比で——評されることが多い。そのジュールによる熱の仕事当量の実験的算出にまつわる問題点を、グロスは大きく四点にわたって、マイヤーの方法と対比しながら指摘している。(以下の順序は、グロスの論述の順序とは違う。)

(ア) 熱の仕事当量を求めるマイヤーの方法は逆転しうるのに対し、ジュールの方法は逆転しえない。

マイヤーは、次のようにして気体の定圧比熱 C_p と定積比熱 C_v の差から熱の仕事当量を算出する。一定量の気体の温度を圧力一定のまま単位の温度だけ上昇させるのに加えるべき熱量 C_p は、

$$C_p = U + W \dots\dots\dots ①$$

で与えられる。ここで U は、加えられる熱量のうち気体の温度を上昇させるのに要する分であり、 W は膨張に際して気体が外に力学的仕事をすのに要する分を表わす。また、同量の気体の温度を体積一定のまま同じく単位の温度だけ上昇させるのに加えるべき熱量は、——今度は気体は膨張しないので——①式の U に対応する U' だけを用いて、

$$C_p = U' \dots\dots\dots ②$$

で与えられる。ところが、実は $U = U'$ であるから、①と②式より $C_p - C_v = W$ が得られる。ここで、左辺の $C_p - C_v$ もとをただせば C_p と C_v のそれぞれは熱量の単位で実測され、右辺の W は仕事の単位で実測されるから、熱量と仕事それぞれの単位の量的関係、すなわち熱の仕事当量が求まる、という次第である。

今述べたのと逆の過程を考えて、問題となっている量的関係を求めることもできる。つまり一定量の気体に外から仕事をして圧縮するとともに、気体の温度を単位の温度だけ下降させる場合を考えるのである。たしかに、マイヤーのもとでの方法は、準静的な過程、したがって可逆的な過程に対して①式を適用しているのであるから、「逆転しうる (umkehrbar)」ことは間違いない。

それに対し、熱の仕事当量を求めるジュールの実験方法は、磁電機械を機械的に回転させてジュール熱を発生させるにしろ、流体を細管中に流したり羽根車で攪拌したりして摩擦熱を発生させるにしろ、いずれの方法も非可逆過程を含んでおり、「逆転しうる」ものではない。

この点にグロスは、マイヤーの方法のジュールの方法に対する長所を認める。マイヤーの方法では、熱から仕事への転換過程における量的関係と仕事から熱への転換過程における量的関係の両方を求めることができ、熱の仕事当量ならぬ仕事の熱当量 (das Arbeitsäquivalent der

Wärme) も求めることができる、というのである。したがって、「両方の測定が相互に補充しあつて、熱と仕事の当量が確実に証明される。いつてみれば、化学において物質の組成が分析と総合によつて確定的に示されるようにである。」(四一) この(ア)の論点は、熱と仕事との關係を實驗的に求めるといふ土俵の上での、マイヤーとジュールの方法の比較に関するものである。

(イ) ジュールは熱運動説を仮定している。

グロスはジュールの方法について、こう言う。「それゆゑ、彼の行なつた實驗について解釈するときには、次の仮定、すなわち、摩擦によつて生じた分子運動のすべてが熱であること、そして、ことによるとそのほかに未知の様式の別の分子運動がそこにおいてかなりの量で生ずる、ということはない、との仮定が基礎に置かれている。いずれにしろ、摩擦の本性が今でもなおいかに未解明であるかを考えてみれば、きわめて大胆な仮定である。」(四十) ここでグロスは「未知の様式の分子運動」で、 Δ 温度の上昇に直接的には結びつかない類の運動 V とも言うべきもの(たとへば膨張による、分子間力に抗しての運動)を想定しているように思える。もしそうだとすれば、グロスは誤解していると言わねばならない。熱と仕事との量的關係は、同一の物体において一定の温度上昇を惹き起こすのに必要な熱量と仕事量との關係として求められるのであつて、外からなした仕事の一部が「未知の様式の分子運動」に転換して温度上昇に結びつかない、ということがあつても構わないからである。⁽¹⁰⁾だが、グロスの熱運動説に関連しての批判はこの点に尽きるのではない。先に引用した文の直前で次のように述べていることから窺えるように、むしろ、熱の仕事当量あるいはエネルギー保存則を、疑わしい熱運動説で基礎づけることへの批判こそが、彼のジュール批判の核心だつたと解すべきであらう。

……ジュールの實驗においては、いずれにせよこすれあう物体が分子運動の状態に置かれた。……ここで人は言うであらう、分子運動がまさに熱を構成するのだと。しかし、そのことがなお証明されるべきであつた。(四十)

その他の箇所にも、熱運動説への批判が頻出する。ただし、今日のみで見たとき、ジュールが熱運動説に導かれて實驗的研究を展開したことは疑いえないにしても、⁽¹¹⁾彼が熱運動説によつて自説を基礎づけていた、したがつて彼の實驗結果は熱運動説と切り離しては解釈しえないものであつた、とは言い難い。だがこの小論での議論においては、グロスが前述のように解したという事実こそが重要なのである。

グロスは、「事実からの推論結果と事実とは、二つの別のものである」(四二)ことを強調する。彼によれば、或る状態にある気体の圧力、温

度、体積は、直接に感覚できるものであり、実験事実である。それらの間の関係を表現するポイル・シャルルの法則なども実験事実である。だが一群の実験事実から推論される、未だ感覚していない原因は実験事実ではない。したがって、力学の落下法則は実験事実だが、落下現象を説明する重力 (Schwerkraft) は、それが存在することは間違いないにしても、事実ではない。同様に、直接に感覚できない熱運動も事実ではなく、事実からの推論結果である。だから、W・トムソンとP・G・テイトが、「熱は運動である」というのはまぎれもなく「実験事実である」と解したのは「まったくのナンセンス」だ、ということになる。

十九世紀後半において、熱運動説を採る科学者がその根拠として好んで挙げた実験事実は、先にも挙げたランフォードの大砲の中ぐり実験およびデイヴィの氷をこすり合わせる実験である。今日の科学史記述では、これら「勝利者」たる科学者による再構成的歴史記述に対し、ランフォードやデイヴィの実験は決して熱運動説を決定的に確証したり熱物質説を反証したりするものではなかったことが強調される。しかるにグロスは、デイヴィの実験が、熱が物質でないことは示したと解したうえで、⁽¹²⁾ だが、だからといって熱が運動であることが示されたのだろうか、と問うて次のように答える。

しかしながら、物質でないものはすべて運動である、言い換えれば、すべての力は運動力の筈だ、と仮定したときにのみそう言える。それは力学的な自然解釈 (die mechanische Auffassung) であるが、ところがその解釈自体がまた、あらゆる形態の力、それゆえ熱もまた、力学的本性のものであることを確認することによってのみ証明されるであろう。(四三)

つまり循環に陥っているというのである。

この点がまた、マイヤーの肯定的評価につながる。マイヤーは、熱の仕事当量の発見によって熱の非物質性は確実になったと考えたが、すべての形態の熱が運動だとは考えていない。「したがって彼は、熱の非物質的解釈と力学的解釈とを区別したのであり、以下に示すように、その点で彼は完全に正しいのである」(四一—四二)として、前述の熱運動説批判が続く。

要するに、熱運動説やいわゆる力学的自然観にコミットすることなくエネルギー保存則を確立した点で、マイヤーが高く評価されたのである。

(ウ) ジュールが各種の実験法で得た熱の仕事当量の値が相互に一致していない。

前述したように、ジュールは種々の実験法で熱の仕事当量を求めている。しかもそれらの値が相互に一致することをもって、熱運動説の有力な根拠とさえもした。熱運動説との関係は措くとしても、彼の得た値は実験法により最小は七七四ポンドから最大は八九〇ポンドの間にバラツキている。⁽¹³⁾この点を捉えてグロスは言う。「彼は自分の実験結果を処理する際にこれらの相違をあつさり実験誤差とし、熱の仕事当量は完全に一定不変であるとする。」「それぞれの当量値の差が誤差範囲内にあり、実験誤差でありうる、としよう。しかしだからといって、そうであるに違いないことになるだろうか。」(三九) グロスは、熱の仕事当量の値が完全に一定であることは「理想的極限」において主張しうることであつて、実験事実のみから主張しうることではないと言いたいのであろう。この事態を彼は、気体についてのボイルの法則が、現実の気体を極限まで理想化した理想気体においてのみ厳密に成り立つことと類比的に捉えている。(三九)

(エ) ジュールは、根拠を挙げることなく熱の仕事当量が温度に依存しないことを仮定している。

つまり、ごく限られた温度範囲において熱の仕事当量が一定であるという実験結果から、すべての温度領域においてそれが一般的に成り立つとして、ごく限られた批判である。それに対し「マイヤーには、温度の影響を調べる義務がない。というのは、比熱の差と気体のなす仕事との間に成り立つ関係式は、その式からマイヤーは熱の仕事当量を決定するのであるが、温度に全く依存しないからである。」(三八—九) だが、これは奇妙な主張だと言わざるを得ない。なぜなら、マイヤーの方法で仕事当量を算出するときの基礎となる定積比熱や定圧比熱の値、あるいは気体が膨張するときにする仕事は温度に依らない定数であること自体、実験によって確立されることであるから、以下の(三)節に示すグロスの指摘した問題点と同一の問題点が内包されるからである。グロスの論述にはこうした混乱や誤解が散見されるが、ここでは彼の議論の全体的な構成に着目したい。

(三)

前節の(ウ)や(エ)、あるいは(イ)での熱運動説への批判を通して、結局彼は、単なる実験事実群と、熱の仕事当量の一定性やエネルギー保存則といった普遍的命題との間に存在する溝を指摘していると解することができる。その限りでは彼は、素朴な経験主義に距離を置いていると言えよう。この点が(一)節で挙げた「二重の弁護論」のもう一方に関連してくる。

彼が言うには、熱の仕事当量の一定性やエネルギー保存則の根拠は、それらがボイルの法則のように経験法則であるという点だけにあるのではなく、それらに「論理的必然性」があるという点にも根拠がある。そしてこの点をマイヤーは当初から認識しており(四六)、この小論の(一)節冒頭に引用したマイヤーの一八四二年論文のごく最初の件では、エネルギーの保存を因果法則で基礎づけているのだ、とグロスは解する(七および四五)。その件は、次のようなマイヤーの研究上の原則を明瞭に示しているのだとされる。

論理が、力の不滅性という一般的要請を立て、経験が、力の転換を探り出して論理の要請を現実化する (realisieren)。 (三十)

グロスは、こうしたマイヤーの研究上の原則に仮託して、自分の科学観を語っているのである。つまり、単なる実験事実と普遍的法則との間の溝は、「論理」的命題により「基礎づける」という関係で埋められるというのである。

(二)節で見たように、グロスが形而上学を科学から排除しようとするのはいずれでもない。だが、右のようなグロスの解点からすれば、マイヤーを批判する人たちのいうマイヤーの「形而上学」は、無くもがなであるどころか、必要不可欠である。それは、排除されるべきものとしての形而上学ではもはやなく、溝を埋めるための「論理」なのである。この点で、グロスはマッハと路線を異にする。マッハは、マイヤーの形而上学を発見の文脈で肯定しようとするからである。この両者の違いは、形而上学一般に対するグロスの次のような批判の仕方にも反映している。

素朴な経験主義に立てば、既知の事実を整理し新しい事実を発見するのに役立つことが判った一般的仮定なら、どんなものでも妥当なものともみなすであろう。しかし学問についてのもっと高度な理解においては、我々は、我々が形而上学的と認めた仮説はいかなる場合といえども「したがって発見の文脈においても」容認しないであろう、その仮説が当面どれほど必要なものであろうとも。というのも、そうした仮説は、すべての真正な自然認識の諸原理に矛盾するからである。(九)

(四)

たしかに、グロスのいう、論理的命題による「基礎づけ」の意味、言い換えれば、その「論理」と経験との関係が何とも不明確である。彼は、「エネルギーの保存という抽象的原理は、経験によって初めて特定の内容を得る」(三十)とも言い換えるが、その原理自体の認識論上の位置

が不明確であることに変わりない。だが、自然科学者であるグロスに、これ以上の展開を要求するのは過酷であろう。ここではむしろ、これまで見てきたグロスの議論を、十九世紀後半においてエネルギー保存則発見の先取権論争との絡みでなされた、マイヤー再評価の一連の企てのなかに位置づけたい。というのも、グロスのこの書は、マイヤーとヘルムホルツが行なった研究についての批判的検討の書であるとともに、マイヤーの先取権擁護を目指した論争的性格をもつ書でもあるからである。

エネルギー保存則の三大(同時)発見者のうち、ジュールとマイヤーとの間での先取権争い、そして、それに対するグロスの論評には、イギリス人テイトが重要な役回りを演ずる。テイトは、マイヤーは実験的根拠なしに(二)節①式の U と②式の U' とが等しいと仮定して議論を進めているとマイヤーを批判した⁽¹⁴⁾。この批判を意識してのことであろう、グロスはこの点についてもマイヤーをかばおうとする。

$U=U'$ であることは、実は一八〇七年にゲイ・リュサックによる真空中への気体膨張の実験で示されていた。だが、彼の実験結果は一八四五年にジュールによって再発見されて初めて広く知られるようになったのであるから、マイヤーも一八四二年にはこの実験結果を知らないまま $U=U'$ を仮定したのだ、とテイトは想定したのである。だが、マイヤーは一八四一年九月のパウアー宛の手紙でゲイ・リュサックの実験に言及していることから見て、一八四二年論文に先立って彼の実験を知っていたと考えられる。この手紙は一八九三年に公刊されているから、グロスは当然この事実を指摘する。が、その事実を脚注に記すのみで、ほとんど重視していない。グロスはむしろ、ゲイ・リュサックの実験のごとき新たな実験がなくても、 C_p が一定であることから $U=U'$ が導けるのだと主張する。(三四—三五) グロスは誤解している。なるほど、気体が膨張していくときに内力が仕事をしないなら、 $U=U'$ が言える。だが、そのときに内力が仕事をしない、ということは、定積比熱が一定であることから導けない筈だからである。彼は、気体に内力が無いことを証明してみせているが、それには論点先取が含まれている。

こうした幾つかの誤りを含みながらも、グロスが一貫して試みているのは、「実験的にエネルギー保存則を確立したジュール」という世上の評価との対比で遜色があるように見えるマイヤーについて、その評価を何とか向上させることである。そのためにこそ、ゲイ・リュサックの実験なしで $U=U'$ が導けることを主張したり、(三)節で見たように、単なる実験事実だけではエネルギー保存則が証明しえないことを強調したりするのである。

他方、マイヤーとヘルムホルツとの間での先取権争いは、ヘルムホルツが一八四七年の論文でジュールやホルツマンの研究には言及しなが

らマイヤーについては名前を挙げることに端を発する。ヘルムホルツのの中には、マイヤーの功績を認める発言をするようになる。マイヤーの著述を知ってからというもの、エネルギー保存則の発見者として彼の名をまっ先に挙げ、それどころか、ドイツにおいて自分が初めて科学界の注目を彼に向けようと努力したとまで述べるようになる。だがグロスは、三〇ページ余りにわたってヘルムホルツの発言を逐一分析し（二四一—二七四）、ヘルムホルツのこうした発言は嘘言であることを暴露しようとする。さすがに明示的に断言することは避けながらも、ヘルムホルツの一八四七年論文はマイヤーの一八四二年論文からの剽窃であると事実上断じている。（二六〇）グロスによる、「言葉尻を捉えて」と形容したくもなるほどの執拗なヘルムホルツ批判は恐らく、純粹に科学上の論争として内在的に理解し尽くすことは不可能であろう。⁽¹⁶⁾

だが、グロスのこの著述について、そうした事柄とは独立に論じうる側面がある筈である。つまり、グロスがいかにジュールやヘルムホルツを曲解・誤解していても、あるいは個人的感情に流されていようとも、その著述を通してグロスが何を意図していたかである。それはいうまでもなく、あらゆる手立てでマイヤーを再評価することであった。そして、こうして再評価されたマイヤーの、ジュールやヘルムホルツと對比しての特質は、熱運動説にコミットしなかったことである。

ブランクは一八八七年に『エネルギー保存の原理』⁽¹⁷⁾で、

今日ときどき表明される、力学的理論を物理学の研究をする上でのア・プリオリな要請として認めねばならないという見解に対し、我々は断固として反対しなければならない。⁽¹⁸⁾

と述べ、力学的自然観に基づいてエネルギー保存則を基礎づけようとするヘルムホルツに批判的評価を下した。他方、マイヤーについては、こう述べる。

注目すべきことは、マイヤーが、熱は運動であるという見解から出発することは決してせず、慎重にも熱の本質に関する問題とは無関係に論じているという事実である。……実際、熱理論のすべては、のちにR・クラウジウスによって彼の二つの主則の上に樹立されたように、熱は力学的本性のものだと考えなくとも導けるのである、熱が或る条件下では運動に転換しうるといふ仮定を置きさえすれば。⁽¹⁹⁾

つまりブランクも、マイヤーが熱運動説にコミットしていない点を評価するのである。そしてそのブランクが、現象論的熱力学に多大の支持を

与え、自らも多くの貢献をなしたことは、たとえば一八九一年の講演や、彼の熱力学に関する多くの著作から容易に知ることができる。⁽²¹⁾

また、いわゆるエネルギー論者として熱力学に全幅の信頼を置いたオストワルドも、マイヤーをきわめて高く評価する。⁽²²⁾

これまで見てきたように、十九世紀後半においてマイヤーを高く再評価しようとする科学者は、グロスもそうであったように、マイヤーが熱運動説にコミットせずにエネルギー保存則を定立した点を評価する。他方、彼らは、熱の本性について特定の描像を前提しないいわゆる現象論的熱力学を自立的な学問分科として評価し、その体系化・応用に腐心していた科学者であった。こうした並行関係があるとすれば、十九世紀後半に滔々と存在した、マイヤーを再評価する動向の底流には、熱力学という独自の学問分科の形成、そしてその科学者共同体内への浸透という事態があったと考えられる。⁽²³⁾

注

(1) エネルギー保存則発見百年の記念論文集 *Robert Mayer und das Energieprinzip 1842-1942*. Berlin 卷末の Bibliographie に、グロスの著作が挙げられているが、どの論文においても検討が加えられていない。なお、J. C. Poggendorff's *Bibliographisch-Literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften*, Viertes Band によれば、グロスは一八八七年からシャルロテンブルク工科大学の私講師（一九〇二年より教授）をしており、熱化学的な分野を中心に多数の論文を発表している。

(2) Mayer, J. R., "Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur", *Liebig's Annalen der Chemie und Pharmacie*, Band XLII (1842), S. 233.

(3) 本文および注において () 内の数字は、Gross, *Robert Mayer und Hermann v. Helmholtz* の頁数を示す。

(4) グロスは、因果法則についてのマイヤーの優越性を示すために、ショーペンハウアー、ステュアート・ミル、ヴントといった同時代人の因果法則についての理解と比較してみせている（一一一—一六）。

(5) ヘルムホルツは、*Ueber die Erhaltung der Kraft*, 1847 で、「理論的自然科学の最終目標は、自然における諸現象の究極で不変の原因を見出すことである」としている。また彼は、「我々に対し静的で作用を及ぼさない」物質を「抽象」によって考えているが、これがグロスのいう「現象の背後にある」もの、カントの物自体と同列のもの（六六）である。

(6) ヘルムホルツ自身は、究極原因は「不変の法則にしたがって働くものであり、それゆえ、同じ外的条件のもとでいつでも同じ作用を惹き起こすようなも

のである」と述べている。

- (7) Mach, E. *Die Principien der Wärmelehre. Historisch-kritisch Entwickelt.* 3 Aufl., 1919. (邦訳：高田誠二訳『熱学の諸原理』、東海大学出版会。) ただし引用文は拙訳である。
- (8) *Ibid.*, S. 247.
- (9) *Ibid.*, S. 248-9.
- (10) ただし、外からなした仕事と、その一部が転換して生じた「未知の様式の分子運動」との比が一定であることが前提となる。だが、グロスの論述は、この前提への疑問を表明したものと読めなう。
- (11) 拙稿「科学における発見の様相——エネルギー保存則を例に——」渡辺正雄編『科学の世界——その形成と展開——』共立出版、第10章。
- (12) グロスはランフォードの実験とデイヴィの実験との関係について、後者は前者の結果をより決定的に示したものと解する。(四四—四五)
- (13) 前掲拙稿。なお、七七四ポンドとは、「一ポンドの水の温度を華氏一度上げることができる熱量が、七七四ポンドのおもりを一フィートの鉛直な高さにもも上げることができる機械的力に等価である」という意味である。
- (14) Tait, P. G., *Sketch of Thermodynamics*, 1868.
- (15) Weyrauch, J. J. (herausg.), *Kleinere Schriften und Briefe von Robert Mayer. Nebst Mittheilungen aus seinem Leben*, Stuttgart, 1893, SS. 128-33.
- (16) とは言っても、D・G・テイトの言動に関連して Cardwell, D. S. L. (*From Wall to Clausius. The rise of thermodynamics in the early industrial age*, 1971, pp. 282-8.) がジュールとマイヤーおよびヘルムホルツとの対立について言うような形で、マイヤーとヘルムホルツの争いをもナンセンスな対立として捉えることはできない。むしろ、ヘルムホルツが一八七一年以降ベルリン大学でドイツ物理学界の重鎮として活躍することも考えれば、ベルリン大学と他所との対立「その」Düring, E. *Kritische Geschichte der allgemeinen Principien der Mechanik*, 1887 & *Robert Mayer der Galilei des neunzehnten Jahrhunderts und die Gelehrtenunterschieden gegen bahnbrechende Wissenschaftsgrößen*, 1895 から窺われるように、恐らく個人的感情も絡んだ争いであったと推定される。もちろん、正確で詳細な事情は、今後の科学社会学的検討により明らかにされるべきである。
- (17) Planck, M., *Das Princip der Erhaltung der Energie*, Leipzig, 1887. (邦訳：石原 純訳『エネルギー恒存の原理』春秋社)。ただし引用文は拙訳である。
- (18) *Ibid.*, S. 137.
- (19) *Ibid.*, SS. 23-4.

(20) Planck, M., "Allgemeines zur neueren Entwicklung der Wärmetheorie", *Zeitschr. f. Phys. u. Chem.*, 8 (1891), SS. 647-56.

(21) ただし、だからといって、プランクが、現象論的熱力学に対立する気体分子運動論や統計力学的手法に対し否定的態度をとったというわけではない。詳しくは、拙稿「19世紀末の原子論論争と力学的自然観——旧説の再検討をかねて——(2)」『科学史研究』一二四号(一九七七年)を参照されたい。

(22) オストワルド『エネルギー』、岩波文庫。

(23) 一般的に言って、論文の発表期日の確定や論文の記載内容の確認だけをめぐって、延々と先取権論争が続きうる筈がない。むしろ、そうしたことに關しては意見の一致をみた上で、それらをどう位置づけ評価するかで争いが生じるのである。そしてその点において、評価する側に立つ者の置かれた状況・文脈が重要な意味をもってくるのであり、評価対象たる業績の特定の側面の強調や曲解、誤解などが付随するのである。

「再発見」をめぐる問題について、Brannigan, A.による優れた科学社会学的研究 *The Social Basis of Scientific Discoveries* (邦訳・村上陽一郎・大谷隆昶訳『科学的発見の現象学』)があるが、「再評価」についても同類の検討が有意義であり必要であると考えられる。この小論は、そうした方向への第一歩を意図したものである。

なお、これは所詮「並行関係」の指摘にすぎないとは言ひもあるかも知れない。だが、熱運動説に依拠しない熱力学を高く評価するからといって、熱運動説に依拠しなかったマイヤー個人を高く再評価しなければならぬ必然性はないのだから、「並行関係」としてしか指摘できない筈である。いわば、マイヤー(の再評価)を、自分たちの科学上の観点を補強するために、イデオロギーギッシュに利用しようとしているのだからである。だが、その「並行関係」を、より多くの科学者について詳細に実証していくことは可能であり必要である。今後の課題としたい。

Reappraisal of J. R. Mayer
in the Latter Half of the 19th. Century :
the Case of Theodor Gross

Shigeo SUGIYAMA

In this paper, the appreciation of the work of J. R. Mayer by Theodor Gross, German physicist, is surveyed by thorough investigation of his *Robert Mayer und Hermann von Helmholtz. Eine Kritische Studie*, 1898; and his claims in it are evaluated in the context of the dispute in the latter half of the 19th. century, over the priority of discovering energy conservation law.

Gross claimed that the energy conservation law could not be founded by experimental facts alone and therefore it needed to be grounded by logical propositions. As the allegedly metaphysical proposition in Mayer's paper belonged to this kind of propositions, Mayer's formulation of the law was not in the least metaphysical one. Gross said that Mayer tried to explain thermal phenomena in terms of observed facts alone rejecting mechanical theory of heat, and that he never attempted to search for the ultimate cause of natural processes. Thus, Gross attempted to give Mayer favorable appreciation by stressing those points which he thought could demonstrate how Mayer was superior than Joule and Helmholtz in their methods of investigation and their achievements.

Those who appreciated highly Mayer's work, including not only T. Gross but also M. Planck, W. Ostwald, and others, tried in this way to give great support to thermodynamical approach which did not presuppose any specific view of the nature of heat.