

中学校理科「力学」の理解度と診断テスト

橋 高 嘉 弘

Students' Achievement and Diagnostic Test in Mechanics
in Junior High School

Yoshihiro KITAKA

キーワード：理科教育・中等教育・評価・力学

1. まえがき

中学校理科第1分野の物理的領域では、主として力学と電磁気について学習する。このうちの電磁気の理解度と診断テストについては、山口大学教育学部研究論叢第39巻第3部で報告した。¹⁾今回は、力学の理解度と診断テストについて報告する。

力学は日常生活、産業等で、よく用いるばかりでなく、諸科学の基礎、あるいは軌範として、重視されている。現行の教育課程では、小学校1年から中学校3年まで、義務教育の9年間のうち、小学校5年、中学校2年の2つの学年を除き、7学年にわたって、力学を学習している。また、準義務教育と見なされる高校の、必修科目である理科Iでも、力学を学ぶことになっている。力学は、数学と同様に、基礎ができていなければ、次の学習に差し支えることが多い。この重要な力学を、義務教育修了時の生徒は、どれだけ理解しているか、実状を知ること、また、高校の理科I、あるいは選択科目の物理の学習に備えるために、個々の生徒はどれだけ理解しているか、つまづいているのはどこかを調べ、その対策を講ずるための診断テストを作成することが、この研究の主目的である。これと電磁気のと合わせて、中学校理科第1分野の物理的領域の全体について、総括的に診断できる。

また、この力学の理解度調査と診断テストは、教育学部における理科教育法の授業で、中学生の力学理解の実態を知らせること、テスト問題の作り方・結果の処理法・利用法を知らせること、学生に中学校での学習事項について再認識させ、誤解していたことがあれば見直させることなどに利用できる。このことについては、後で簡単に述べることにする。

2. 問題の作成

学習指導要領の中学校理科第1分野、物理的領域の力学関係の項目は、表1の左側に示す通りである。各中項目（ア、イ、ウ、……で示されている事項）について、基礎的な問題を5問作成し、表1の右側に示す階層の順に配列した。階層としたのは、基礎から積み上げるという意味で、岡山大学の脇本和昌教授の「階層評価グラフ」²⁾の考え方を参考にしたものである。ただし、脇本教授の本では、一番上の階層を1級とされているが、ここでは、基礎の方を1級としている。学習指導要領の中

本論分の一部は、昭和63年8月、日本理科教育学会第38回全国大会で報告した。³⁾

項目の表示では、その具体的な内容がつかみにくいので、階層の内容は、具体的内容がわかるように表示した。

表1 学習指導要領の項目と階層

大項目	中項目	階層 内容
(2) 力	ア 力のはたらき	1 力・質量
	イ 力のつり合い	2 合力・分力・つりあい
	ウ 圧力	3 圧力・浮力
(6) 運動とエネルギー	ア 運動	4 運動・運動と力
	イ 仕事	5 仕事・仕事率
	ウ 光・熱と仕事	7 エネルギー変換
	エ 電流と仕事	〃
	オ エネルギー	6 力学的エネルギー

この中、(6) エ 電流と仕事 については、「電磁気」のテストで取り扱った事項を除外し、エネルギーの変換についてのみ取り扱うことにして、ウ 光・熱と仕事 の項目と合わせ、階層7(エネルギー変換)とした。階層6と階層7との順が、学習指導要領の順と異なるのは、エネルギーの定義が、力学的エネルギーの問題群の中にあるため、エネルギー変換より前に出したからである。

なお、問題は、学習指導要領の小項目〔(ア)、(イ)、(ウ)、……〕で示されている事項については、なるべく省かないように問題を作成した。具体的には、中学校指導書理科編⁹⁾に記載されている内容と、各社の教科書を詳細に調べて、学習指導要領の趣旨に沿った、基礎的な問題になるように努めた。

まず、山口県内の2中学校の3年生、78名で、記述式を含むテストを行い、その結果を参考に、多肢選択法の問題を作成した。その問題で、山口県内の3中学校の3年生125名を対象にしてテストを行い、回答はマークカードに書かせ、日本電気KK製作の学習診断システム SPEEDY-LISTで処理した。その結果について、実施して頂いた中学校の教師、山口理科教育研究会の会員等の意見も聞き、題意の誤解されやすい問題、学校・教科書によっては教えていない問題、レベルの高すぎる問題などを、適切な問題に改めた。

3. テストの実施

(1) 実施の対象

公立の中学校を、山口県で3校、広島県、岡山県で各2校、計7校、3年生各1学級、合計284名を対象として調査した(表2参照)。この中の1校では、8学級、307名で実施したが、他校が各1学級なので、その学校の平均点に最も近い1学級の集計のみをここでは用いた。

(2) 実施の時期

昭和62年2月に行った。生徒は卒業の直前である。

(3) 実施の方法

問題用紙と、マークカードを配布し、生徒にマークカードに記入して提出させ、中学校から大学

に送り、SPEEDY - LISTで集計した。

4. 診断テストの問題と実施結果

前述のように、このテストは7つの階層からなり、それぞれ5つの小問で構成されている。以下、番号順に、問題、正答率、各誤答の選択率、及び出題のねらい、結果についての考察を記す。()内の*印のついた数字は正答率、他の数字は誤答の選択率を示す。

階層1 力・質量

1. 次のうちで正しいのはどちらか。

- | | |
|-------------------------|---------|
| ① ばねにはたらく力と、ばねの長さは比例する。 | (10%) |
| ② ばねにはたらく力と、ばねの伸びは比例する。 | (* 90%) |

<ねらい> ばねに加えた力と、ばねの変形の大きさが比例すること、すなわち、フックの法則の理解を調べた。

<考察> 正解は90%と多かったが、力がばねの伸びではなく、ばねの長さに比例すると答えたものが10%いた。

2. 磁石を鉄のくぎに近づけたら、磁石がくぎを引いた。このとき、次のうちで正しいのは、どちらか。

- | | |
|-----------------------|---------|
| ① くぎが磁石を引く力もはたらいている。 | (* 44%) |
| ② くぎが磁石を引く力のはたらいていない。 | (55%) |

<ねらい> 電気や磁気を帯びた物にはたらく遠隔力も、物体間の相互作用である。問題数の関係で、電気の場合は省略し、磁気の場合について、このことを理解しているか、調べた。

<考察> この場合の力が相互作用であることを理解しているものは少なかった。作用・反作用の法則は昭和53年の学習指導要領の改訂からは、教えないことになっているが、力が物体間の相互作用であることは、教えることになっている。大きいくぎで小さい磁石を引きつけて見せるとよい。

3. 次の文で正しいのはどれか。

- | | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------|
| (1) 地球が、物体を、地球の中心の向きに引く力を | ① 重力という。 | (* 98%) |
| | ② 質量という。 | (2%) |
| (2) 物体の | ① 重さは天びんで測定する。 | (36%) |
| | ② 質量は | " (* 64%) |
| (3) 物体の | ① 重さは測定する場所によって変わらない。 | (26%) |
| | ② 質量は | " (* 73%) |

(1) <ねらい> 重力は地球の引力であり、質量と異なることを理解させることになっているので、そのことについて理解しているか、どうかを調べた。

<考察> 98%と最も高い正答率であった。

(2) <ねらい> 中学校では、物体の重さはばねばかりで測る量、質量はてんびんで測る量として、操作的に定義している。このことが理解できているかどうか調べた。

<考察> 生徒の約2/3が正答し、1/3が誤答している。質量と重さは、同じように使われることもあり、特に質量は理解しにくい概念で、高等学校理科Iを学ばなければ、正しい理解は難しいようである。

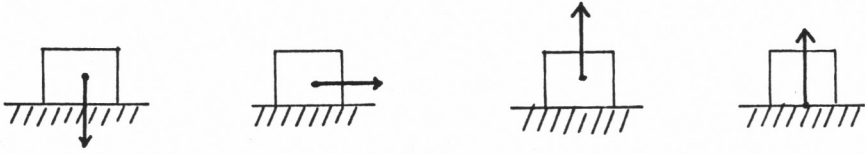
(3) <ねらい> 質量は、測定する場所によって、異なることはないが、重さは、測定する場所が異なると、変わることがある。このことを理解しているか、どうか調べた。

<考察> 誤答が約1/4あった。これは重さと質量の混同によるものとも考えられるが、普段余り使わない質量という言葉より、重さの方が使いやすく、測定場所が少しばかり変わっても、その値に変化を感じることはないという経験によるものもあろう。緯度や高さの差、月や人工衛星での重さの話は、体験でないだけに、身につけにくいようである。

階層2 合力・分力・力の釣合

4. 机の上に本が置いてある。重力の他に本にはたらく力は次のどれか。
ただし、空気の浮力は考えない。

① (7%) ② (44%) ③ (*48)



<ねらい> 学習指導要領では、1点にはたらく2力のつりあいの条件が記載されているが、それに関連して、中学校指導書理科編では、水平な面の上で静止している物体には、重力と、それに等しい大きさで、面が物体を上向きに押す力について考えさせることが、記されている。この力について理解しているか、どうかを調べた。

<考察> 本に上向きの力がはたらくことは92%の生徒が理解しているが、その半数の者は、抗力の作用点を、両者の接触面ではなくて、本の重心の位置にしている。力の作用点について指導する必要がある。

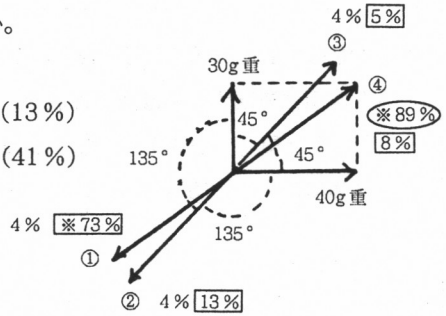
5. (1) 図で30g重と40g重の2力の合力はどれか。

(2) 合力の大きさは次のどれか。

① 10g重 (4%) ② 35g重 (13%)

③ 50g重 (*43%) ④ 70g重 (41%)

(3) 図で2力とつりあう力はどれか。



[□外は (1) の、 □内は (3) の回答率]

(1) <ねらい> 作図による力の合成ができるか否かを調べた。ただし、実際に作図させることはできないので、多肢選択法で、このことの理解を調べた。

<考察> 正答率89%の好成績であった。

(2) <ねらい> 合力の大きさを、計算によって求めることができるか、どうかを調べた。

<考察> 三平方の定理を用いて計算するか、3-4-5の関係を暗記しているかで、正解の50g重を答えたものが、43%あった。しかし、

$$30\text{g重} + 40\text{g重} = 70\text{g重}$$

としたと思える者が41%、

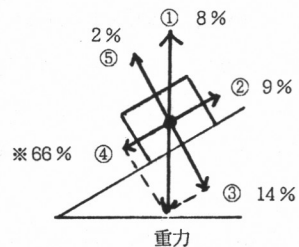
$$(30\text{g重} + 40\text{g重}) / 2 = 35\text{g重}$$

と計算したと思える者が、13%あった。

(3) <ねらい> 3力のつりあいの条件を理解しているか、どうか調べた。

<考察> 正答率は73%で、問題5(1)の正答率より、16%少なかった。力②を選んだ者は、(1)で③の力を選んだ者4%より9%多くなっているが、3力のつりあいを、図で見たときの直感で答えたものと思われる。

6. 図のように斜面においた物体にはたらく重力の、斜面に平行な分力はどれか。



<ねらい> 力を分解することができるか、どうかを調べた。

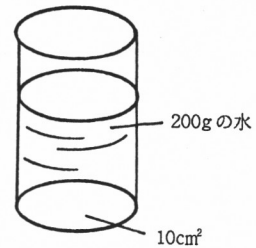
<考察> 正解は66%であった。力の分解は、力の合成より難しいようである。

階層3 圧力・浮力

7. 底面積が 10cm^2 の円筒形の容器に 200g の水を入れた。

水が底面に及ぼす圧力は次のどれか。

- ① 20g 重 (4%) ② $20\text{g重}/\text{cm}^2$ (* 74%)
 ③ 200g 重 (5%) ④ $200\text{g重}/\text{cm}^2$ (17%)



<ねらい> 圧力は、単位面積にはたらく力であることの意味を理解を調べた。

<考察> 正答率は74%であった。水の重さの 200g 重の、数値はそのままにして、単位だけを $\text{g重}/\text{cm}^2$ にしたものが、17%あった。このことは、指導の際、注意しておかなければなるまい。

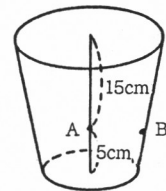
8. (1) 右図のような深さ 20cm のバケツに水を満たした。

表面から 15cm 下のA点の水の圧力は次のどれか。

- ① 5g 重 (4%) ② $5\text{g重}/\text{cm}^2$ (18%)
 ③ 15g 重 (17%) ④ $15\text{g重}/\text{cm}^2$ (* 61%)

(2) バケツの側面B点の水の及ぼす圧力の向きは次のどれか。

- ① 下向き (9%) ② 水平の向き (29%)
 ③ 面に垂直な向き (* 61%)



(1) <ねらい> 閉じ込められていない水の圧力は、深さに比例することを理解しているか、どうか調べた。

<考察> 正答率は61%で、単位を圧力でなく、力のままで答えたものが17%いた。また、水面からA点までの深さでなく、A点から底までの深さで考えたものが22%もあったのは、意外であった。底から、その距離に比例した圧力を受けると考えているのであろう。

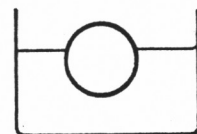
(2) <ねらい> 圧力は、面に垂直にはたらくことの意味を理解を調べた。

<考察> 正答率は61%で、水平の向きと答えたものが、29%もいた。圧力は、底の水平面では鉛直下向きに、側面では水平にはたらくと考えているようである。

9. 体積が 60cm^3 の物体を、水に浮かべたら 40cm^3 だけ水面より下になった。

物体にはたらく浮力の大きさは次のどれか。

- ① 20g 重 (50%) ② 40g 重 (* 43%)
 ③ 60g 重 (7%)



<ねらい> 水中にある物体は、その物体が押しのけた水の重さに等しい大きさの浮力を受けること、すなわち、アルキメデスの原理を理解しているか否かを調べた。

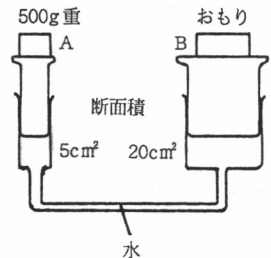
<考察> 正答率が43%と低く、20g重と答えた者がちょうど50%であった。20g重という値は、水面から上の物体の体積分の、水の重さであるが、このように答えた者の中には、漫然と問題にある数字の引算をしたものもいるようである。わからないときは、よく考えずに、問題にある数字をとにかく使うという習慣があるように思われる。

10. Aの断面積が 5cm^2 、Bの断面積が 20cm^2 である右図の装置の

両方にピストンを置いたら、ちょうど水面の高さが同じであった。

Aのピストンに500g重のおもりをのせるとき、Bのピストンには
いくらのおもりのせればつりあうか。

- | | | | |
|----------|---------|----------|------|
| ① 125g重 | (11%) | ② 250g重 | (4%) |
| ③ 500g重 | (3%) | ④ 1000g重 | (4%) |
| ⑤ 2000g重 | (* 77%) | | |



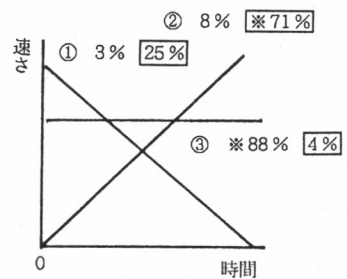
<ねらい> パスカルの原理を理解しているか否かを調べた。

<考察> 両ピストンの面積が、1:4の比であるから、おもりの重さも1:4で、2000g重が正解であり、そのように答えたものが77%であったが、4:1として、125g重と答えたものが、11%あった。比例、反比例の関係が、正しく使えないようである。

階層4 運動・運動と力

11. 図は物体の速さと時間の関係を示すグラフである。

- (1) 等速直線運動のグラフはどれか。
- (2) 落下運動のグラフはどれか。



[外は (1) の、 内は (2) の回答率]

(1) <ねらい> 等速直線運動は、時間が変わっても、速さが一定であること、問題で示された時間と速さの関係を表すグラフでは、時間軸に平行な直線で表されることを、理解しているかどうかを調べた。

<考察> 正答率は88%と、よくできていたが、②と答えた者が8%あった。これは、時間と距離のグラフと間違えたのであろうが、基礎的な問題であるだけに、全員が正しく答えられるようにしたい。

(2) <ねらい> 落下運動は、時間とともに速さが増すこと、問題に示された時間と速さのグラフでは、右上がりの直線になることを、理解しているか、調べた。

<考察> 正解が71%で、右下がりのグラフにした者が、25%もあった。これでは時間がたつほど、遅くなることになる。

12. 次の文で誤りはどれか。

力がはたらかないとき、

- ① 静止した物体は静止を続ける。 (11%)
- ② 動いている物体の速さは次第に遅くなる。 (* 50%)
- ③ 動いている物体は等速直線運動をする。 (38%)

<ねらい> 慣性の法則を理解しているかどうかを調べた。一般に、多肢選択法の問題では、「正しいのはどれか」とするのが通例のようであるが、ここでは、正解を2つ、誤答を1つにしたほうが、出題しやすかったので、「誤りはどれか」の形にした。

<考察> 正答者が半数であった。慣性の法則は、簡単なようで、実はなかなか理解しにくい法則であると言われているが、ここでもそのような結果となった。ただ、<ねらい>の所で述べたように、出題形式が普段使っている形式と異なる点が影響していることも考えられる。

13. 次の文で正しいのはどれか。

等速直線運動する物体の動いた距離は動いた時間に

- ① 比例する。 (* 69%)
- ② 2乗に比例する。 (11%)
- ③ 反比例する。 (3%)
- ④ ①②③のいずれでもない。 (16%)

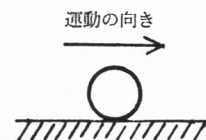
<ねらい> 等速直線運動する物体の移動距離は、時間に比例することを理解しているか、どうかを調べた。

<考察> 小学校の算数に出てきそうな、基本的なことと思うが、正解が69%しかなかった。移動距離が、時間の2乗に比例するとか、①②③のいずれでもないという誤答が意外に多かった。この所はもっとよく理解させなくてはと思う。また、誤答の原因についても調べてみたい。

14. 摩擦や空気抵抗のない水平面で、物体が一定の速さで直線上を動いている。

この物体には

- ① 前向きの力がはたらいている。 (55%)
- ② 後向きの力がはたらいている。 (6%)
- ③ 力ははたらいていない。 (* 39%)



<ねらい> 等速直線運動をする物体には、力がはたらいていない（または、はたらいていてもつりあっている）のであるが、前向きの力がはたらいている（または持っている）と誤解しているものが多いことは、よく知られている。授業でも、そのことは考慮して指導しても、なかなか直しくいところである。ここでは、そのことについて尋ねてみた。

<考察> ある程度は予想していたが、やはり正解は39%と少なく、「前向きの力がはたらいている」という答が、過半数の55%もあった。指導の際の一層の配慮が必要である。

階層5 仕事・仕事率

15. 摩擦のない水平な面で、体重50kgの人が5mだけすべった。このときの仕事は次のどれか。

- ① 0kg重 m (* 13%) ② 0.1kg重 m (1%) ③ 10kg重 m (6%)
 ④ 50kg重 m (5%) ⑤ 250kg重 m (75%)

<ねらい> 仕事は、力の大きさと力の方向に動いた距離との積で表される。摩擦のない水平面で、等速度で物体を動かしても、力が0であるから、仕事をしたことにならない。このことについての理解を調べた。

<考察> 正答率は僅かに13%と、全問題を通じて最悪であった。体重に等しい50kg重の力で、5m動かしたときの仕事、すなわち、250kg重と答えたものが75%もいた。摩擦の無い水平面でも、物を動かすには、その物の重さに等しい力が必要であると思っている者が多い。また、問題で与えられた数字を、漫然と使った者もいるようである。

16. A君が30kgの荷物を2分間支えていた。このときの仕事はいくらか。

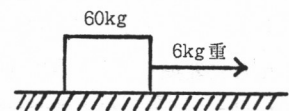
- ① 0kg重 m (* 28%) ② 15kg重/分 (24%) ③ 30kg重 m (11%)
 ④ 60kg重 m (9%) ⑤ 60kg重分 (27%)

<ねらい> 物を支えているとき、力がはたらいていても、動いた距離が0であるから、仕事をしたことにならない。このことについての理解を調べた。

<考察> 前の問題ほどではないが、正答率は28%と低かった。ここでも、単位はやや異なるが、問題に与えられた数字をかけたもの（60kg重分、60kg重m）と、割ったもの（15kg重/分）が多かった。仕事の概念は、よく理解されているとは言えないようである。

17. 水平な床の上で、60kgの物体を、6kg重の力で引きながら力の向きに2m動かした。このときの仕事はいくらか。

- ① 0kg重 m (3%) ② 12kg重 m (* 56%)
 ③ 60kg重 m (8%) ④ 120kg重 m (33%)



<ねらい> 仕事は、力と、その方向に物体が動いた距離との積であること、また、その物体の質量には直接関係ないことを理解しているかどうか調べた。

<考察> 正答率は半数強の56%であった。ここでも、仕事を、物体にはたらく力ではなく、物体の重さと、動かした距離との積にした者が、33%もいた。

18. 次の文中正しいのはどれか。

重い物を持ち上げるとき、直接手で持ち上げるのと、てこ、輪軸、動滑車を用いるのと比較すると、後者の方が仕事で

- ① 損をする。 (6%) ② 得をする。 (24%)
③ 損も得もしない。 (* 69%)

ただし、摩擦はないものとする。

<ねらい> 仕事の原理の理解を調べた。

<考察> 簡単な器械を用いると、力では得をするが、仕事では得をすることはできないのに、仕事で得をすると思っている者が約1/4あった。

19. 30kgの物体を10m持ち上げるのに20秒かかった。このときの仕事率はいくらか。

- ① 15kg重m/秒 (* 74%) ② 15W (4%)
③ 6000W (2%) ④ 6000kg重m秒 (20%)

<ねらい> 仕事率についての理解を調べた。

<考察> 約3/4の生徒が理解していたが、問題に出ている3つの数字を、漫然と掛けた者が、2割いた。仕事率は、仕事を、それに要した時間で割ったものであることを、よく理解させる必要がある。

階層6 力学的エネルギー

20. 次の文で正しいのはどれか。

- ① 物を動かす力をエネルギーという。 (18%)
② 仕事をする力をエネルギーという。 (37%)
③ 物を動かす能力をエネルギーという。 (11%)
④ 仕事をする能力をエネルギーという。 (* 34%)

<ねらい> エネルギーは、日常生活、産業などで重要であり、自然科学においても、エネルギーは相互に変換し、かつ保存則が成立するというので、中学校理科でも物理・化学・生物・地学の4領域を通して、最も重要な基本的概念であるといわれている。そのエネルギーの定義について尋ね

てみた。

<考察> 中学・高校では、エネルギーは、仕事をする能力と、定義している。このことを理解しているものは、34%しかなかった。仕事をする力と答えたものが、やや多くて37%、物を動かす力と答えたものを含めると、「力」と答えたものが過半数になる。潜在的能力を分かりやすく説明すると、「ちから」になるという意見もあるが、理科の、しかも物理的領域の所では、「力」と「潜在的能力」とは区別しなければなるまいと思う。最も重要な概念であるだけに、十分な指導が望まれる。

21. 物体が高さ5mの所にあるときと、高さ10mの所にあるときにもつ位置エネルギーの比はいくらか。

- | | | | |
|-------|------|-------|---------|
| ① 1:1 | (1%) | ② 1:2 | (* 91%) |
| ③ 1:4 | (7%) | ④ 1:8 | (0%) |

<ねらい> 重力による位置エネルギーは、物体の質量と、物体のおかれた高ささに比例する。問題数の関係で、ここでは高さの方だけを尋ねた。

<考察> 正答率は、91%とよくできていた。しかし、高さの2乗に比例するとした者が7%あった。また、予備テストでは、エネルギーの比を、1:2と、2:1と出題したところ、2:1と答えたものも多かった。このことについては、厳密には違うけれども、本質的にはわかっているのだから、考慮したいという、中学校教師の意見があり、2:1の比は問題から削除した。

22. 人が5m/秒の速さで動いているときの運動エネルギーと、10m/秒の速さで動いているときの運動エネルギーの比はいくらか。

- | | | | |
|-------|---------|-------|-------|
| ① 1:1 | (3%) | ② 1:2 | (51%) |
| ③ 1:4 | (* 44%) | ④ 1:8 | (2%) |

<ねらい> 運動エネルギーは、質量に比例し、速さの2乗に比例する。問題数の関係で、質量、速さの両方について調べることができないので、速さの方だけ調べた。中学校では速さが2倍、3倍になると、運動エネルギーは、4倍、9倍になると指導するにとどまっている。ここでは最も簡単に、速さが2倍になった場合について、生徒の理解を調べた。

<考察> 正答者は44%で、全体の半数の者が、2倍になると答えた。スピード違反による交通事故が大きな社会問題になっている現在、運動エネルギーは、速さに比例するのではなく、速さの2乗に比例することを、全生徒に熟知させておくべきことと思う。

23. エネルギーの単位は次のどれか。

- | | | | | | |
|--------|---------|-------|-------|-------|------|
| ① kg | (0%) | ② kg重 | (10%) | ③ kgm | (6%) |
| ④ kg重m | (* 69%) | ⑤ W | (14%) | | |

<ねらい> 前述のように、エネルギーは、中学校理科で最も重要な概念である。それを使用するには、単位が必要であると思うが、中学校理科ではJという単位を使用していない。ここでは重力単位のkg重mについて、尋ねてみた。

<考察> 69%の正解で、仕事率の単位wを答えた者が14%いた。新学習指導要領が実施されるときは、みんなが、Jを使えるようにしたいものである。

24. 手に持っているボールをはなしたら、落下した。次の文で正しいものを選び、番号で答えよ。

- ① ボールのもつエネルギーは次第に小さくなる。 (5%)
- ② ボールのもつエネルギーは次第に大きくなる。 (18%)
- ③ ボールのもつ位置エネルギーが減り、運動エネルギーが増える。 (* 75%)

<ねらい> 中学校理科では、エネルギーの変化は学ぶが、保存則は学ばない。高いところの物が、落下すると、位置エネルギーが減少して、運動エネルギーが増加する程度にとどめているので、そのことを尋ねてみた。

<考察> 3/4の生徒が正答しているが、18%の生徒が、エネルギーが増大すると答えている。運動エネルギーの方が、位置エネルギーより、把握しやすいのであろうか。

階層7 エネルギー変換

25. 次のものはどのようなエネルギーの変換を行っているか。番号で答えよ。

- ア. 自転車の発電機 [] → 電気エネルギー
 - イ. 自転車のブレーキ 運動エネルギー → []
 - ウ. モーター 電気エネルギー → []
 - エ. 太陽電池 [] → 電気エネルギー
 - オ. 熱機関 熱エネルギー → []
- ① 位置エネルギー ② 運動エネルギー ③ 熱エネルギー
④ 光エネルギー ⑤ 電気エネルギー

回答率 (エネルギーという言葉を省略、数字は%)

	位置	運動	熱	光	電気
ア 自転車の発電機	4	* 74	17	2	1
イ 自転車のブレーキ	51	5	* 36	0	6
ウ モーター	5	* 66	16	4	7
エ 太陽電池	2	1	12	* 83	1
オ 熱機関	4	* 49	3	5	36

<ねらい> 身近な物について、どのようなエネルギー変換が行われているか、尋ねた。

<考察> ア. 正答は74%で、熱エネルギーから電気エネルギーへという答が、17%もあった。

イ. 正答率は36%と少なかった。位置エネルギーという答が多かったが、これは、「位置エネルギーと運動エネルギーの変換についてよく習っているので、なんとなくそのように感じた」、「他の4つの選択肢が正答でなさそうだから、残ったものにした」、「25番の問題の答に、位置エネルギーがまだでていないから、ここの答ではないかとおもった」といった曖昧な解答が多かったようである。

ウ. 正答者は約2/3で、熱エネルギーへという者が約1/6いた。

エ. 太陽電池は、よく知っているともみえて、83%の高い正答率であった。ここでも熱エネルギーと答えたものが、12%いた。

オ. 正答は約半数で、電気エネルギーへの変換と答えたものが、約2/3いた。熱機関という言葉は、教科書にあるので、問題に出したが、普段余り使わないので、正答率が低かったことも考えられる。しかし、電気エネルギーを、まだ回答の中に書いていないので、この答にしたという者もいるようである。

5 全問題についての結果と考察

(1) 平均点と標準偏差

各校および全体の受験者数、平均点と標準偏差は次の通りであった。

表2 受験者数、平均点と標準偏差

学 校	人 数	成 績 (%)	得点平均	標準偏差
A	37	61.9	21.7	5.2
B	40	58.1	20.3	5.6
C	45	57.3	20.0	5.4
D	42	60.1	21.0	5.6
E	40	59.4	20.8	6.8
F	39	74.1	25.9	5.3
G	41	68.2	23.9	5.6
全体	284	62.4	21.8	5.6

全生徒の平均点は、35点満点で21.84点、(62.4%)、標準偏差は5.6であった。(8学級、307名で実施した学校の平均は21.0点、60.0%であった。)

電磁気について行ったテストの、全生徒の平均点は、25点満点で16.7点、66.8%の正答率であったので、力学のテスト結果は、電磁気の場合に比べて、やや低かった。学習指導要領で求めていることの2/3をやや下回る結果となった。

(2) 診断グラフの作成

各階層の平均点、正答率は表3の通りであった。

表3 階層別平均点

階層	1	2	3	4	5	6	7	全体
平均点	3.7	3.2	3.2	3.2	2.4	3.2	3.1	21.8
正解率 (%)	73.9	63.8	63.0	63.7	48.2	62.6	62.6	61.8

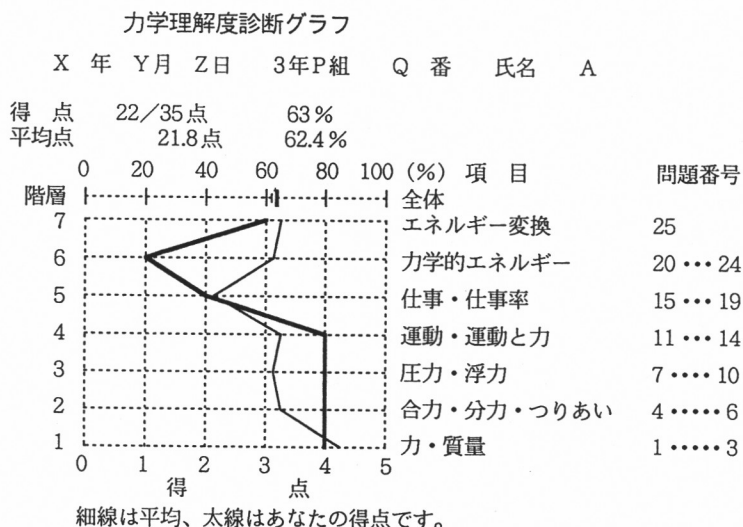
各階層ごとにみると、階層1(力・質量)が最もよくできて、3.7点、73.9%、階層5(仕事・仕事率)が最も低くて2.4点、48.2%であった。他は63%くらいの成績であった。

この結果を岡山大学の脇本和昌教授の階層評価グラフを参考にしてグラフにした。下図で横座標に正答数(理解度)を、縦座標に階層をとってグラフとする。最上段に全体の成績を記入するようになっている。各階層及び全体の平均値をグラフに記入し、必要数だけ印刷しておく。

(3) 診断グラフの利用

個々の生徒について、色鉛筆または太線でその成績を診断グラフに書き込み、生徒に渡す。例えば、生徒Aの場合は下図の太線のようになる。Aは全体では平均とほぼ同じ22点、63%であるが、1年で学習した静力学(1,2,3の階層)と、3年で学習した中の運動・運動と力(階層4)は良くできているのに対して、仕事・仕事率・エネルギーはよく理解していないことが、一目でわかる。従って、Aは、1学年の学習事項は復習する必要は少ないが、3年の仕事・エネルギーについては、復習する必要が大きいことがわかる。

診断テストの結果、理解不十分と診断されたところは、解説を読み、更に練習問題をして、再診断テストを受けるシステムを開発したいが、まだ実現していない。現段階では、教師の指導、あるいは生徒の自習に委ねている。



6 中学校理科第一分野物理的領域についての理解度

先に報告した、中学校理科の電磁気についての診断テストと、この力学の診断テストと合わせて、中学校理科、第1分野、物理的領域についての、理解度を調べることができる。配点が、力学が35点、電磁気が25点と、力学の配点が多いが、学習内容も多いので、両者の比率は、7:5で適当と思う。電磁気の平均が、16.7点/25点、力学の平均が、21.9点/35点であるから全体では38.6点/60点、64.5%になる。これが、中学校理科第1分野物理的領域の平均の理解度ということになる。

7 教育学部における理科教育法の授業での利用

- (1) 先ず、学生に診断テスト問題を解かせ、中学校での履修内容について、再認識させる。回答カードを回収し、誰のかわからない番号にして、SPEEDY-LISTで処理する（氏名はカードの裏に書かせる。）パソコンによるテスト処理の指導になる。
- (2) SP表を参考にして、誤りやすい問題を指摘する。何故そのような誤答が多いか、考察させる。誤答者の考え方を言わせると、中学生の考え方を知る上で、参考になる。
- (3) SP表に付随して示される注意係数の大きい問題について、検討する。
- (4) 中学生の実態を知らせ、誤りやすい問題について注意し、指導法を考察させる。
- (5) 学生の成績を個別に知らせ、誤りを直させる。

この診断テストを、2年の学生に実施した結果は、85%の成績であった。理科に所属しているとはいえ、高校で物理を選択していないものもあり、大学では、このような初歩的なことは、わかりきったこととして、講義でも扱わないことが多いので、誤りに気づかずにいることがある。それを指摘して直すのに役立つことができる。

8 あとがき

この診断テストは、中学校卒業前に実施し、個々の生徒のつまずきの箇所を見いだし、完全な理解へ近づけると共に、教師も指導について反省すべき所を見いだし、指導の改善に役だてて頂きたい。また、高校で力学を履修する際、プリテストとして利用して頂きたい。

テスト問題の作成には、文部省指導書理科編、岡山大学の脇本和昌教授の「算数のつまずき発見法」、各社の教科書、問題集を参考にした。予備調査では本学部学生の藤野智恵美さんに協力してもらった。また、問題の作成、テストの実施に、岡山市立高松中学校（現在）の光田淳雄校長、広島市立吉島中学校の佐々木允校長、各中学校の理科担当教諭、山口理科教育研究会の会員諸氏に御協力頂いた。厚く御礼を申し上げますとともに、これからも、このテストを改善し、また、診断後の治療法も完成したいので、御意見をお聞かせ頂くよう、お願いしたい。

参考文献

- 1) 橋高嘉弘、「中学校理科”電磁気”の理解度と診断テスト」、山口大学教育学部研究論叢 第39巻 第3部、1990
- 2) 脇本和昌、「算数のつまずき発見法」、三晃書房、1980

- 3) 橘高嘉弘、「中学校理科”力学”の診断テスト」、日本理科教育学会第38回全国大会（富山大学）
大会要項、1988
- 4) 文部省、「中学校指導書理科編」、1978