

エネルギーと効率の概念の理解の実態

— 工学部大学生を対象にして —

On the Understanding of the Concept of Energy and Efficiency

— A Case of Students of Faculty of Engineering —

佐藤 博* 宮下 真†

SATO Hiroshi MIYASHITA Shin

要約: エネルギーと効率について工学部大学生がどのような概念を形成しているのか、その実態をアンケート調査し、その調査をもとに検討した。その結果、エネルギーについては、7割以上のものが日常慣用的に使われている語積を選択せず、物理的な定義に基づいた語積を多く選択しているが、その一方で物理的な定義に基づいた語積である「電磁気、質量」を選択したものは少なかった。効率については、三分の二以上のものが日常慣用的に使われている語積を選択せず、物理的な定義に基づいた語積を多く選択しているが、その一方で物理的な定義に基づいた語積である「使った労力と得られた結果との割合」を選択したものは少なかった。

キーワード: エネルギー、エネルギー変換、効率、科学教育、技術教育

I はじめに

科学技術の進歩が人間生活とどうかかわっているか、特に環境との関わりについて認識を深め、特に科学技術と環境との調和は21世紀の大きな課題であり、科学技術なくしては環境問題の解決は難しく、また限られたエネルギー資源の有効利用が大切になってくる。そのためには、物質やエネルギーに関する事物・現象を通してエネルギーが互いに変換できること、自然の仕組みや働きは相互に影響し合っていること、相互変換によってその形を変えても、エネルギーそのものは保存されることなどを知り、さらにエネルギーの有効利用を考えることなどが重要となる。

中学校技術科では、エネルギーの変換方法について、いろいろな形態のエネルギーがどのような方法で変換、制御され、利用されているかについて生徒に調べさせ、目的の仕事や動作をさせるための仕組みを考え、製作品の構想をまとめることができるようにしている。また電気エネルギーの変換を利用した製作品を取り上げる場合、電気エネルギーを熱、光、動力などに換えるために用いられる電気回路について、実験などを通してその基本的な仕組みを理解させるような内容になっている^[1]。しかし、中学校技術科においてエネルギー変換効率については教えていない。小川ら^{[2] [3] [4]}はエネルギー教育の立場からエネルギー変換効率の概念形成の必要性を指摘し、浅井^{[5] [6]}は科学技術教育の試案として分野系列「エネルギー」の中で変換効率を扱うべきであると提案し、有川^{[7] [8]}はエネルギー変換効率の概念学習や機械を動かすエネルギー形態の特性に関する学習の授業実践を行っている。上里ら^[9]の調査で「電動機など『エネルギー変換』そのものがエネルギーを持っていると考える傾向がある。」ことや『『エネルギーの一種（一形態）である』』ということの区別が不十分である。」ことがわかったことを報告しており、中学生がエネルギーとは何かを正しく理解していない。

*技術教育講座、†技術教育専修

中学校理科では、物質やエネルギーに関する事物、現象に対する関心を高め、その中に問題を見出し、日常生活と関連付けて考察する力や科学的に考察する態度を養い、自然を総合的に見ることができるようにすることを狙いとして、日常生活の身近な事象の中から生徒自身が疑問を持ち、探求的な活動を重ねて行き、その活動を通じて、エネルギーの形には、人間にとって利用しやすいものと、利用しにくいものがあることを知り、エネルギーの有効利用に関心を持たせるようにしている。さらに物質については、原子や分子からできていることを理解させるとともに、物質の持つ化学エネルギーも他のエネルギー同様、熱エネルギーや電気エネルギーに変換して利用できることを理解させるような内容になっている^[10]。しかし、中学校理科においてエネルギー変換効率については教えていない。

高等学校物理では、エネルギーは他の物体に対してする仕事量で測られることを理解させ、さらに単位時間あたりの仕事である仕事率も理解させ、電流のする仕事と発熱量の関係、エネルギーには力学的エネルギー、内部エネルギー、電気エネルギー、原子力、光エネルギー、音のエネルギーなどいろいろな種類があること及びそれらが互いに他のエネルギーに変換してもエネルギーの総量は保存されることなどを理解させるような内容になっている^[11]。しかし、高等学校物理において効率について教えていない。本研究では、エネルギーとエネルギー変換効率について工学部大学生がどのような概念を形成しているのか、その実態をアンケート調査し、その調査をもとに検討した。

II 調査方法

1 調査問題の形式

本研究においては、比較的短時間で多数の対象者から多くの事柄について調査できること、また、それらの結果を数量化しやすいという理由から、質問紙法により調査を行った。具体的には、質問紙を用いて多肢選択と自由記述を併用するという方法で実施した。

2 調査対象

対象者は、山梨大学工学部の学生（1～4年生：以下大学生と略す）である。アンケート調査人数の内訳を表1に示す。アンケート調査問題をやる前に、高校での物理の履修状況を調査した。高校時代に物理を履修したものは97%であった。学習した内容については、物理Iが83%、物理IIが87%、総合理科が11%、その他（物理IB・IIを履修した）が3%であった。この中で、物理IとIIを両方履修したというものは76%で、どちらか1つ履修したというものは少ないが、物理Iだけが8%、物理IIだけが11%で、物理IIだけというものの方が多かった。そして、無記入が4%であった。

表1 アンケート調査対象(単位：人)

| | 1年 | 2年 | 3年 | 4年 | 合計 |
|----|----|----|----|----|----|
| 男子 | 61 | 7 | 0 | 3 | 71 |
| 女子 | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 合計 | 65 | 7 | 0 | 3 | 75 |

3 調査時期

調査は、2006年7月下旬に実施した。

4 調査問題

調査問題を図1に示す。調査問題は1～2の計2題から構成されている。問題1は「エネルギー」について、問題2は「効率」について大学生がどのように認識しているかを調べる問題である。回答結果により聞き取り調査もあわせて行った。問題1はエネルギーについての説明を問う問題である。回答方法としては多岐選択法をとった。辞典等の「エネルギー」の語釈とその出典を表2の(1)～(7)に示す。「エネルギー」の語釈には、物理的な定義に基づいた語釈と物理的な定義とは若干異なる日常慣用的に使われている語釈とがあった。選択するA～Kの回答記述は、表2に示す辞典等の語釈

| |
|--|
| 学籍番号 _____ 名前 _____ |
| <p>問題1 エネルギーについて説明しているものをA～Kの中から選んで○をつけてください。(複数選択可)</p> <ul style="list-style-type: none"> A 物理的な仕事をする能力、また、その量 B 物理量の一つ C 物理学的な仕事をなし得る諸量の総称 D 物体が力学的仕事を成しえる能力 E 仕事などをするのに必要な心身の元気 F 物理学的な仕事に換算しうる量の総称 G 位置、運動、熱、光 H 電磁気、質量 I 物体や物体系が持っている仕事をする能力の総称 J 活動の源として体内に保持する力 K 活気、精力 <p>問題2 効率について説明しているものをa～lの中から選んで○をつけてください。(複数選択可)</p> <ul style="list-style-type: none"> a 仕事の能率 b 物体が移動した距離とそれに供給したエネルギーとの比率 c 少ない労力で多くの効果があること d 仕事のはかどり具合 e 機械が有効に働いて成した仕事の量とそれに供給した総エネルギーとの比率 f 機械作業などをする際に、その仕事量とそれを行うに要したエネルギー量との比 g 使った労力と得られた結果との割合 h 有効に利用されたエネルギーと供給されたエネルギーの比 i 負荷に成される仕事と作用が成す仕事の比 j あることをするのに消費した労力や時間から見た、成果の程度 k 成された仕事量と、その仕事を成すために使われたエネルギー量との比 l 与えたエネルギーのうちどれだけの割合が有効に使われたかを示す指標 |

図1 アンケート問題

エネルギーと効率の概念の理解の実態

表 2 各辞典等の「エネルギー」の語釈

| | 語釈 | 出典 |
|-----|--|------|
| (1) | 物理的な仕事をするのできる能力、また、その量。人間の活動、行動の源となる力。精力。 | [12] |
| (2) | 物体が持っている仕事をする能力の量。仕事などをするのに必要な心身の元気。 | [13] |
| (3) | 精力、元気。物理学的な仕事に換算しうる量の総称。位置、運動、熱、光、電磁気など。 | [14] |
| (4) | 物体が持っている、仕事をするのできる能力の量。元気、精力、活力。 | [15] |
| (5) | 力を出すもと。精力、活動力。物理量の一つ。物体や物体系が持っている仕事をする能力の総称。力学的仕事を基準とし、これと同等と考えられるもの、あるいは、これに換算できるもの。力学エネルギー。 | [16] |
| (6) | 活動の源として体内に保持する力。活気、精力。物理学的な仕事をなし得る諸量の総称。物体が力学的仕事をなしえる能力の意味であったが、その後、熱、光、電磁気、やさらに質量までもエネルギーの一形態であることが明らかにされた。 | [17] |
| (7) | 基本的な物理量の一つ。仕事をするのできる能力、またその量。人間の活動、行動の源となる力。個人の肉体的な行動の源となる力や多くの人間による社会的な活動、運動の元となる力その量。人間の活動、行動の源となる力。個人の肉体的な行動のなどを言う。 | [18] |

表 3 各辞典等の「効率」の語釈

| | 語釈 | 出典 |
|--------|---|------|
| (I) | 機械が有効に働いて成した仕事の量とそれに供給した総エネルギーとの比率。 | [19] |
| (II) | 機械によって成された有効な仕事の量と機械に供給された全エネルギーとの比。一般に、仕事の能率。少ない労力で多くの効果があること。 | [20] |
| (III) | 機械作業などをする際に、その仕事量とそれを行うのに要したエネルギー量との比。仕事のはかどり具合。 | [21] |
| (IV) | あることをするのに消費した労力や時間から見た、成果の程度 | [22] |
| (V) | 使った労力と得られた結果との割合。 | [23] |
| (VI) | 有効に利用されたエネルギーと供給されたエネルギーとの比。負荷に成される仕事と作用が成す仕事の比。 | [24] |
| (VII) | 基本的な物理量の一つ。仕事をするのできる能力、また荷に成される仕事と作用が成す仕事の比。 | [25] |
| (VIII) | 成された仕事量と、その仕事を成すために使われたエネルギー量との比。 | [26] |
| (IX) | 与えたエネルギーのうちどれだけの割合が有効に使われたかを示す指標。 | [27] |

を参考にして作成した。Aは(1)と(7)、Bは(5)と(7)、Cは(3)、Dは(6)、Eは(2)、Fは(6)、Gは(3)と(6)、Hは(3)と(6)、Iは(5)、Jは(6)、Kは(4)と(6)を参考にして作成し、A~K全て正答と

した。問題2は効率についての説明を問う問題である。回答方法としては多岐選択法をとった。辞典等の「効率」の語釈とその出典を表3の(I)～(IX)に示す。「効率」の語釈には、物理的な定義に基づいた語釈と物理的な定義とは若干異なる日常慣用的に使われている語釈とがあった。選択するa、c～eの回答記述は、表3に示す辞典等の語釈を参考にして作成した。aは(II)、cは(II)、dは(III)、eは(I)、fは(III)、gは(V)、hは(VII)、iは(VII)、jは(IV)と(VI)、kは(VIII)、lは(IX)を参考にして作成し、a、c～lは正答とした。bは燃費に相当する回答記述であり、誤答とした。この回答記述を作ることにより、問題1および問題2について全て正答であることを避けた。

III 調査結果

1 問題1の結果

問題1の結果を図2に示す。全てを選択したものは3%あった。物理的な定義に基づいた語釈であるA、B、C、D、F、G、Iを選択したものが多かったが、物理的な定義に基づいた語釈であるのに関わらず、Hを選択したものは少なかった。「(G)位置、運動、熱、光」を選択したものが最も多く80%あった。これは中学校の理科や高校の物理の教科書等に、位置エネルギー、運動エネルギー、熱エネルギー、光エネルギーというような記述があるので多かったと考えられる。「(A)物理的な仕事をする能力、また、その量」を選択したものが57%と半数以上あった。ついで、「(B)物理量の一つ」を選択したものが47%、「(C)物理学的な仕事をなし得る諸量の総称」を選択したものが44%、「(F)物理学的な仕事に換算しうる量の総称」を選択したものが44%、「(I)物体や物体系が持っている仕事をする能力の総称」を選択したものが39%、「(D)物体が力学的仕事を成しえる能力」を選択したものが37%あった。しかし、物理的な定義に基づいた語釈であるのにかわらず「(H)電磁気」を選択したものは17%と少なかった。物理において、電界の学習でコンデンサーの静電エネルギーを、核エネルギーの学習で質量とエネルギーを学習するようになっている^{[28] [29] [30]}。日常慣用的に使われている語釈であるE、J、Kを選択したものは少なく、「(E)仕事などをするのに必要な心身の元気」を選択したものがもっとも少なく15%、「(K)活気、精力」を選択したものが17%、「(J)活動の源として体内に保持する力」を選択したものが23%あった。E、J、Kを選択しなかったものは、それぞれ85%、83%、77%と多く、E、J、Kを3つとも選択しなかったものは、71%と多かった。7割以上のものが日常慣用的に使われている語釈を選択せず、物理的な定義に基づいた語釈を多く選択している。

2 問題2の結果

問題2の結果を図3に示す。全てを機械的に選択したものは1.5%あり、このものは問題1でも全てを選択しており、機械的に全てを選択した可能性がある。物理的な定義に基づいた語釈であるb、e、f、h、k、lを選択したものが多かったが、物理的な定義に基づいた語釈であるのに関わらず、g、Iを選択したものは少なかった。「(e)機械が有効に働いて成した仕事の量とそれに供給した総エネルギーとの比率」を選択したものが最も多く53%あった。ついで「(l)与えたエネルギーのうちどれだけの割合が有効に使われたかを示す指標」を選択したものが48%、「(k)成された仕事量と、その仕事を成すために使われたエネルギー量との比」を選択したものが47%、「(b)車が移動した距離とそれに供給したエネルギーとの比率」を選択したものが44%、「(f)機械作業などをする際に、その仕事量とそれを行うに要したエネルギー量との比。」を選択したものが43%、「(h)有効に利用され

エネルギーと効率の概念の理解の実態

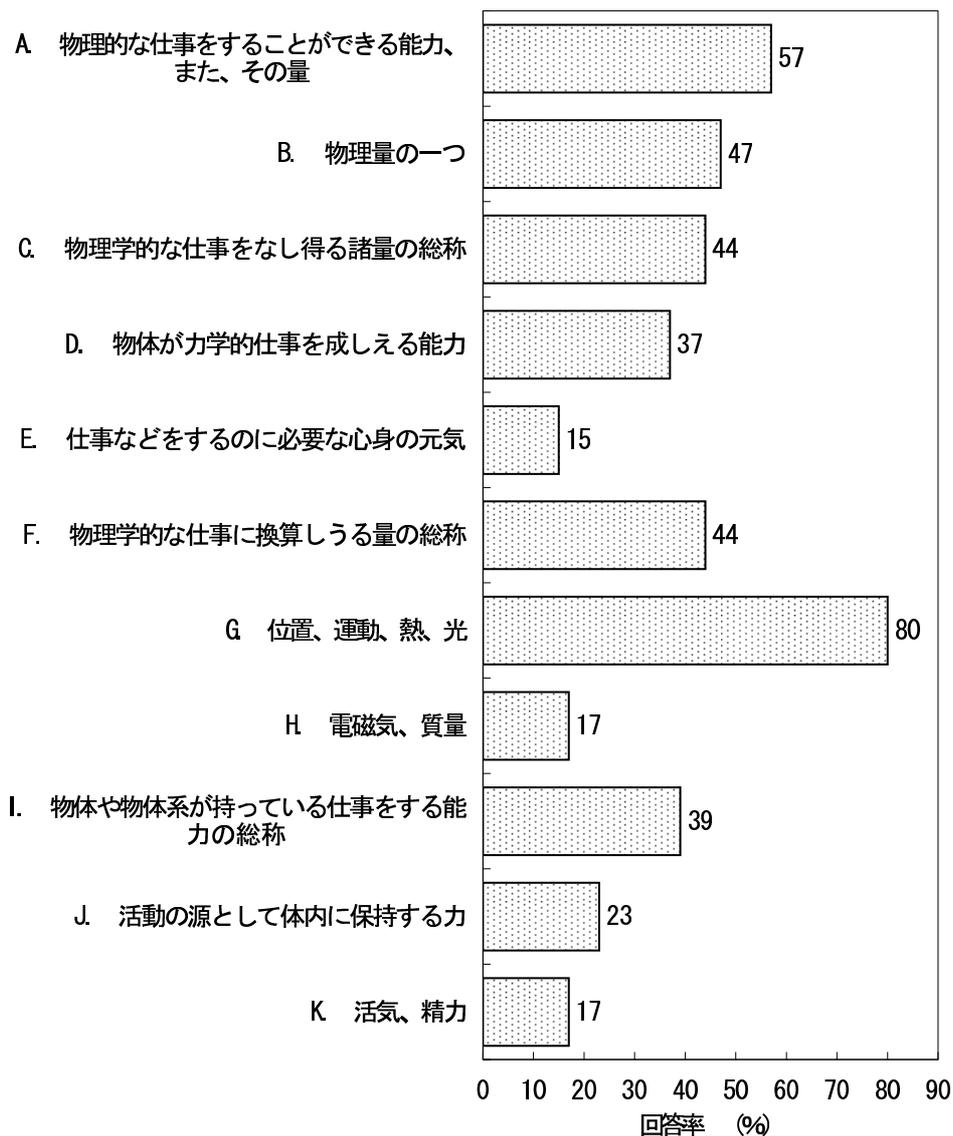


図 2 問題 1 の回答結果

たエネルギーと供給されたエネルギーの比」を選択したものが 40%あった。しかし、物理的な定義に基づいた語彙であるのかかわらず「(g)」を選択したものは 28%、「(i) 負荷に成される仕事と作用が成す仕事の比」を選択したものは 11%と少なかった。日常慣用的に使われている語彙である a、c、d、j を選択したものは少なく、「(c) 少ない労力で多くの効果があること」を選択したものがもっとも少なく 13%、「(d) 仕事のはかどり具合」を選択したものが 17%、「(j) あることをするのに消費した労力や時間から見た、成果の程度」を選択したものが 24%、「(a) 仕事の能率」を選択したものが 35%あった。c、d、j、a を選択しなかったものは、それぞれ 87%、83%、76%、65%と多く、c、d、j、a を 4 つとも選択しなかったものは、67%と多かった。a、d、j を選ばなかった理由として時間が関係するので選択しなかったことが、物理的な定義に基づいた語彙であるのに関わらず、i を選ばなかった理由として回答記述の意味がわからなかったので選択しなかったことが聞き取り調査によりわかった。三分の二以上のものが日常慣用的に使われている語彙を選択せず、物理的な定義に基づいた語彙を多く選択している。

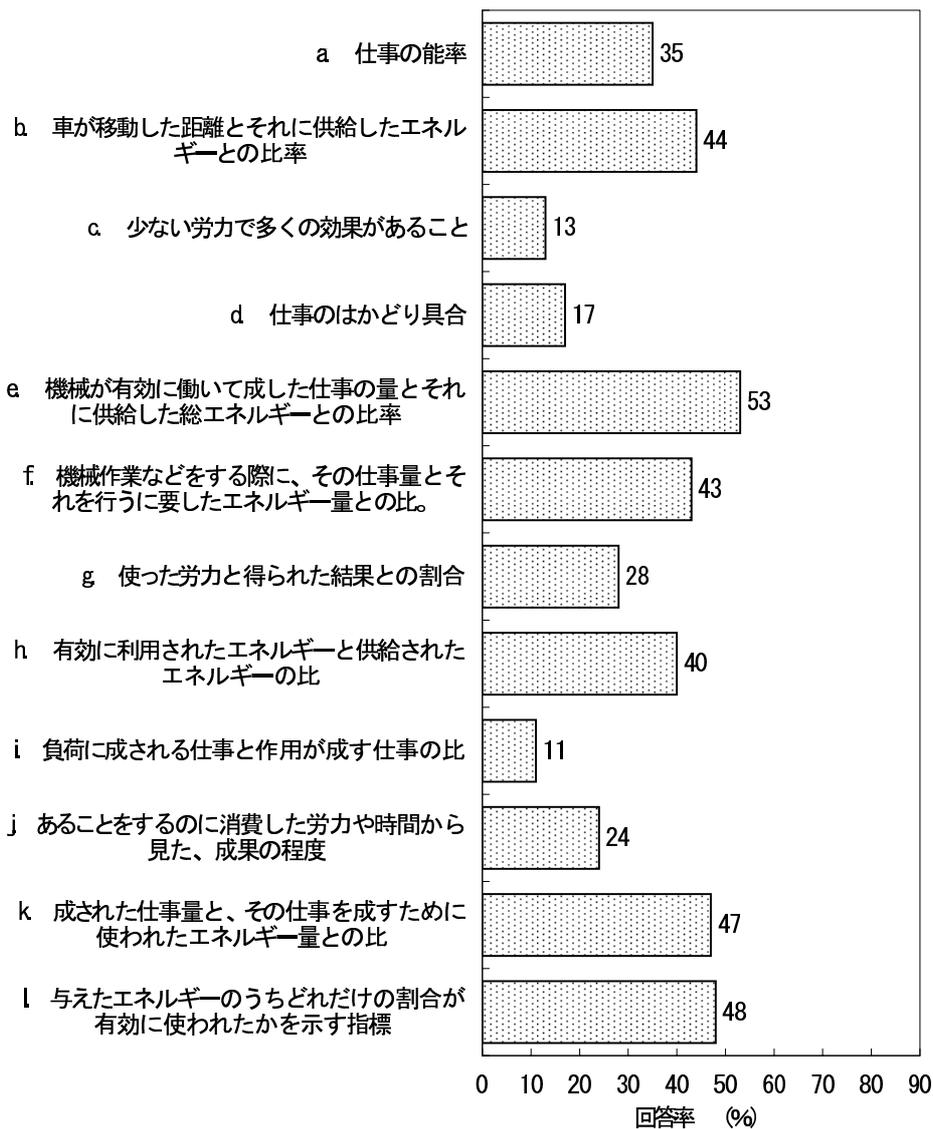


図 3 問題 2 の回答結果

IV 考察

問題 1 の選択回答記述において、大学生がどの記号を選択したかを回答記述別、学生別に 図 4 に示す。横系列のアルファベットは問題 1 の回答記述の記号を、縦系列の数字は学生番号を示し、○は選択したことを、×は選択しなかったことを示す。例えば、回答記号 G について縦系列に見ると、どの大学生が選択したかわかり、学生番号 37 について横系列に見ると、どの回答記号を選択したかわかるようになってきている。左側が選択回答した学生数が最も多い記号であり、右側に向かって選択回答した学生数が少なくなるように回答記号を配列した。上側が選択回答した回答記号数が最も多い学生であり、下側に向かって選択回答した回答記号数が少なくなるように学生を配列した。下側の回答記号の下に各回答記号を選択した人数を示す。すべてを選択したものは 2 人 (3%)、4 つまたは 3 つを選択したものが最も多くそれぞれ 16 人 (21%)、ひとつも選択しなかったものが 1 人 (1.5%) あった。ひとつの選択だと傾向がわからず、6 つ以上の選択だと選択が多すぎて傾向がわかりづらい。2、3、4、5 つを選択したものが 50 人 (67%) と三分の二あり、このうち J、H、K、E を

エネルギーと効率の概念の理解の実態

すべて選択しなかったものが 37 人 (49 %) と全体の半分と多い。H を選択しなかった理由として、H は「電磁気、質量」で物理的な定義に基づいた語釈ではあるが、G の「位置、運動、熱、光」に比べエネルギーの概念に当てはまらないと考えていると考えられる。E、J、K を選択しなかったものは、日常慣用的に使われている語釈を選択せず、物理的な定義に基づいた語釈を多く選択していると考えられる。さらに D、H、K、E をすべて選択しなかったものが 29 人 (39 %) と少なかった。

| | 回 答 記 号 | | | | | | | | | | |
|------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| | G | A | B | C | F | I | D | J | H | K | E |
| 37 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 82 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 7 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ |
| 19 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| 10 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × |
| 18 | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 9 | ○ | × | ○ | × | ○ | × | × | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 36 | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × | ○ | × | × |
| 64 | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | × | ○ | × | ○ | ○ |
| 76 | ○ | ○ | ○ | ○ | × | ○ | × | ○ | × | × | ○ |
| 81 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 学 5 | × | × | ○ | × | × | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ |
| 11 | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ | × | ○ | × | × |
| 41 | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | ○ | × | ○ | × | × |
| 49 | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ | × | ○ | × | × |
| 54 | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 59 | ○ | ○ | ○ | × | × | × | ○ | ○ | ○ | × | ○ |
| 72 | ○ | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 8 | ○ | × | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × |
| 15 | ○ | ○ | × | × | × | ○ | × | ○ | ○ | × | × |
| 16 | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × |
| 23 | × | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × |
| 31 | ○ | ○ | × | × | × | × | ○ | ○ | × | × | ○ |
| 46 | ○ | × | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 56 | ○ | ○ | × | × | × | × | ○ | ○ | × | × | ○ |
| 生 79 | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ | × | × | × | × |
| 87 | ○ | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | × | × | × | × |
| 24 | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | ○ | × | × |
| 26 | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 27 | ○ | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 35 | ○ | × | × | ○ | × | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 30 | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ | × | × | × | × | × |
| 39 | ○ | ○ | × | ○ | × | ○ | × | × | × | × | × |
| 42 | × | ○ | × | ○ | × | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 43 | ○ | ○ | ○ | × | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 50 | × | ○ | × | ○ | ○ | × | ○ | × | × | × | × |
| 53 | ○ | ○ | × | × | × | ○ | × | × | × | × | × |
| 65 | ○ | ○ | × | × | × | × | × | ○ | × | ○ | × |
| 66 | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | × |
| 番 67 | ○ | ○ | × | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 68 | ○ | ○ | × | × | × | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 78 | ○ | ○ | × | ○ | × | ○ | × | × | × | × | × |
| 88 | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | ○ | × |
| 12 | ○ | × | ○ | × | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 17 | ○ | × | × | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 21 | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 22 | ○ | × | × | × | × | × | ○ | ○ | × | × | × |
| 32 | ○ | × | × | × | × | × | ○ | × | ○ | × | × |
| 33 | ○ | × | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | × |
| 40 | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 48 | ○ | × | × | × | × | × | × | ○ | ○ | × | × |
| 61 | × | × | ○ | × | ○ | ○ | × | × | × | × | × |
| 62 | ○ | × | × | × | × | ○ | ○ | × | × | × | × |
| 号 70 | ○ | × | × | × | ○ | ○ | × | × | × | × | × |
| 71 | × | ○ | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | × |
| 74 | ○ | × | ○ | × | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 77 | ○ | × | × | × | ○ | ○ | × | × | × | × | × |
| 84 | ○ | ○ | × | × | × | ○ | × | × | × | × | × |
| 85 | × | ○ | ○ | × | × | ○ | × | × | × | × | × |
| 28 | × | ○ | × | × | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 51 | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | ○ | × |
| 55 | ○ | × | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 57 | ○ | × | × | × | ○ | × | × | × | × | × | × |
| 63 | ○ | × | × | ○ | × | × | × | × | × | × | × |
| 69 | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 58 | × | × | × | × | × | ○ | × | × | ○ | × | × |
| 80 | ○ | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 83 | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × | ○ |
| 4 | × | × | × | ○ | × | × | × | × | × | × | × |
| 20 | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 44 | × | × | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 52 | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 60 | ○ | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 73 | × | × | × | × | × | × | ○ | × | × | × | × |
| 38 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| G | A | B | C | F | I | D | J | H | K | E | |
| 60 | 43 | 35 | 33 | 33 | 29 | 28 | 17 | 13 | 13 | 11 | |
| | 回 | 答 | 記 | 号 | を | 選 | 択 | し | た | 人 | |

図 4 問題 1 の回答記述の選択の有無

選択数が多い順に組み合わせをして複数回答の回答率を図5に示す。図中、平面上に組み合わせた複数選択記号G～AEJKとさらに組み合わせる選択記号G～K(図4と同じ順番)、平面に垂直に選択回答率を示す。たとえば、複数選択記号AEJKはA、E、J、K全てを選択し、さらにG～Kを選択した回答率を各棒グラフとして示している。青緑色の正方形はその組み合わせが重複しているため、その組み合わせの棒グラフがないことを示す。各複数選択記号において、G、A、B、Cの順に徐々に少ない組み合わせになっている。組み合わせが4つ以上になる選択をするものが、かなり少なくなった。

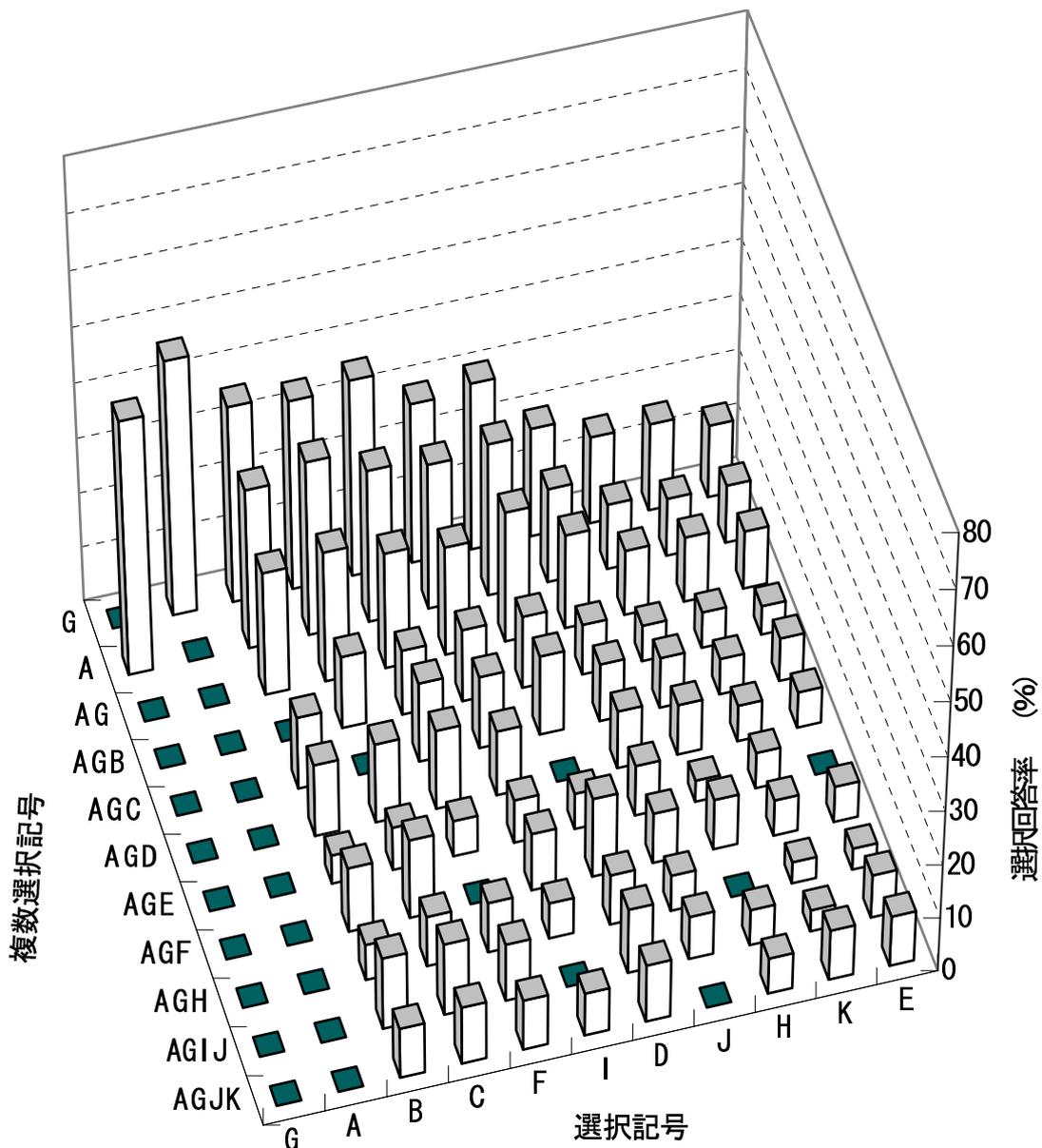


図5 問題1の複数選択した選択回答率

選択しない数が多い順に組み合わせをして複数回答の回答率を図6に示す。図中、平面上に組み合わせた複数選択しなかった記号E~EJとさらに選択しなかった番号G~E(図4と同じ順番)、平面に垂直に選択しなかった回答率を示す。たとえば、複数選択しなかった記号EJはE、Jを選択せず、さらにG~Kを選択しなかった回答率を各棒グラフとして示している。青緑色の正方形はその組み合わせが重複しているため、その組み合わせの棒グラフがないことを示す。Eを選択せず、J、H、K(緑色)をそれぞれ選択しなかったものは三分の二以上と多かった。Hを選択せず、J、K、E(朱色)をそれぞれ選択しなかったものは三分の二以上と多かった。Kを選択せず、J、H、E(青色)をそれぞれ選択しなかったものは三分の二以上と多かった。Jを選択せず、H、K、E(黄色)をそれぞれ選択しなかったものは三分の二以上と多かった。EとHを選択せず、J、K(黄緑色)をそれぞれ選択しなかったものは三分の二以上と多かった。EとKを選択せず、J、H(紫色)をそれぞれ選択しなかったものは三分の二以上と多かった。EとJを選択せず、H、K(桃色)をそれぞれ選択しなかったものは三分の二以上と多かった。以上、日常慣用的に使われている語釈であるE、J、Kと、物理的な定義に基づいた語釈であるのかかわらず、「電磁気、質量」であるHを選択しなかったものの組み合わせは、選択しなかったものが多かった。J、H、K、Eを複数で選択しなかったものが多いことがわかった。

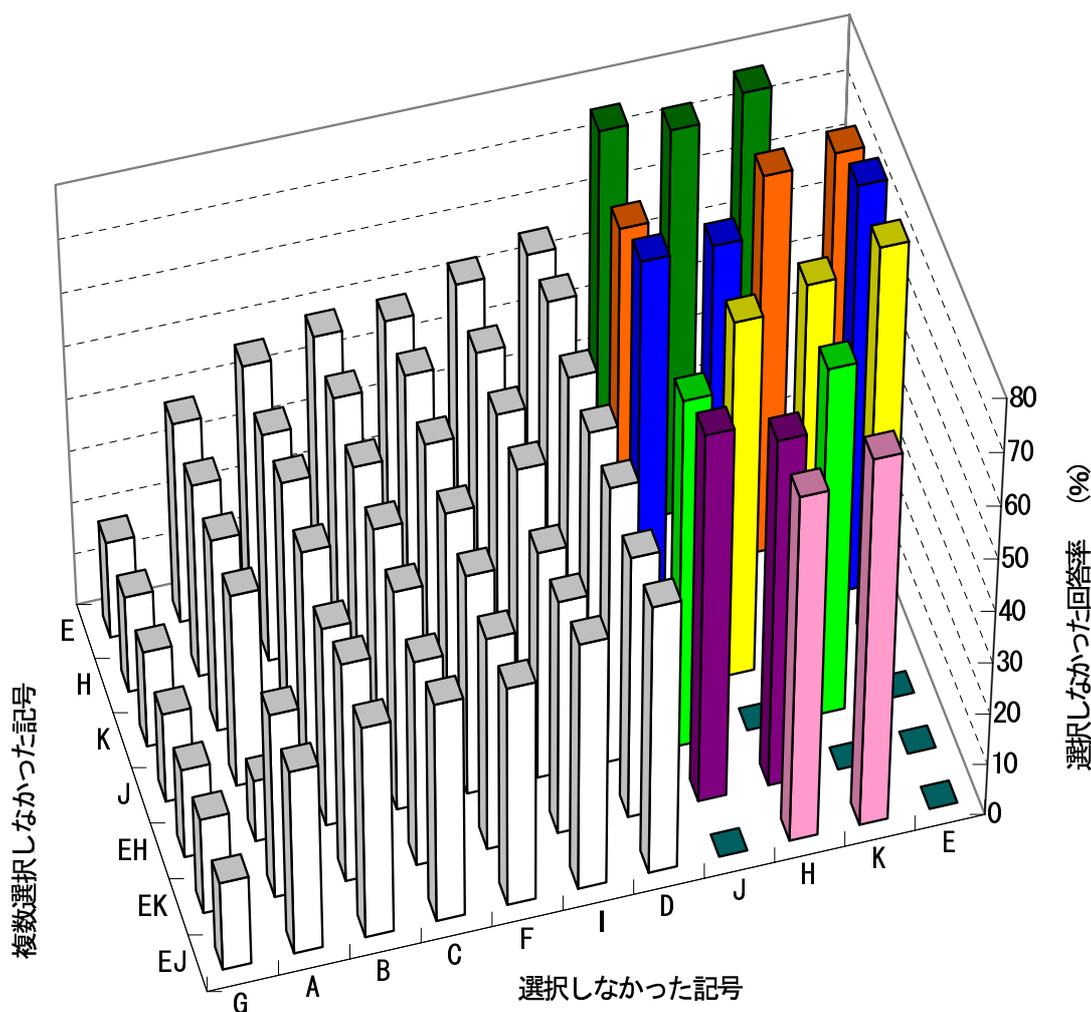


図6 問題1の複数選択しなかった選択回答率

エネルギーと効率の概念の理解の実態

問題2の選択回答記述において、大学生がどの記号を選択したかを回答記述別、学生別に図7に示す。図4と同様になっている。すべてを選択したものは2人(3%)、3つを選択したものが最も多く18人(24%)、ひとつも選択しなかったものが1人(1.5%)あった。問題2と同様に、ひとつの選択だと傾向がわからず、6つ以上の選択だと選択が多すぎて傾向がわかりづらい。2、3、4、5つを選択したものが50人(65%)と三分の二あり、このうちj、d、c、iをすべて選択しなかったもの

| 回 答 記 号 | 記号 | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| | e | l | k | b | f | h | a | g | j | d | c | i |
| 19 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 37 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 9 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | x | ○ | ○ | x | ○ |
| 64 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | x | x | ○ |
| 82 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | x | x | ○ |
| 7 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | x | ○ | ○ | x | x | ○ |
| 76 | ○ | ○ | x | ○ | x | ○ | ○ | ○ | x | ○ | ○ | x |
| 26 | ○ | ○ | ○ | x | x | ○ | x | ○ | ○ | ○ | ○ | x |
| 10 | ○ | x | x | ○ | x | ○ | ○ | ○ | x | ○ | ○ | x |
| 15 | ○ | ○ | x | ○ | ○ | x | ○ | x | ○ | x | ○ | x |
| 31 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | x | ○ | ○ | ○ | x | x | x |
| 学 36 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | x | x | ○ | x | x | x |
| 59 | x | ○ | x | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | x | ○ | x | x |
| 11 | ○ | ○ | ○ | x | ○ | ○ | ○ | x | x | x | x | x |
| 17 | ○ | x | ○ | ○ | ○ | x | ○ | ○ | x | x | x | x |
| 30 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 32 | ○ | ○ | ○ | x | ○ | ○ | x | ○ | x | ○ | x | x |
| 50 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | x | x | ○ | x | x | x | x |
| 5 | ○ | x | x | x | x | ○ | ○ | ○ | x | ○ | x | x |
| 16 | ○ | ○ | ○ | ○ | x | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 18 | ○ | ○ | x | ○ | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 39 | x | x | x | x | ○ | x | x | ○ | ○ | ○ | ○ | x |
| 81 | x | ○ | ○ | ○ | x | ○ | x | x | x | x | x | ○ |
| 12 | ○ | ○ | ○ | x | x | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 23 | ○ | x | x | ○ | x | x | x | x | ○ | x | ○ | x |
| 生 24 | x | x | x | ○ | x | x | ○ | ○ | ○ | x | x | x |
| 21 | ○ | ○ | x | x | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 41 | x | ○ | ○ | x | ○ | x | x | ○ | x | x | x | x |
| 46 | ○ | x | ○ | ○ | x | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 56 | x | x | x | x | ○ | x | ○ | x | ○ | ○ | x | x |
| 66 | ○ | x | x | ○ | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 67 | ○ | x | ○ | ○ | x | x | x | x | ○ | x | x | x |
| 79 | ○ | x | ○ | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x | x |
| 22 | x | ○ | x | x | ○ | x | x | ○ | x | x | x | x |
| 27 | ○ | x | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 28 | x | x | ○ | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x | x |
| 33 | ○ | x | x | ○ | x | x | ○ | x | x | x | x | x |
| 35 | ○ | ○ | x | x | x | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 54 | x | ○ | ○ | x | ○ | x | x | x | x | x | x | x |
| 番 43 | x | ○ | x | x | x | ○ | x | ○ | x | x | x | x |
| 48 | ○ | x | x | x | ○ | x | ○ | x | x | x | x | x |
| 60 | x | x | ○ | x | ○ | x | x | ○ | x | x | x | x |
| 61 | ○ | x | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 65 | ○ | x | x | x | x | x | ○ | x | x | ○ | x | x |
| 68 | ○ | ○ | x | x | x | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 74 | x | ○ | ○ | x | x | x | x | ○ | x | x | x | x |
| 77 | ○ | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 78 | ○ | x | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 83 | x | x | x | x | ○ | x | x | x | ○ | ○ | x | x |
| 87 | x | ○ | x | x | ○ | x | ○ | x | x | x | x | x |
| 88 | x | x | ○ | x | ○ | x | ○ | x | x | x | x | x |
| 4 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | ○ | ○ |
| 号 20 | ○ | x | x | x | x | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 40 | x | ○ | x | x | x | ○ | x | ○ | x | x | x | x |
| 42 | x | x | x | ○ | x | x | ○ | x | x | x | x | x |
| 49 | x | x | x | x | x | x | ○ | ○ | x | x | x | x |
| 51 | x | x | x | x | x | ○ | ○ | x | x | x | x | x |
| 52 | x | x | x | x | x | x | ○ | x | x | x | ○ | x |
| 53 | x | ○ | x | x | x | x | x | ○ | x | x | x | x |
| 57 | x | x | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 58 | x | x | x | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x | x |
| 69 | x | ○ | x | x | x | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 70 | x | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 71 | x | ○ | ○ | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 72 | x | x | x | ○ | x | x | ○ | x | x | x | x | x |
| 84 | ○ | x | ○ | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 85 | x | ○ | x | x | x | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 8 | x | x | x | x | x | ○ | x | x | x | x | x | x |
| 44 | x | x | x | x | ○ | x | x | x | x | x | x | x |
| 55 | ○ | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 62 | x | x | x | x | x | x | x | ○ | x | x | x | x |
| 63 | ○ | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 73 | x | x | ○ | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 80 | x | x | x | x | x | x | x | ○ | x | x | x | x |
| 38 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | e | l | k | b | f | h | a | g | j | d | c | i |
| | 40 | 36 | 35 | 33 | 32 | 30 | 26 | 21 | 18 | 13 | 10 | 8 |
| | 回 答 記 号 を 選 択 し た 人 数 | | | | | | | | | | | |

図7 問題2の回答記述の選択の有無

が37人(49%)と全体の半分と多い。iを選択しなかった理由として、iは「負荷に成される仕事と作用が成す仕事の比」で物理的な定義に基づいた語釈ではあるが、日本語の解釈が難しかったのではないかと考えられる。j、d、cを選択しなかったものは、日常慣用的に使われている語釈を選択せず、物理的な定義に基づいた語釈を多く選択していると考えられる。選択数が多い順に組み合わせをして複数回答の回答率を図8に示す。図中、平面上に組み合わせた複数選択記号e~elとさらに組み合わせる選択番号e~i(図7と同じ順番)、平面に垂直に選択回答率を示す。たとえば、複数選択記号elは、eとlを選択し、さらにk~iを選択した回答率を各棒グラフとして示している。青緑色の正方形はその組み合わせが重複しているため、その組み合わせの棒グラフがないことを示す。各複数選択記号において、e、l、k、bの順に徐々に少ない組み合わせになっている。組み合わせが3つ以上になる選択をするものが、かなり少なくなった。

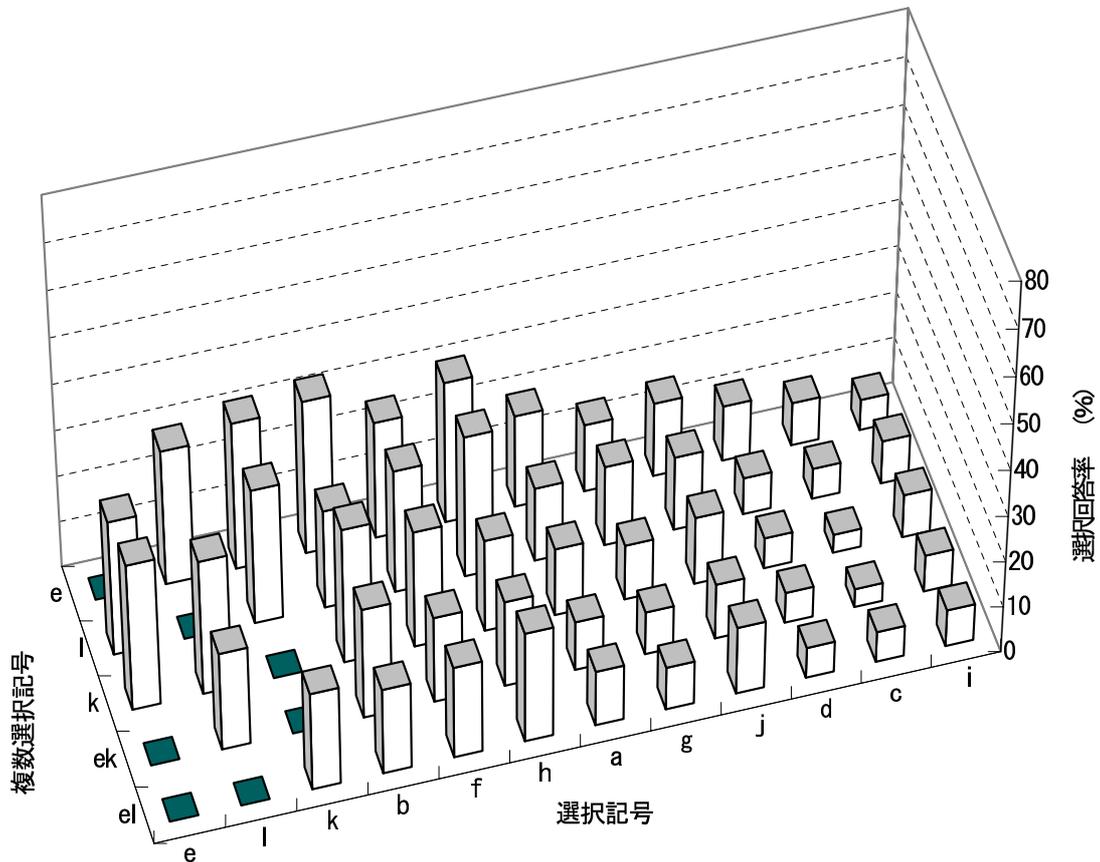


図8 問題2の複数選択した選択回答率

選択しなかった数が多い順に組み合わせをして複数回答の回答率を図9に示す。図中、平面上に組み合わせた複数選択しなかった記号*i*~*cdij*とさらに選択番号*e*~*i* (図7と同じ順番)、平面に垂直に選択回答率を示す。たとえば、複数選択しなかった記号*cdij*は*c*、*d*、*i*、*j*すべてを選択せず、さらに*e*~*i*を選択しなかった回答率を各棒グラフとして示している。青緑色の正方形はその組み合わせが重複しているため、その組み合わせの棒グラフがないことを示す。*i*を選択せず、*c*、*d*、*g*、*j*をそれぞれ選択しなかったものは三分の二以上と多かった。*c*を選択せず、*d*、*i*、*j*をそれぞれ選択しなかったものは三分の二以上と多かった。*d*を選択せず、*c*、*i*、*j*をそれぞれ選択しなかったものは三分の二以上と多かった。*c*と*i*を選択せず、*d*、*j*をそれぞれ選択しなかったものは三分の二以上と多かった。*c*と*d*を選択せず、*a*、*g*、*j*、*i*を選択しなかったものは二分の一以上と多かった。*c*、*d*、*j*を選択せず、*a*、*g*、*i*をそれぞれ選択しなかったものは二分の一以上と多かった。*c*、*d*、*i*、*j*を選択せず、*h*、*g*をそれぞれ選択しなかったものは二分の一と多かった。*i*を選ばなかった理由として回答記述の意味がわからなかったので選択しなかったことが聞き取り調査によりわかっている。以上、日常慣用的に使われている語彙である*a*、*c*、*d*、*j*と、物理的な定義に基づいた語彙であるのにかかわらず、「使った労力と得られた結果との割合」の*g*を選択しなかったものの組み合わせは、選択しなかったものが多かった。*g*、*j*、*d*、*c*、*i*を複数選択しなかったものが多いことがわかった。

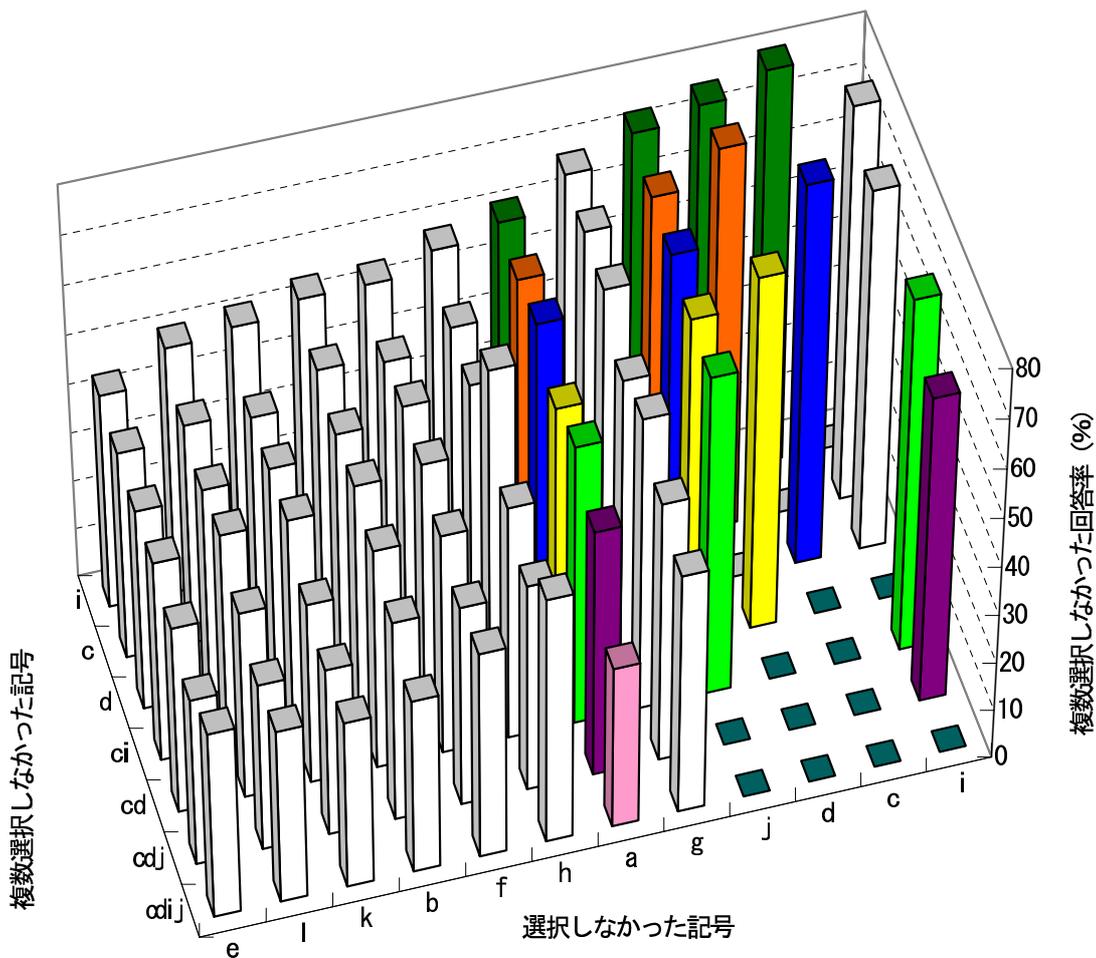


図9 問題2の複数選択しなかった回答率

V おわりに

エネルギーとエネルギー変換効率について工学部大学生がどのような概念を形成しているのか、その実態をアンケート調査し、その調査をもとに検討した。その結果、エネルギーについては、7割以上のものが日常慣用的に使われている語積を選択せず、物理的な定義に基づいた語積を多く選択しているが、その一方で物理的な定義に基づいた語積である「電磁気、質量」を選択したものは少なかった。したがって、このことを高校物理でもっと強調して教えて行くべきである。効率については、三分の二以上のものが日常慣用的に使われている語積を選択せず、物理的な定義に基づいた語積を多く選択しているが、その一方で物理的な定義に基づいた語積である「使った労力と得られた結果との割合」を選択したものは少なかった。

参考文献

- [1] 中学校学習指導要領解説 ― 技術・家庭編 ―, 東京書籍, pp.18–28, 1999.
- [2] 小川武範, 堀田謙一, 福田芳行, 吉田治夫, 日本産業技術教育学会誌, 第33巻, 2号, pp.135–143, 1990.
- [3] 小川武範, 堀田謙一, 福田芳行, 日本産業技術教育学会誌, 第33巻, 4号, pp.227–235, 1991.
- [4] 小川武範, 松浦正史, 林俊文, 日本産業技術教育学会誌, 第34巻, 1号, pp.55–61, 223–224, 1992.
- [5] 朝井英清, 日本産業技術教育学会誌, 第32巻, 3号, p.74, 1990.
- [6] 朝井英清, 日本産業技術教育学会誌, 第32巻, 4号, pp.297–298, 1992.
- [7] 有川誠, 日本産業技術教育学会誌, 第35巻, 2号, pp.135–139, 1993.
- [8] 有川誠, 日本産業技術教育学会誌, 第41巻, 2号, pp.83–91, 1999.
- [9] 上里正男, 有川誠, 佐分利正美, 北海道教育大学紀要 (第2部A), 第4巻, 第2号, pp.43–50, 1994.
- [10] 中学校学習指導要領解説 ― 理科編 ―, 大日本図書, pp.17–18, 48–51, 1999.
- [11] 高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編, 大日本図書, pp.30–44, 72–77, 1999.
- [12] 国語例解辞典, 小学館, p.123, 1986.
- [13] 新明解国語辞典, 三省堂, p.116, 1981.
- [14] 岩波国語辞典, 岩波書店, p.94, 1963.
- [15] 角川国語大辞典, 角川書店, p.239, 1982.
- [16] 大辞林, 三省堂, p.274, 1995.
- [17] 広辞苑, 岩波書店, p.287, 1955.
- [18] 日本国語大辞典, 小学館, p.675, 2001.

- [19] 岩波国語辞典, 岩波書店, p.332, 1963.
- [20] 広辞苑, 岩波書店, p.888, 1955.
- [21] 大辞林, 三省堂, p.869, 1995.
- [22] 新明解国語辞典, 三省堂, p.382, 1981.
- [23] 日本国語大辞典, 小学館, p.474, 2001.
- [24] 新明解国語辞典, 三省堂, p.382, 1981.
- [25] 物理, 科学辞典, 朝倉書店, p.91, 1988.
- [26] 科学大辞典, 国際科学振興財団, 丸善株式会社, p.489, 1986.
- [27] 理工学辞典, 日刊工業新聞社, p.495, 1996.
- [28] 物理, 東京書籍, pp.88-117, pp.258-294, 1990.
- [29] 詳説物理, 三省堂, pp.152-177, pp.252-287, 1991.
- [30] 高等学校物理, 数研出版, pp.154-183, pp.254-294, 1991.