

電磁誘導と太陽電池概念の理解の実態

— 工学部大学生を対象にして —

On the Understanding of the Concept
of the Electromagnetic Induction and Solar Battery
— A Target of Students of the College of Engineering —

佐藤 博* 浅井 嵩 允†

SATO Hiroshi ASAI Takamitsu

要約: 中学校の理科で電磁誘導の原理を教え、小学校の理科で太陽電池の基礎知識を教えている。太陽電池の仕組みを教えていく上で、電磁誘導の原理と太陽電池の基礎知識がどのように理解しているかが重要となる。電磁誘導と太陽電池の仕組みについて工学部大学生がどのような理解をしているのか、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、電磁誘導の原理を95%の者が正しく理解しているが、小学校で学習する太陽電池の基礎知識を正しく理解している者は、37%しかいないことがわかった。n型半導体・p型半導体の仕組みについて理解している者は、ほとんどいなかった。特に、小学校で学習する太陽電池に関する基礎知識が、正確に理解できていなかった。

キーワード: 電磁誘導、太陽電池、電流、磁界、電磁石、n型半導体、p型半導体

I はじめに

小学校の理科では第3学年で乾電池と豆電球等をつなぎ、電気を通すつなぎ方や電気を通す物から電気回路の仕組みをとらえようとしている^{[1] [2]}。小学校第4学年の理科では、乾電池や太陽電池に豆電球やモータ等をつなぎ、乾電池や太陽電池の働きを調べ、電気の働きをとらえようとしている。具体的には、乾電池の数やつなぎ方を変えると、豆電球の明るさやモータの回り方が変わることを、太陽電池にモータ等をつないで、あてる光の強さを変えるとモータの回り方が変わることを等から、回路を流れる電流の強さを関係付けてとらえようとしている^{[1] [3]}。小学校第6学年では、電磁石の導線に電流を流し、電磁石の強さの変化を調べ、電流の働きについての考えをもつようになっている。巻き線の電流の向きが変わると、電磁石の極が変わり、電流の強さや巻数により電磁石の強さが変わることをとらえようとしている^{[1] [4]}。

中学校の理科の第一分野では、実験を通して電磁誘導を取り扱っている。誘導電流の向きの逆転に触れる程度とし、実験としては、例えば、コイルと磁石及び検流計等を用いて、磁石またはコイルを動かすことにより、コイルに誘導電流が流れることを見いださせる。この際、磁石またはコイルの動かす向きや異なる磁極により誘導電流の向きが違ふこと、さらに、磁石またはコイルを動かす速さや磁石の強さ、コイルの巻数等の違いにより、誘導電流の大きさが違ふことを見いださせようとしている^{[5] [6]}。

筆者らは、中学生に対し太陽電池を用い「資源・エネルギー・環境」についてどのような関わりをもっているのか考えさせる授業を行いたいと考えており、発電の発想（エネルギー変換により電気をつくり出す）や電池の原理を理解していれば、中学生の知識で太陽電池を理解できると考えている。そこで、電磁誘導と太陽電池の仕組みについて工学部大学生がどのような理解をしているのか、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。

*技術教育講座, †技術教育専修

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事項について多くの調査できること、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（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。アンケート調査の際に、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者は95%であった。履修科目については、物理Iだけが5%、物理IIだけが12%、物理I・物理IIが70%、物理I・総合理科が2%、物理I・物理II・総合理科が4%、その他（応用物理）が2%であった。

表1 アンケート調査対象(単位：人)

	1年	2年	3年	合計
男子	47	8	1	56
女子	0	0	0	0
合計	47	8	1	56

3 調査時期

調査は、2007年7月中旬に実施した。

4 調査問題

調査問題を図1に示す。調査問題は、計11題から構成されている。問題1は「誘導電流」について、問題2は「太陽電池のエネルギー変換」について、問題3～7は「太陽電池と入射光」について、問題8は「直流と交流」について、問題9～11は「半導体と太陽電池の仕組み」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。

問題1は、コイルと磁石を使って、①どのようなときに電流が生じるか、②電流の向きが反対になったのはどのようなときか、③電流が多く流れたのはどのようなときかを問う問題であり、回答方法としては自由記述方法をとった。

問題2は、太陽電池はどのようなエネルギー変換を行うかを問う問題であり、回答方法としては穴埋め記述方法をとった。

問題3は、太陽電池の1個のときと、2個直列に接続したときの電球の明るさについて問う問題であり、回答方法としては多選択方法をとった。

問題4は、小さい面積の太陽電池と大きい面積の太陽電池を接続した電球の明るさについて問う問題であり、回答方法としては多選択方法をとった。

電磁誘導と太陽電池概念の理解の実態

番号 _____ 氏名 _____

問題 1

準備 ☐ 棒磁石 ☐ 検流計 (マイクログラム計) ☐ コイル ☐ 導線

図 1 図のように、コイルと検流計をつなぎ、棒磁石を動かして、次のことを調べよう。

① どのようなときに電流が生じるか。

② 電流の向きが反対になったのはどのようなときか。

③ 電流が多く流れたのは、どのようなときか。

★ 1 ——— 棒磁石の動きと電流の向き、どれだけの電流が流れたかがわかる。

上のような実験を行いました。どのような結果が得られるか、解答して下さい。

① _____

② _____

③ _____

問題 2. 下記の文章で、() にあてはまる適切な語句を記入して下さい。

太陽電池とは ((ア)) _____ を ((イ)) _____ に変換する電池である。

問題 3. 下図で、どれが最も明るく点灯しますか。丸をつけて下さい。

図 3-1: 太陽電池 1 個と豆電球 1 個の回路 (A)

図 3-2: 太陽電池 2 個と豆電球 1 個の回路 (B)

図 3-3: 太陽電池 2 個と豆電球 2 個の回路 (C)

どちらか同じ _____

問題 4. 下図で、どれが最も明るく点灯しますか。丸をつけて下さい。

図 4-1: 太陽電池 1 個と豆電球 1 個の回路 (A)

図 4-2: 太陽電池 2 個と豆電球 1 個の回路 (B)

どちらか同じ _____

問題 5. 下図で、どれが最も明るく点灯しますか。丸をつけて下さい。

図 5-1: 太陽電池 2 個と豆電球 1 個の回路 (A)

図 5-2: 太陽電池 2 個と豆電球 2 個の回路 (B)

どちらか同じ _____

問題 6. 下図で、どれが最も明るく点灯しますか。丸をつけて下さい。

図 6-1: 太陽電池 1 個と豆電球 1 個の回路 (A)

図 6-2: 太陽電池 1 個と豆電球 1 個の回路 (B)

どちらか同じ _____

問題 7. 下図で、どれが最も明るく点灯しますか。丸をつけて下さい。

図 7-1: ライト (200W) と豆電球 1 個の回路 (A)

図 7-2: ライト (100W) と豆電球 1 個の回路 (B)

どちらか同じ _____

問題 8. 下記の文章で、あてはまる適切な語句を選択し、丸をつけて下さい。

- (1) 太陽電池は ((ア) 直流・((イ) 交流)) で、充電電池に ((ア) ためられる・((イ) ためられない))。
- (2) 家庭用電源は ((ア) 直流・((イ) 交流)) で、充電電池に ((ア) ためられる・((イ) ためられない))。

問題 9. n 型半導体の仕組みを説明して下さい。

(図) _____

問題 10. p 型半導体の仕組みを説明して下さい。

(図) _____

問題 11. 太陽電池の仕組みを説明して下さい。

(図) _____

高校時代に物理を履修しましたか。選択し、丸をつけて下さい。

はい _____ いいえ _____

「はい」と答えた方にお聞きします。どのような内容を学んだか選択し、丸をつけて下さい。

- ① 物理 I ② 物理 II ③ 総合理科 ④ その他 (_____)

図 1 アンケート調査問題

問題 5 は、太陽電池を直列と並列に接続した電球の明るさについて問う問題であり、回答方法としては多選択方法をとった。

問題 6 は、太陽電池の光の入射角度の違いにより接続した電球の明るさについて問う問題であり、回答方法としては多選択方法をとった。

問題 7 は、太陽電池の光の強弱の違いより接続した電球の明るさについて問う問題であり、回答方法としては多選択方法をとった。

問題 8 は、太陽電池と家庭用電源が「直流」、「交流」か、充電電池に「ためられる」、「ためられない」を問う問題であり、回答方法としては二者選択方法をとった。

問題 9 は、n 型半導体の仕組みを問う問題であり、回答方法としては自由記述方法（図も用いる）をとった。

問題 10 は、p 型半導体の仕組みを問う問題であり、回答方法としては自由記述方法（図も用いる）をとった。

問題 11 は、太陽電池の仕組みを問う問題であり、回答方法としては自由記述方法（図も用いる）をとった。

III 調査結果

1 問題 1 の結果

問題 1 ①の結果を図 2 に示す。正答の「磁石をコイルに入れる・抜く」、「磁石をコイルに近づける・遠ざける」、「磁石を動かす」、「磁界が変化するとき」を回答した者は 98 % あった。無回答の者が 2 % あった。

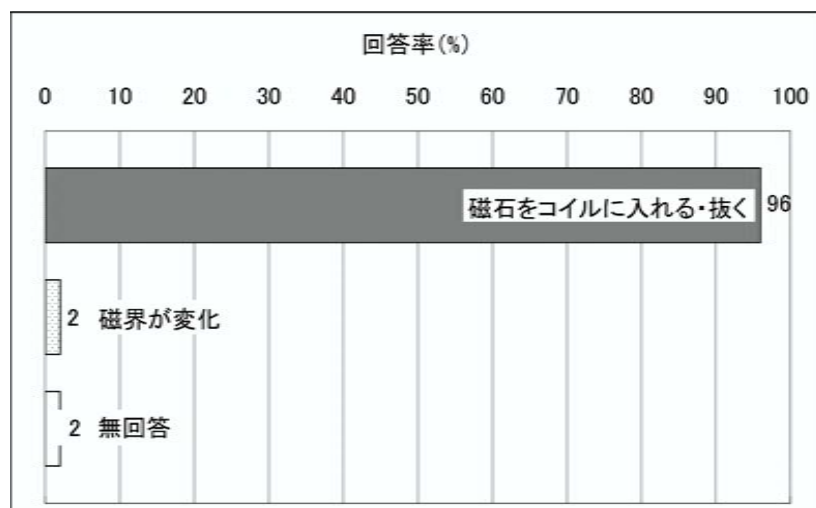


図 2 問題 1 ①の回答結果

問題 1 ②の結果を図 3 に示す。正答である「磁石を入れたときと抜いたときでは違う」、「磁石を近づけたときと遠ざけたときでは違う」、「磁石を動かす方向を変えたとき」を回答した者は 71 % あった。正答のひとつである「磁石の極を逆にしたとき（S 極と N 極を逆にする）」の回答も全体の 50 % あった。磁石を動かす回答より極を変える回答の方が少なかった。この両方を回答した者は 27 % あった。

また、もうひとつの正答である「磁界の向きが逆になったとき」を回答した者は2%あった。これらの正答のうち、どれかを回答した者は全体の96%あった。

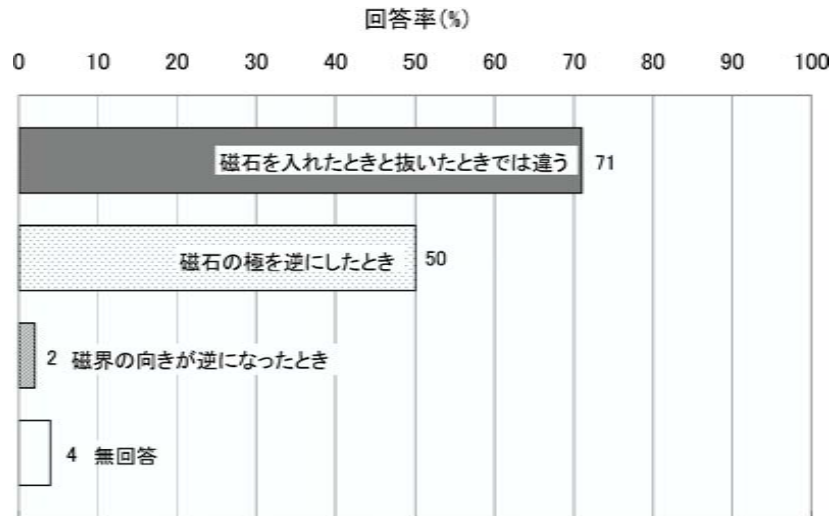


図 3 問題 1 ②の回答結果

問題 1 ③の結果を図 4 に示す。正答である「磁石を早く入れる・抜くとき」、「磁石を早く近づける・遠ざけるとき」、「磁石を早く動かすとき」を回答した者は79%あった。正答のひとつである「コイルの巻数を多くしたとき」の回答は41%、「強力な磁石を用いたとき」の回答は20%、「磁界が強くなったとき」の回答は2%あった。これらの正答のうち、どれかを回答した者は全体の96%であった。その他の中には「コイルと磁極の距離が近いとき」、「S 極を入れるとき」、「ゆっくり動かすとき」等があった。



図 4 問題 1 ③の回答結果

2 問題2の結果

問題2の（ア）と（イ）を組み合わせた回答結果を図5に示す。前が（ア）、後が（イ）の回答を示す。（ア）の「光」、「光エネルギー」、「太陽光」、「太陽エネルギー」、「日光」等の回答は「光」として表記した。正答である「光・電気」、「光・電気エネルギー」を回答した者は79%あった。その他の回答例として「光・電池エネルギー」、「光（光エネルギー）・太陽エネルギー」、「太陽光・エネルギー」等があった。

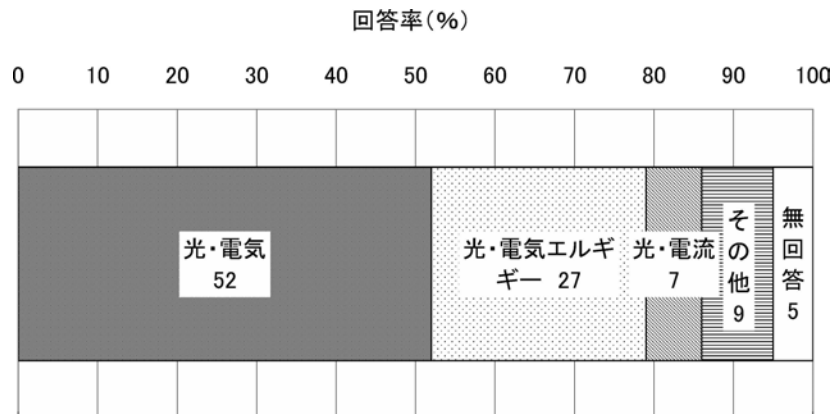


図5 問題2の回答結果

3 問題3の結果

問題3の結果を図6に示す。正答の「(B) 2個直列に接続」を選択した者は95%あった。「(A) 1個だけ接続」を選択した者は0%、「(C) どちらも同じ」を選択した者は5%あった。太陽電池を多くすることで、より大きなエネルギーをつくりだせるという理解をほとんどの者が正しくできていた。その一方で、どちらも同じであると考えている者もいたことがわかった。

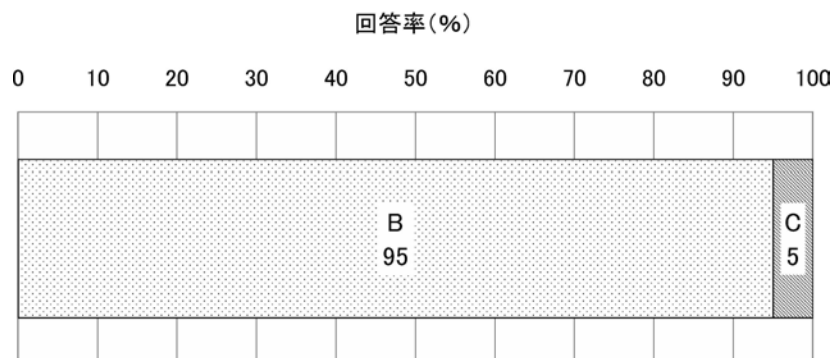


図6 問題3の回答結果

4 問題4の結果

問題4の結果を図7に示す。正答の「(B) 面積が大きい」を選択した者は80%あった。「(A) 面積が小さい」を選択した者は0%、「(C) どちらも同じ」を選択した者は20%あった。電球の明るさは電力に比例している。つまり、面積の大きい太陽電池を用いることで、より大きなエネルギーが得られ、電球を明るく点灯させることができる。よって正答が「(B) 面積が大きい」となる。「(C) どちらも同じ」と回答した者は、電力〔(電流) × (電圧)] の概念がないことが原因であると考えられる。

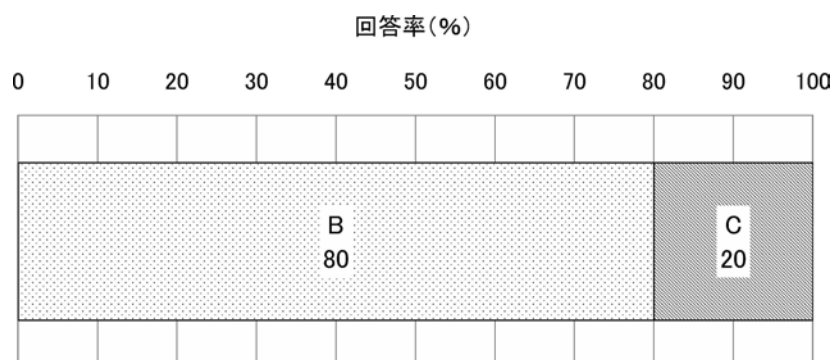


図7 問題4の回答結果

5 問題5の結果

問題5の結果を図8に示す。正答の「(A) 直列に接続」を選択した者は75%あった。「(B) 並列に接続」を選択した者は11%、「(C) どちらも同じ」を選択した者は12%あった。この結果、乾電池の直列、並列のつなぎ方の違いを理解していない者がいることがわかった。

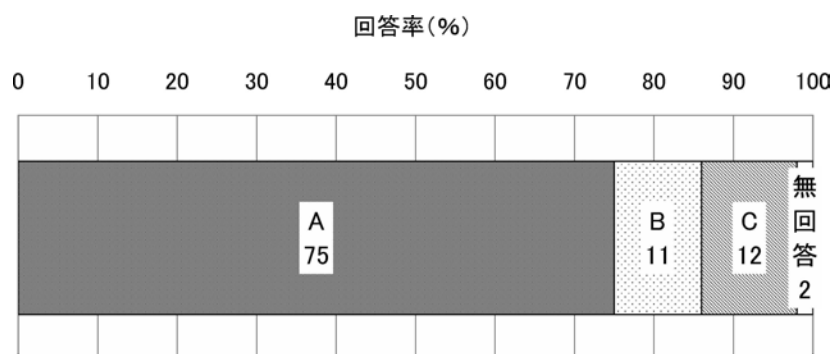


図8 問題5の回答結果

6 問題6の結果

問題6の結果を図9に示す。正答の「(B) 光が垂直に入射している」を選択した者は71%あった。「(A) 光が垂直に入射していない」を選択した者は4%、「(C) どちらも同じ」を選択した者

は25 %あった。AとCを合わせると約3割の者が誤答となる。

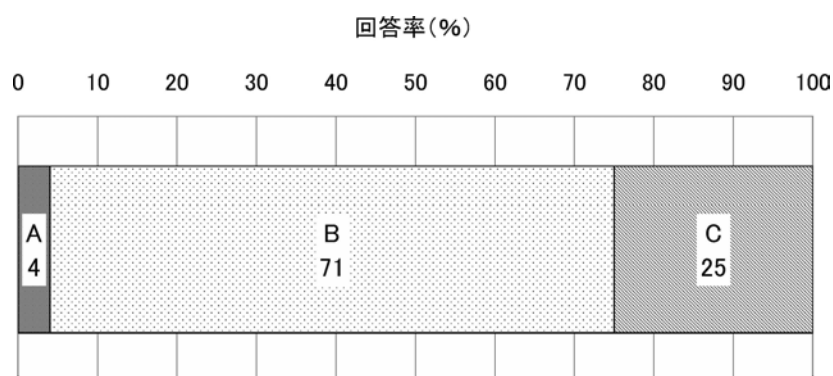


図 9 問題 6 の回答結果

7 問題 7 の結果

問題 7 の結果を図 10 に示す。正答の「(A) 200 W」を選択した者は 91 % あった。「(B) 100 W」を選択した者は 0 %、「(C) どちらも同じ」を選択した者は 7 % あった。問題 4 の結果でも述べたが、太陽電池が作りだせる電気エネルギー（電力量）は（電流）×（電圧）×（時間）＝（電力）×（時間）と表すことができ、電球の明るさはエネルギーに比例している。つまり、電力の高いライトを用いることで、より大きなエネルギーが得られ、電球を明るく点灯させることができる。よって正答が「(A) 200 W」となる。

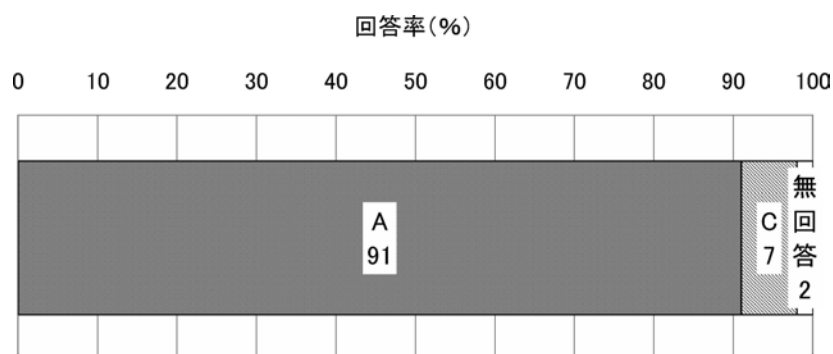


図 10 問題 7 の回答結果

8 問題 8 の結果

問題 8 (1) の (ア)、(イ) の回答結果を図 11、図 12 に示す。(ア) の正答の「太陽電池は『直流』である」を選択した者は 88 %、(イ) の正答の「充電電池に『ためられる』」を選択した者が 64 % あった。また、誤答の「太陽電池は『交流』である」を選択した者が 8 %、「充電電池に『ためられない』」を選択した者が 32 % あった。太陽電池で作られる電気はためられないと考えている者が 3 割

もいた。「なぜ正しく選択できなかったのか」というその後の聞き取り調査により、「実際に太陽電池を使ったとき、光を遮ると電球が点灯しなくなった」等、充電電池に「ためられない」のではなく太陽電池に「ためられない」と勘違いしていたこと、「直流は電気を充電電池にためられないと勘違いしていた」等がわかった。

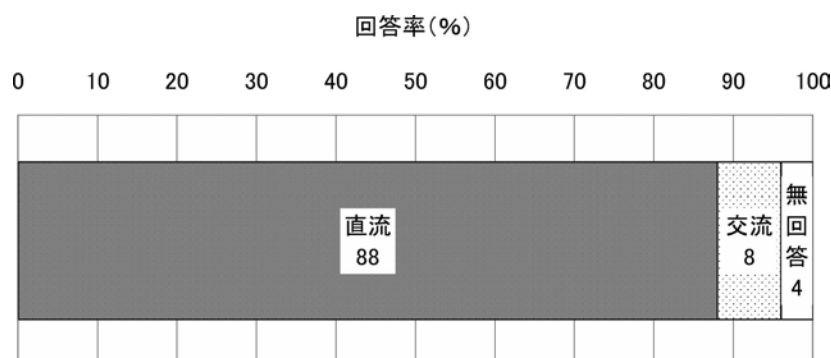


図 11 問題 8 (1) (ア) の回答結果

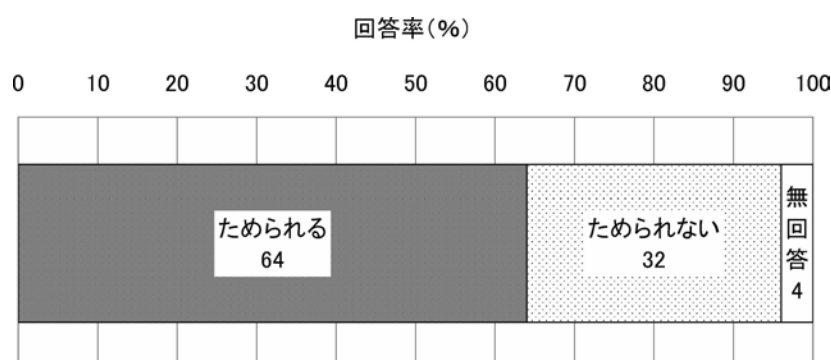


図 12 問題 8 (1) (イ) の回答結果

問題 8 (1) の (ア) と (イ) を組み合わせた回答結果を図 13 に示す。(ア) と (イ) を組み合わせた正答の「直流・ためる」を回答した者が 61 % あった。太陽電池が直流であると理解している者が 88 % いたが、誤って充電電池にためられないと誤答している者が 27 % あった。「交流・ためられる」と考えている者が 3 %、「交流・ためられない」と考えている者が 5 % あった。

問題 8 (2) の (ア)、(イ) の回答結果を図 14、図 15 に示す。(ア) の正答の「家庭用電源は『交流』である」を選択した者は 92 %、(イ) の正答の「充電電池に『ためられない』」を選択した者が 48 % あった。また、誤答の「家庭用電源は『直流』である」を選択した者が 4 %、「充電電池に『ためられる』」を選択した者が 48 % であった。

家庭用電源は充電電池に電気をためられると考えている者が約 5 割もいた。なぜ正しく選択できなかったのかというその後の聞き取り調査を行った。その結果、「交流は電気を充電電池にためられると勘違いしていた」等があった。その理由として、「家庭用電源で実際に携帯電話を充電しているから」という回答があった。

問題 8 (2) の (ア) と (イ) を組み合わせた回答結果を図 16 に示す。(ア) と (イ) を組み合わせた正答の「交流・ためられない」を回答した者が 46 % あった。「交流・ためられる」と回答した

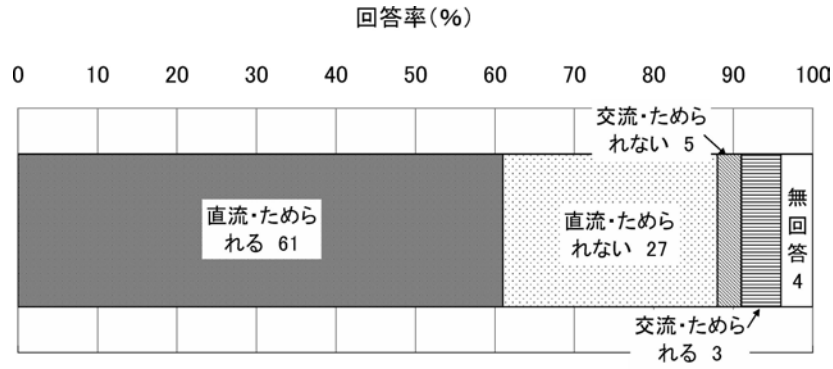


図 13 問題 8 (1) (ア) と (イ) を組み合わせた回答結果

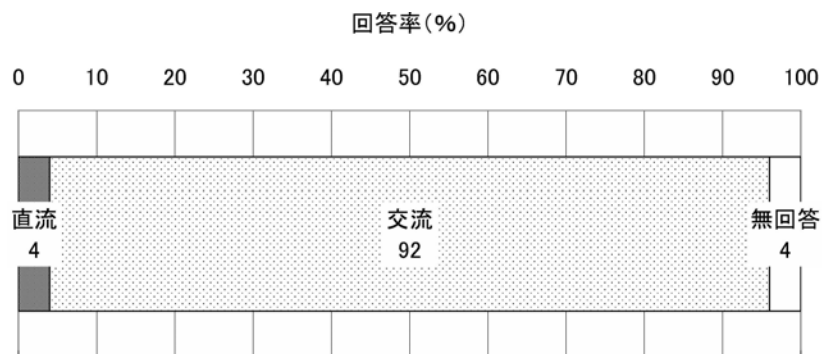


図 14 問題 8 (2) (ア) の回答結果

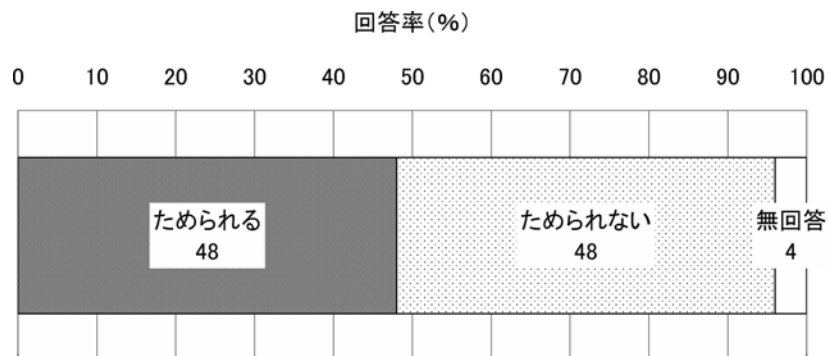


図 15 問題 8 (2) (イ) の回答結果

者も同様に 46 % おり、家庭用電源は交流と認識しているにもかかわらず、携帯電話を充電しているという理由などから、誤って充電機に「ためられる」と解釈している者が約 5 割いた。

9 問題 9 の結果

問題 9 の結果を図 17 に示す。回答結果を type①～④に分類した。図も描け説明も書けていた (type①) 者が 4 % あった。図は描けているが説明が不十分 (type②) な者が 0 %、図は不十分だが説明が書けている (type③) 者が 2 %、図も描けず説明も書けていない (type④) 者が 96 % あった。

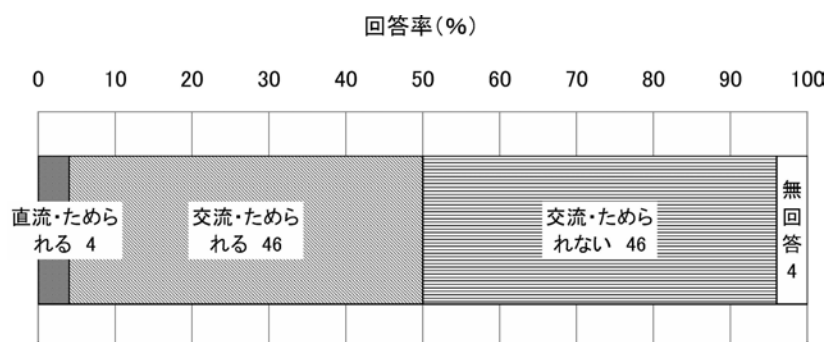


図 16 問題 8 (2) (ア) と (イ) を組み合わせた回答結果

た。ほとんどの者が正答を書けなかった。説明が不十分という回答は「半導体内の電子が 1 つ少ない物」のように、電子の数には触れているが、その移動に関しての説明がなかった回答である。「媒体が負の電荷である物」のような回答は、曖昧であるため、不十分な回答とした。中には「ホールをつくって繋げる手を 1 つ増やす」、「ホールがあり、そこに移動する」という回答もあり、p 型半導体と間違えて解釈している者もあった。

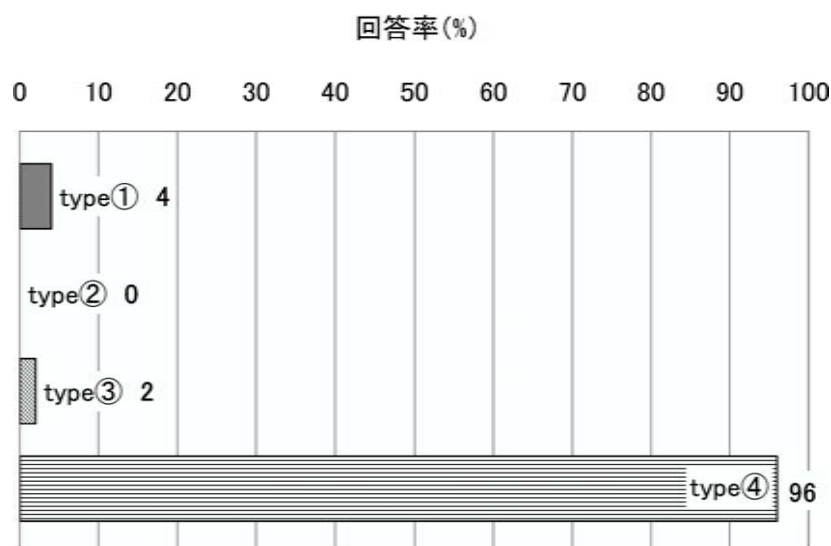


図 17 問題 9 の回答結果

10 問題 10 の結果

問題 10 の結果を図 18 に示す。回答結果を type①～④に分類した。図も描け説明も書けていた (type①) 者が 4 % あった。図は描けているが説明が不十分 (type②) な者が 0 %、図は不十分だが説明が書けている (type③) 者が 2 %、図も描けず説明も書けていない (type④) 者が 94 % あった。ほとんどが誤答であった。「正孔という電子が足りない分子を含む物質」、「媒体が正の電荷である物」、「繋げる手を 1 つ減らす」のような回答は、説明が足りず曖昧であるため、不十分な回答とした。中には「半導体の電子が 1 つ多い物」という n 型半導体と間違えて解釈している者もあった。

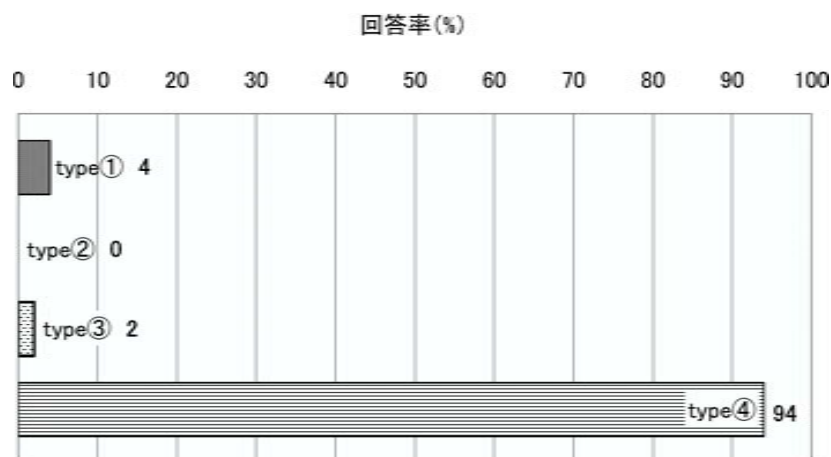


図 18 問題 10 の回答結果

11 問題 11 の結果

問題 11 の結果を図 19 に示す。回答結果を type①～④に分類した。図も描け説明も書けていた (type①) 者が 0 % あった。図は描けているが説明が不十分 (type②) な者が 2 %、図は不十分だが説明が書けている (type③) 者が 2 %、図も描けず説明も書けていない (type④) 者が 96 % あった。ほとんどの者が誤答であった。「太陽光を電気に変換する」、「光エネルギーを電気に変える」のように、太陽電池の概要が書かれている回答が多く、それらは説明が不十分であるため、正答としなかった。また、図に関しては光があたり、それが電気に変換されるという簡単な回答であり、n 型・p 型半導体を用いて説明した回答が少なかった。これらから、太陽電池は「光を電気に変換する物」という簡単な解釈しかできていないことがわかった。

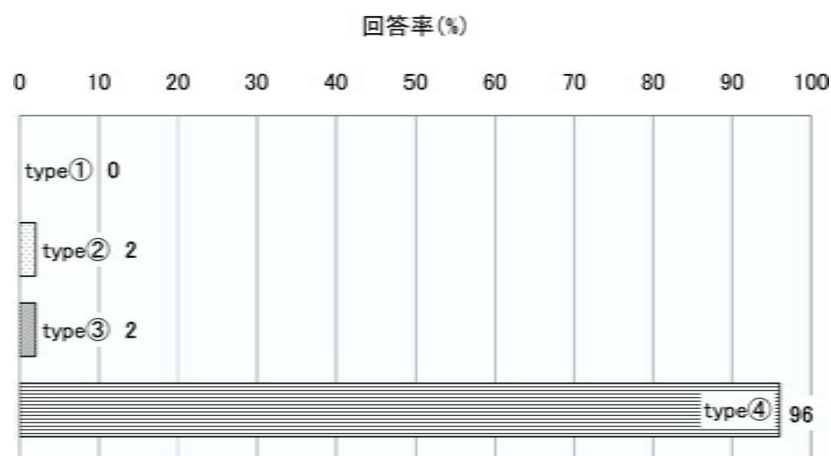


図 19 問題 11 の回答結果

IV 考察

中学校理科^[6]では電磁誘導を取り扱っているが、問題 1 の結果から、電磁誘導について正しく理解していることがわかった。問題 1 ①では全体の 98 %、問題 1 ②では全体の 96 %、問題 1 ③では全

体の96%と多くの者が正答した。また、①～③を全て正答した者は95%あった。

問題2では、「光・電気」、「光・電気エネルギー」の正答した者が8割になるが、2割は誤答や無回答であった。したがって、エネルギー変換について正しく教えることが大切なこととなる。

図20に、問題3から問題7まで正答した者の回答率を示す。各問題の正答は、問題3が「B」、問題4が「B」、問題5が「A」、問題6が「B」、問題7が「A」である。図20では前問題の正答した者が次の問題に何を選択したかが示されている。例えば、問題4の「B」を選択した者は、問題3の「B」も選択したことになる。つまり、問題7を正答した者は、問題3から問題7の全ての問題を正答していることになる。

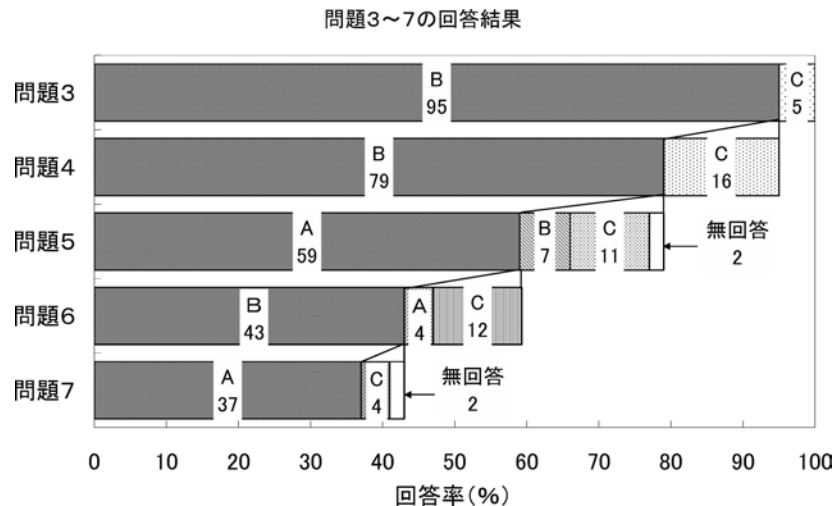


図 20 問題 3 ～ 7 の回答結果

問題3は太陽電池1個のときと2個直列に接続、問題4は面積の小さい太陽電池と面積の大きい太陽電池を接続した電球の明るさについて問うた問題である。問題3の正答率は、図6に示したように95%であった。問題4の正答率は、図7に示したように問題3の正答率より減った80%であった。問題3と問題4を正答した者の割合は16%減少し79%になった。この16%はすべて「(C) どちらも同じ」を選択し、「(A) 面積の大きい」を選択した者はなかった。問題5は太陽電池を直列と並列に接続した電球の明るさについて問うた問題である。問題5の正答率は、図8に示したように75%であった。問題3から問題5まで正答した者の割合は、問題3と問題4を正答した者より20%減少し59%になった。この20%のうち「(C) どちらも同じ」を選択した者が11%、「(B) 並列に接続した」を選択した者が7%あった。太陽電池の面積の違いで明るさが変わることはわかっていても、太陽電池も乾電池と同じであると考えていない者がいることがわかった。問題6は太陽電池に光が入射する角度を変えて接続した電球の明るさについて問うた問題である。問題6の正答率は、図9に示したように71%であった。問題3から問題6まで正答した者の割合は、問題3から問題5まで正答した者より16%減少し43%になった。この16%のうち「(C) どちらも同じ」を選択した者が多く12%、「(A) 光が垂直に入射していない」を選択した者も4%あった。太陽電池の面積の違い、直列と並列の違いで明るさが変わることはわかっていても、太陽電池に光が垂直に入射するときが、最も明るくなることをわからない者がいたことがわかった。小学校で学習する内容が、正しく理解されていない者がいることがわかった。問題7は200Wと100Wを接続した電球の明るさについて問うた問題である。問題7の正答率は、図10に示したように91%であった。問題3から問題7まで正答した者の割合は問題3から問題6まで正答した者より6%減少し37%になった。問題3から問題

7までの1題ずつの正答率は70%以上あるが、問題3から問題7まで正答した者は37%と少ないことがわかった。小学校で学習する太陽電池に関することが、正確に理解していないので、これらのことをふまえて小学校でもう少し丁寧に学習して行くべきであると考えられる。

V おわりに

電磁誘導と太陽電池の仕組みについて工学部大学生がどのような理解をしているのか、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、電磁誘導の原理を95%の者が正しく理解しているが、小学校で学習する太陽電池の基礎知識を正しく理解している者は、37%しかいないことがわかった。n型半導体・p型半導体の仕組みについて理解している者は、ほとんどいなかった。小学校で学習する太陽電池に関する基礎知識が、正確に理解していないので、これらのことをふまえて小学校で丁寧に学習して行くことが重要となる。

参考文献

- [1] 小学校学習指導要領解説－理科編－ PP.18-28, PP.57-70, 東洋館出版社, 1999
- [2] たのしい理科3年,P52-59, 大日本図書, 2004
- [3] たのしい理科4年上,P10-23, 大日本図書, 2004
- [4] たのしい理科6年下,P30-37, 大日本図書, 2004
- [5] 中学校学習指導要領解説－理科編－ PP.30-36, 大日本図書, 1999
- [6] 中学校理科1分野下,P36-39, 大日本図書, 1997
- [7] 物理,P124-125, 東京書籍, 1991