

## 理科教育と外国教科書 (3)

—教材研究「重さと質量」—

井上雅夫\*

(1980年6月30日受理)

### まえがき

筆者は、わが国の理科の内容と、外国の教科書や科学普及書の比較検討をしてきた。<sup>1)2)3)4)5)</sup> それらの論文では、比較的広いテーマについて論ずるかたちをとったが、今回は、一つの題材についての教材研究のかたちでの外国教科書等の活用を試みた。

「重さと質量」は、科学の基本的・基礎的な概念の一つであり、少なくとも中学校以上の理科を学んだものには区別できてしかなるべき概念であろう。しかし、大学生でさえも、その区別が明確にできるものが意外に少ないし、グラムかグラム重か単位でまよう学生もまれではない。

重さと質量の扱い方のむずかしさに対するなやみは、諸外国においてもみられる。そのうちでわが国と共通するなやみはなんであるのか、またその国特有のなやみはなにか、原因はなにか、そしてどのような対応策をとるべきか。これらを検討してゆく過程のなかから、わが国における扱い方の問題点や方策が浮きぼりにされてくるのではないか。

本論文は、つぎのような構成をとる。

第1章で、外国においても重さと質量の混同の問題があることを概観し、第2章で、重さおよび質量の定義を述べる。第3章以降で、対応策について述べる。すなわち、第3章では、重さと質量とを区別する説明のし方の例をあげ、第4章では、測定器具としてはかりの目盛の検討をする。第5章で、はかりをつくるという活動例をあげ、最後に第6章で、評価問題としての設問例をあげる。

### 1. 重さと質量に関する諸外国の事情

重さと質量の日常生活における混同は、わが国だけのことではない。われわれが重さをさすときにグラムやキログラムを使用するのに類することが、フランスでもイギリスでも米国でもみられる。

児童は通常重さのことをいっている。家庭においては、質量の単位(グラム)を用いてピフテキの重さの話をする。<sup>6)</sup>

体重測定をおぼえていますか? たぶん浴室用のはかりを用いたでしょう。あるいは医者のところにあるはかりで測ったかもしれません。あなたの体重はポンドかキログラムで記録しました。<sup>7)</sup>

\* 岩手大学教育学部

重さという用語は、日常会話でしばしば質量と同じものを意味するかのように入れられる。<sup>8)</sup>

自然科学を学ぶ場合、定義を明確にした用語を用いるのが正しいと思う。しかし、混同はいけなからといって、明確に使い分けをさせるにいたるまでに、考えるべき点がいくつかある。たとえば、児童の発達段階も考慮しておかなくてはならないし、日常会話における便・不便も考慮に入れなければならない。

科学における定義での重さと質量の概念は児童には近よれない。<sup>9)</sup>

質量・重さ・力・密度の概念は、むずかしいだけでなく、同時に扱わねばならない。質量と重さを多くの児童ははっきり区別できない。その困難さは、それを言いなければならない中学校にまでつづく。

(中略)

質量の科学的定義は、加速度の考えを含むため、小学校児童の理解をこえる。<sup>9)</sup>

日常生活においてもあまり不便は生じないし、互換し得ると考えてもよいとする記述もある。

質量と重さとは、科学的に定義された相違があるとしても、科学的目的以外の目的では互換使用されることがしばしばある。たとえば、グラムは真には重さというより質量の尺度であるのに、たいていのメートルシステムはかりはグラムで目盛っている。メートルシステムでの重さの正しい単位はニュートンである。<sup>10)</sup>

地球上では質量と重さの違いがないに近いことは注意しておく必要がある。すなわち実用上質量と重さの単位を互換しても、正確さは失われない。しかし地球を離れると質量と重さの間には大きな差が存在する。<sup>11)</sup>

以上述べたように、自然科学における厳密な重さと質量の区別は、児童の発達のある段階においてはじめて話題にすることが可能であろう。したがって本論文は、重さと質量の区別を必要とするようになった段階以後の問題として、重さおよび質量を検討することとする。

## 2. 重さと質量の定義

### 2.1 重さの定義

わが国の小学校においても重さと力についてはふれている。諸外国の教科書においても以下に述べるごとく、重さは力であることを種々のかたちで説明している。

重さは力の尺度である。ある物体の重さはそれに働くあらゆる重力 (gravitational forces) の総和である。あなたの重さ、地球上の物体の重さは、重力が場所によって異なるため、月の上や宇宙においては異なる。<sup>12)</sup>

ある物体の重さは、その物体が地球によって引かれる力である。<sup>13)</sup>

重力 (Schwerkraft) は、あらゆるものを地球の中心に向かって引いている。ある人の体重が35キログラムとはかりに出たら、35キログラムの力で重力が体を地球の中心に向かって引いていることを意味する。<sup>14)</sup>

きわめて普遍的な力は、重力 ( gravity ) による力である。(中略) ある物体への重力 ( force of gravity ) は、その物体の重さと呼ばれる。<sup>15)</sup>

重力 ( gravity ) は 物体を地球に向かって引く力であり、物体の重さはその物体への地球の引力 ( gravitational pull ) によって生ずる。物体の質量が大きければ重さも大きくなる。<sup>11)</sup>

重さを力としてとらえるにも、力の方に主眼をおくとつぎのような表現もとれる。

本は、地球に向かって引かれるからゆかに落ちる。物体に対する押しないし引きを力と呼ぶ。地球と物体との引きの尺度を重さと呼ぶ。もし1人の少年の重さが120ポンドあったとしたら、地球と少年とが120ポンドの力でたがいに引き合っていることを意味する。<sup>16)</sup>

押し引きとして力を表現するならば、重さにも2通りの定義が考えられる。

1. ある物体の重さは、地球がそれを引く力である。
  2. 地球からある距離のところにある物体を支えるに要する力である。
- それぞれは、方向が反対で大きさは同じ二つの力の一方をさしている。少年の手にのった石は、地球の重力 ( gravitational force ) によって下へ引かれる ( 1 の定義 ) 。しかし同時に、支えている手と腕は上向きの力を作用させている ( 2 の定義 ) 。この二つの反対方向の力は、石が同じ位置にとどまっているから大きさが等しくなければならない。<sup>9)</sup>

さらに大きくみた場合、重さの理解のためにはなにを知らなければいけないのか。

重さの意味を理解するには、宇宙におけるすべての物体はたがいに引きあっていることを知らねばならない。この引き合う力 ( force of attraction ) を引力 ( gravitational attraction ) と呼ぶ。(中略) 重さは、2つの物質 ( matter ) の間の引力という力 ( force of gravitational attraction ) の尺度である。(中略) この力すなわち重さの測定単位はニュートンである。ニュートンの記号はNである。通常われわれが重さというときは、地球とある物体との引き合う力 ( force of attraction ) を考える。<sup>10)</sup>

## 2.2 質量の定義

重さは力であるという表現の単純さにくらべ、質量はやや表現がむずかしくなる。大別すると、物質の量として説明する方向と、慣性から説明する方向の2通りがある。

ある物体の質量は、その物体が有する物質 ( matter ) の量である。質量は、てんびんによりグラムで測る。<sup>7)</sup>

ある物体の有する物質の量の尺度を、その物体の質量と呼ぶ。<sup>11)</sup>

上記二つの文ともほぼ同じ内容を述べている。両文にみられる有するは have と contain の表現があり、有するのニュアンスがなんとなくわかるような気がする。

質量を慣性で定義するとつぎのようになる。

科学者は、質量を、運動における変化に対して物質の有する抵抗度、と定義する。たとえば、ピッチャーがボールを投げる前にはボールは静止している。その運動は0である。ピッチャーのうでが前に出るとつれてボールの動きは速くなる。(中略)ピッチャーはボールの質量に対してしごとをしなければならない。野球のボールは、同じ大きさの鉄のボールより質量が小さい。したがって、ピッチャーの出す力 (effort) が同じであれば、野球のボールは鉄のボールより速く速くまで運動する。<sup>10)</sup>

質量を物質 (matter) の量でとらえるのと、慣性でとらえるのとは、一見かなり違うようにとられるかもしれない。しかし、両方の表現の関連はつぎのように述べることができる。

机の上にボーリングのたまと野球のボールをおく。ボーリングのたまを動かしはじめるのには、野球のボールを始動させるより大きな力を要する。これは、ボーリングのたまが野球のボールより多くの物質 (matter) を含んでいることを意味する。いいかえれば、ボーリングのたまの質量がより大きく、したがって慣性大きい。<sup>11)</sup>

物質 (matter) を動かしたり、運動の方向を変えたり、停止させたりするには、その物体 (matter) を含むもの——筆者注) に力を働かせねばならない。質量は物体の有する慣性 (すなわち運動の変化に対する抵抗) の尺度である。慣性は、動いている物体をとめにくくする、あるいは静止している物体を動かしくくする性質である。質量がより大きい物体は、より小さい質量の物体より大きな慣性を有する。<sup>12)</sup>

慣性を用いて質量を定義することは、小学生に対してはむずかしいのではないか。ある教科書はつぎのように述べている。

もっとよく定義がわかるようになるまでは、(質量とは) 物体中の物質 (material または stuff) 量の尺度と考えてよい。

種々のものを、てんびんで、ワッシャーの数とくらべて測る。<sup>9)</sup>

この教科書のねらいは、ワッシャーを用いる作業からさらに、国際的で共通なものを基準にするのがよいことを気づかせようとしている。質量が正確にわかっているおもりを使用しなくても代用品で学習可能とする例をもう一つあげる。

世界中共通の単位を持つことに意味があるが、ときには適当なおもりがみつからず、代用品を用いることがある。いかなる場合においても、グラムは人類の発明であることを児童は知るべきである。ワッシャーからグラムへの換算は、直線的に容易にできる。<sup>6)</sup>

### 3. 重さと質量とはどう違うかの説明

重さ、質量それぞれの定義は、両者を比較してその差異を明らかにすることによって一そう明確になるであろう。この比較は諸教科書とも重点をおいているようであり、つぎのようにくつもの例をあげることができる。

その相違を明白にするには、生徒たちに、月では自分がどの位の重さになるかを考えさせよ。大いの子供は、月では重さが小さくなることを知っている。しかし質量は月の上でも同じである。<sup>10)</sup>

大きな本を持つと、重さと質量の性質の相違がかなりよくわかる。まず本を手の上におけ。下に働く本の重さを感じられる。つぎに本をつかんで前後に振れ。やはり下向きの重さも感じるが、前後に本を加速するのが困難なことも感じる。加速への抵抗がその本の質量である。本をひもでつりさげれば、本の重さの感覚はなくすことができよう。しかし、振るときの慣性の感じは変わらないままであろう。これは粗雑なデモンストレーションにとどまる。しかし、質量は変化しないけれど重さは変化しうることをもっと適切な実験で示すことができる。すなわち、月面上の宇宙飛行士が大きなカメラを用いるとき、地球上で持つよりずっと軽々と持つ。月の重力ではカメラの重さが地球上での重さの $\frac{1}{6}$ にすぎない。しかし、その質量ないし慣性は小さくなっていない。だから、月でカメラを新しい位置へ急激にまわすのは、地球上でと同じように難しい。<sup>9)</sup>

月面上と地球上で重さが違う事は、月面着陸がなされてからは、好材料となったようである。

この写真(月の地平線に浮かぶ地球——筆者注)は、重さと質量の違いをドラマチックに示すのに用いることが可能である。写真は、アポロ宇宙飛行士が月面で撮影したものである。月面上における宇宙飛行士のビデオを見た生徒は、宇宙飛行士が飛ぶように動いたことを思いだすであろう。これは、宇宙飛行士の重さが地球上での重さの $\frac{1}{6}$ にすぎなかったためである。すなわち90キログラムの宇宙飛行士が、月では15キログラムの重さでしかない。しかし、宇宙飛行士の質量は地球上にいたときと変わらない。<sup>10)</sup>

米国・ソ連のように、宇宙ロケット打上げの経験を有する国の教科書に宇宙飛行士の話が用いられる例をもう一つあげる。重さのない状態すなわち無重量状態についてである。

わが国では無重力状態という呼び方もありそう呼ぶ理由を述べてある書物もあるが、ここに引用するロシア語の невесомость, 英語の Weightlessness, ドイツ語の Schwerelosigkeit, いずれも重さがない状態という意味であるから、無重量状態と呼んでおく。

われわれは、宇宙利用開始の世紀、地球をまわり月や太陽系の他の惑星へ宇宙船で飛行する世紀にすんでいる。飛行の際宇宙船では宇宙飛行士やすべての物体が無重量状態と呼ばれる特殊な状態にあることを、よく聞いたり読んだりする。これは一たいどんな状態なのか?地球上で見ることができるのか?無重量は複雑な物理現象である。それを充分理解するには物理学の深い知識が必要である。しかし、物理学の学習しはじめであっても、無重量について若干の概念を得ることはできる。

物体の重さとは、地球の引力の結果物体が装置におよぼす力ないしつりさげた糸を伸ばす力と理解したことを思い出してみよう。支えあるいはつり糸が動かない場合、物体の重さは物体に作用する重力に等しい。

いま、支えあるいはつり糸が物体とともに自由落下する場合を考えてみよう。支え、つり糸、物体に、まさに同じように重力が作用している。(中略)

類似の現象が地球をまわる人工衛星においてもみられる。人工衛星自体および宇宙飛行士を含めてそこにあるあらゆるものは、地球へ間断なく自由落下すると同じように地球をまわっている。その結果、台にのった物体はこの台になんの力もおよぼさないし、ばねにつるした物体はばねを伸ばさない等となる。このような物体について無重量状態という。

人工衛星船に固定されていない物体は自由に「舞う」。容器に注ぐ液体は容器の底にも壁にもつかないから、容器の穴からももれない。時計の振子は任意の位置でとめて動かない。宇宙飛行士は、手足を使って傾いた姿勢を苦もなくとれる。かれには上下の観念がなくなる。人工衛星の船室に対しなんらかの速度で物体を運動させるならば、他の物体と衝突しない限り等速直線運動をするであろう。

ソビエトの宇宙飛行士G・S・チトフ ( Titov ) は「無重量状態で船室内を自由運動した映画カメラが強くぶつかってきた」と語った。<sup>17)</sup>

地球上の現象で重さと質量の違いを説明はできないか。

重さは質量とどんな関係があるのか。地球では海水準で、質量  $1\text{ kg}$  のものは約  $10\text{ N}$  の重さがある。バターを買おうとしよう。バターは4本づめである。1本は宇宙のどこでも約  $0.1\text{ kg}$  の質量を有する。地球では海水準で約  $1\text{ N}$  の重さになる。バターを重さで買ったとしよう。きみだったら、高い山の頂上で買うか、低い谷間で買うか。<sup>18)</sup>

同一の場所においては重さと質量が比例しているためにその相違が明確にとらえられない。結局、高い山と低い谷間、地球と月、あるいは地球の高緯度と低緯度等、場所を異にした場合の比較が説明材料となっている。その場所の例をどこにとるかにその国なりの事情があらわれってくるのであろう。

#### 4. ばねはかり——とくに目盛について——

重さと質量の区別を明確にするには、はかりのことも検討しておく必要がある。

重さをはかるにはどんなはかりを用いるのか。質量をはかるにはどんなはかりを用いるのか。これははかりの種類による使い分けと同時に、どんな単位ではかるのかという問題につながってゆく。ただ今回は、重さをはかるはかりとしてのばねはかりに関して主として述べることにする。

ばねはかりは、力の大きさをはかる器具である。ところが「ばね」を用いた「はかり」という名称からは、力の大きさをはかるというよりさらに限定された「重さをはかる」ものというイメージが強くでてくる。「はかり」ということばが、一般には「重さをはかるもの」をさすからであろう。英語にもばねはかりに対応することば *spring scale* が存在する。しかし、力の大きさを測定するものであることを明記している。

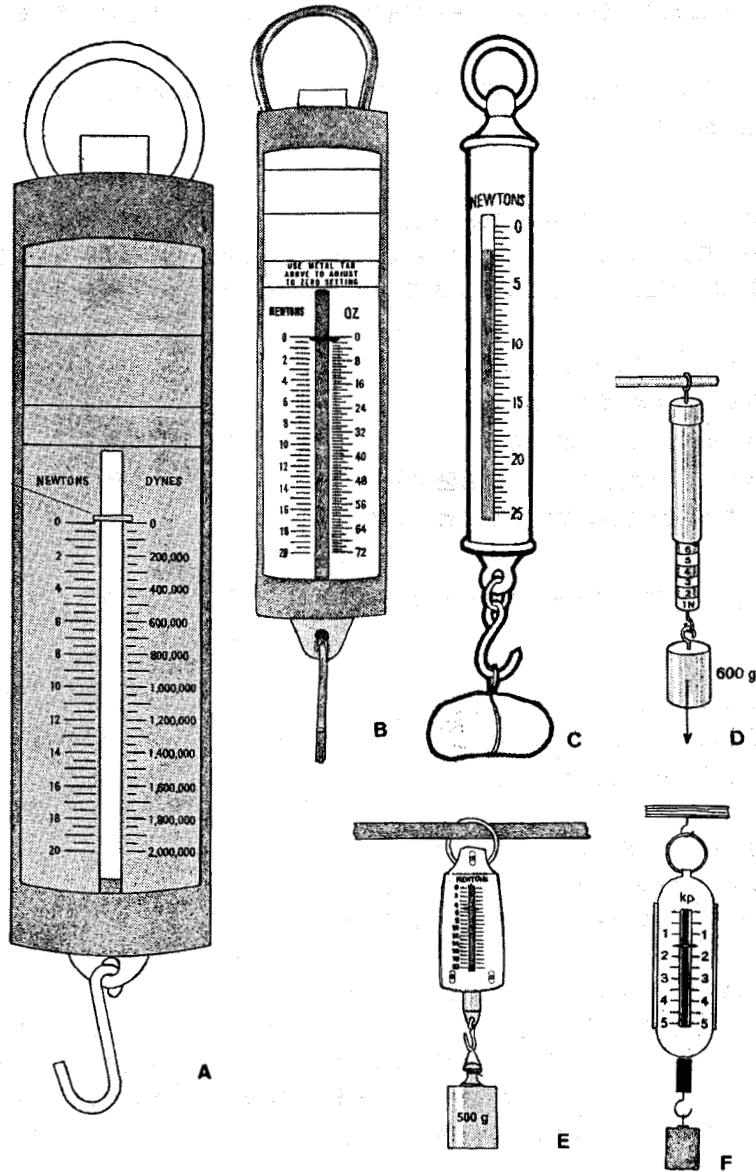
小さな物体の重さは、力の測定に用いる器具ばねはかり ( *spring scale* ) につりさげて簡単にはかれる。(中略) 重さの測定は力の測定であるから、ばねはかりは便利な器具である。(傍点筆者)<sup>11)</sup>

上記のように重さの測定はその用途の一つにすぎない。そのことをきわめて明確に表現する呼び方がいくつもある。すなわちばねはかりと称さず、力の大きさをはかる器具であることを明確に示す名称、英語の *dynamometer*, *forcemeter*, ドイツ語の *Kraftmesser*, ロシア語の *динамометр* (*dynamometer*) という名称がそれである。いずれも訳せば、力測計となるであろう。

力測計となれば、目盛には力の単位を用いるのが当然である。

わが国では、力の単位と質量の単位の区別を中学1年でさせている。その区別を厳密にいうのであれば、力の大きさを測定するばねはかりの目盛は、グラム重やキログラム重を用いるのが望ましいのではないか。もちろんニュートン目盛であってもよい。

図示した6例は、わが国でいうばねはかりであるが、単位名称に種々あることおよびグラム目盛でないことに注目したい(第1図A~F)。



第1図 諸外国の教科書にみられるばねはかり6例. 7)9)11)12)18)19)

力の単位が多様であることを諸外国の教科書等でどのように扱うかについては後述するが、AとBのように2種の目盛を併記したばかりが存在するのは、統一されていないという事情を反映するものであろう。A<sup>7)</sup>はニュートン (Newtons) とダイン (dynes)、B<sup>12)</sup>はニュートンとオンス (Oz) を目盛っている。ただし、学習の際はどちらを使用するかを明記してある。

異なる二つの測定目盛がついていることに注意せよ。一方の目盛はニュートンである。もう一方の目盛はダインである。ダインも力の単位で、ニュートンよりは細かい単位である。SPIES (Self-Paced Inves-

tigations for Elementary Science のこと——筆者注) では、ニュートン目盛だけを用いることにする。<sup>7)</sup>

ニュートンとオンスの目盛ってあるはかり(第1図B)をのせた教科書では、教師向けにつきのような指示がある。

グラムがメートルシステムにおける質量の単位であり、ニュートンが重さの単位である。図のはかり(第1図B——筆者注)にはニュートンがはいっているが、生徒はニュートンを用いない。重さをはかるには、より普遍的な単位オンス(ounces)を用いるようにする。<sup>12)</sup>

科学においては公式な単位かもしれないが、学習においてはむしろ通りのよい単位の方を用いる1例である。注目に値するであろう。

同じ国(西ドイツ)の教科書であっても、D<sup>18)</sup>とF<sup>19)</sup>のように目盛を異にしたはかりがみられる場合もある。Dの目盛はN、Fの目盛はkpである。ただし、Fの場合でも、kpとNとの関係がわかるような記述が本文中でなされている。

力の単位は1 Kilopond (キロポンド kp) である。(中略)力の別の単位に1 Nがある。1 N=0.102 kp である。<sup>19)</sup>

国際単位としてのニュートンが普及してくれば、kp目盛もなくなり、すべてC<sup>9)</sup>やD、E<sup>11)</sup>のようにN目盛だけのはかりが万国共通となる可能性もあるが、ニュートンがまだ一般的でない状況はつぎの例からもうかがえる。

きみたちは、すでにイギリスシステムの方(重さ)の単位オンス(ounces)、ポンド(pounds)、トン(tons)になれている。おそらくメートルシステムの力の単位ニュートン(N)にはあまりなじみがないであろう。たとえば120-lbの少年は535ニュートンの重さがある。<sup>11)</sup>

質量の単位はキログラム(kg)である。重さの正式な単位は、まだ充分普及はしていないがニュートン(N)である。パリでは、1kgの質量にはたらく重さは9.81Nである。この重さは、いまだにキログラム力(kilogramme-force, kgf)と呼ばれる。この単位は公式ではなく、しかも誤ってキログラムやキログラム力を単にキロ(kilo)ということもしばしばあり、ますますkgとkgfの記号は混同される。たとえば、ガソリンスタンドでタイヤの空気圧を、1cm<sup>2</sup>あたり1キログラム力といわねばならないのを圧力1キロというごとくである。<sup>6)</sup>

kgないしgに一字つけて質量の単位と区別するのは、わが国だけでなくつぎのようにいくつかの例がある。

本書では、質量についてはグラムとキログラムを用い、重さについてはグラム重(grams weight)とキログラム重(kilograms weight)を用いる。<sup>20)</sup>

1キログラム重(kilogram-weight, kgf)は、質量1kgに働く地球の重力(gravitational force)である。重力(gravity)の加速度は9.81m/s<sup>2</sup>であるから、1kgf=9.81Nである。<sup>21)</sup>



重さは力であり科学においてはNではかる。日常生活では質量単位すなわちキログラムではかり、キログラム力 (kilograms force, kgf) と呼ぶ。1 kgf=9.8N $\simeq$ 10N。<sup>21)</sup>

筆者は、重さと質量の区別のつけにくさを解消する一つのやり方は、両者の単位をニュートンとキログラムのように似ていないものにするのではないかと考える。キログラム重とキログラムはいかにもまぎれやすいし、ましてさきに述べたように力の測定器具であるばねはかりにキログラムやグラムが目盛ってある状態は、混同を一そう助長しているような気がする。

## 5. はかりをつくる

重さと質量の区別を認識する別の方法として、はかりをつくるという活動がある。

重さははかるのに公式のはかりを用いれば、単位としてなにを用いるかを厳密に吟味する必要がある。正規の単位を問題とするにいたるまでの段階として意味を持つのが、これから述べるはかりづくりである。

このモジュール (module) においては、生徒は簡単なゴムバンドはかり (rubber band spring scales) でももの重さはかって力を測定する。生徒は、ワッシャーおよびビー玉の単位で力を測定する。<sup>12)</sup>

できあがったはかり (puller) は、ゴムの先にクリップを改造したフックのついたきわめて簡単なものである。これに測定目盛をつける。

紙クリップのフックになにもつりさげないとき、フックの最上部のところに出発点を示す0のしるしをつけよ。

紙クリップのフックにワッシャーを一つつけよ。紙クリップのフックの最上部のところ「1ワッシャー単位」を示す1Wとしるせ。同じ大きさのワッシャーをつぎつぎにつけよ。2W, 3W……と、きみのつくったはかりの最下部までしるしをつけよ。

ワッシャーをはずせ。もう1度一つずつワッシャーをつけてゆき、しるしが正しいかどうか確かめよ。<sup>12)</sup>

このようにしてつくったはかりで、種々のものについて何Wになるかを測定してゆく。この活動はやがて正式なばねはかりとの対応をさせる段階に達する。

1Wがオンスではかるばねはかりの何オンスに相当するか。その方法は2通りある。<sup>12)</sup>

一つはワッシャーそのものをばねはかりではかる方法。もう一つは手製のゴムバンドはかりのフックとばねはかりのフックをかけて両側から引いて目盛の読みをくらべる方法である。

## 6. 重さと質量に関する設問

これまで参照してきた教科書等には、設問がのっている。われわれは、これらの設問から、重さと質量の学習のねらいがどこにあるのかを読みとることができるはずである。

以下にいくつかの、設問形式も設問内容も多様な実例をあげてみたい。

質量と重さとはどう違うのか。<sup>10)</sup>

答：ある物体の重さは物体の存在する場所によって変わる。質量はその物体がどこにありうとも同じままである。

きわめて一般的なこの種の問いは、他にもいくつかの本にみられる。

「重さ」と「質量」の違いを説明せよ。<sup>18)</sup>

1. 物質の\_\_\_は天びんで測定できる。〔質量, 重さ〕
2. 質量は\_\_\_ではかる。〔グラム, ニュートン〕
3. 重さは\_\_\_ではかる。〔ニュートン, キログラム〕<sup>10)</sup>

二者択一問題である。ちなみに正解は、それぞれ、質量、グラム、ニュートンである。該当する語句をいう問題につぎのようなものがある。

1. 運動の変化に対する物質の抵抗
2. 2物体間の重力 (force of gravitational attraction) の尺度
3. 重さの単位<sup>10)</sup>

答えはそれぞれ、質量、重さ、ニュートンである。

左欄の語句と右欄でもっともよくあてはまるものをつなげ。<sup>11)</sup>

- |                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 1. 引力 (a force of attraction) | a. 1メートル   |
| 2. 物質の量                       | b. メスシリンダー |
| 3. 質量を比べる器具                   | c. 1インチ    |
| 4. 1ヤードよりわずかに大                | d. 1リットル   |
| 5. 1/1000                     | e. 重さ      |
| 6. 2.54 cm                    | f. 天びん     |
| 7. 体積の単位                      | g. ミリ      |
|                               | h. 1キロメートル |
|                               | i. 質量      |

もし文章が正しいなら正と空欄に記入せよ。もし文章が誤まっているなら、アンダーラインした語を正しい語に換えよ。<sup>10)</sup>

1. 質量は、運動の変化に対して物質が有する抵抗の尺度である。\_\_\_\_\_
2. 質量はばねばかりを用いてはかる。\_\_\_\_\_
3. 宇宙におけるあらゆる物体間の引力を磁力と呼ぶ。\_\_\_\_\_
4. 重さはニュートンという単位ではかる。\_\_\_\_\_

上の正誤問題の答えは、1と4が正、2は天びん、3は gravitational attraction である。

1. 宇宙飛行士が宇宙船で地球のまわりをまわっている。その距離での重力加速度は地球表面での半分で

ある。つぎのうちどれが正しいか。<sup>9)</sup>

- (a)かれの体重はゼロ。
- (b)かれの質量はゼロ。
- (c)かれの体重ははじめの半分。
- (d)かれの質量ははじめの半分。
- (e)かれの体重は変わらない。
- (f)かれの質量は変わらない。

2. 少女がテーブルの上から跳ぶ。テーブルの上と床の間にいるときは、問1のどれが正しいか。

1の正解は(c)と(f)、2の正解は(e)と(f)である。

記述を要する問題としてはつぎのような例がある。

1. 実験室における小物体の質量測定法を説明せよ。
2. ニュートンとはなにか。
3. 地球から離れるにしたがって、人間の質量はどうなるか。体重はどうなるか。
4. 空気は質量を有するかどうか決める方法を説明せよ。<sup>11)</sup>

これまで述べたような重さと質量の性質を問う設問とともに、付随的に単位換算の計算問題が伴われる。ここではほんの2例のみをあげておく。

1. 石炭1トンは2000ポンドの重さがある。その質量をキログラムであらわせ。
2. 220ポンドの人の重さはニュートンではいくらか。<sup>11)</sup>

1の答えは910kg、2の答えは980N。

## あ と が き

重さと質量について、外国の教科書等による教材研究を試みた。筆者の目的は、この教材研究をわが国の理科における重さと質量の学習に生かすところにある。わが国の重さと質量の学習の長所短所は、諸外国の重さと質量の学習の状況と比較検討することによって一そう明確になるであろう。

単位に関する混乱のなやみなどは共通したなやみといえよう。その点に関して、一般的にSI単位への移行傾向が認められるようであり、わが国の理科も対応策を考えておく必要があるという示唆を与えられる。

さらに重要なことは、基本的基礎的概念である重さと質量について単元を設けてかなり丁寧に扱っている点である。わが国においても、せめて大学生であればグラムとグラム重の使いわけを完全にできる程度には高校段階までの学習ですませておくべきであろう。しかし残念ながら、その使いわけのできない大学生(教育学部の理科専攻生も含む)がいることは事実である。こうなるのは学生の能力というよりは、どこか重要なところが抜けた学習を経てきているからだと考えねばならない。その欠陥を見出だす一つの手がかりとなれば幸いである。

## 引用文献

- 1) 井上雅夫(1977) : 理科教育と外国教科書——外国教科書からなにを学ぶのか——. 岩手大学教育学部研究年報, 37, 483—494.
- 2) 井上雅夫(1978) : 理科教育と外国教科書 (2) ——専門用語に関するいくつかの問題——. 岩手大学教育学部研究年報, 38, 503—510.
- 3) 井上雅夫(1979) : 理科教育と科学技術史——中国の科学普及書に学ぶ——. 岩手大学教育学部研究年報, 39, 313—324.
- 4) 井上雅夫(1980) : 教育学部の専門課程地学における試み——四象二十八宿を星図にプロットしよう——. 地学教育, 33, 9—13.
- 5) 井上雅夫(1980) : 外国語由来の用語に関する問題——とくに学習者の立場に立って——. 理科教育, 149, 17—21.
- 6) *L' eau, l' air, le temps qu' il fait*, guide du Maître, Bordas, 1978, 288p.
- 7) SPIES ( Self-Paced Investigations for Elementary Science ) : *Skill Builders*, Teacher's edition, Silver Burdett, Morristown (New Jersey), 1976, 86p.
- 8) *Project Physics*, Text, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1975, 123p. ( Unit 1 )
- 9) Science 5 / 13 Project: *Using the Environment 2 Investigations*, Pt. I, A unit for teachers, Macdonald Educational, London, 1976, 102p.
- 10) *Science, Understanding Your Environment*, Teacher's edition/6, Silver Burdett, Morristown (New Jersey), 1978, 383p.
- 11) G. R. Tracy, H. E. Tropp and A. E. Friedel: *Modern Physical Science*, Teacher's edition, Holt, Rinehart and Winston, New York, 1974, 696p.
- 12) MAPS (Modular Activities Program in Science) *Size, Scale, and Modules; Relative Motion; Pushes and Pulls; Adaptations*, Teacher's edition, Houghton Mifflin, Boston, 1975, 494p.
- 13) *Physik*, 6, Volk und Wissen Volkseigener, Berlin (DDR), 1975, S. 160.
- 14) Pine/Levine: *Kinder fragen - Kinder forschen, Fall*, Herder, Freiburg (BRD), 1973, S.48.
- 15) A. F. Abbott and M. Nelkon: *Elementary Physics*, Pt. Two, Heinemann Educational Books, London, 1972, 348p.
- 16) I. Finch: *Nature Study and Science*, Longman, London, 1971.
- 17) A. B. Перышкин и Н. А. Родина : физика, 6, Просвещение, Москва, 1972, стр. 208.
- 18) A. Walz: *Physik*, Band 1, Ausgabe N, Hermann Schroedel, Hannover (BRD), 1974, S. 96.
- 19) Grimsehl: *Physik*, I, Ernst Klett, Stuttgart (BRD), 1974, S. 273.
- 20) MAPS : *Conditions for Life; Matter, Force, and Motion; Soil, Sea, and Sky*, Teacher's edition, Houghton Mifflin, Boston, 1978, 468p.
- 21) C. Windridge and P. J. Kenway: *General Science*, Book five, Schofield & Sims, Huddersfield, 1978, 112p.