

大学生がもつ電気と磁気の区別についての概念

三 田 幸 司*

An Analysis on College Student's Conception of the Distinction between Electricity and Magnetism

Koji SANDA*

1 問題の所在と研究の目的

自然環境の破壊や化石燃料の枯渇への対策が世界的に求められるようになって久しく、家庭レベルにおいてもソーラー発電システムやハイブリッド車の普及が進むなど、エネルギーへの意識が高まってきている。学校教育に目を向けると、平成20年改訂の小学校学習指導要領解説理科編において、内容区分「物質・エネルギー」では「エネルギー」と「粒子」といった科学の基本的な見方や概念を柱とした内容の系統性が図られた。「エネルギー」については、さらに「エネルギーの見方」、「エネルギーの変換と保存」、「エネルギー資源の有効利用」の3つに分類され、現在に至っている。平成10年改訂までの小学校学習指導要領解説理科編における「物質とエネルギー」の内容区分ではそれらのような細かな分類が明示されていなかったことからすれば、小学校理科教育においてもエネルギーについての学習を引き続き充実させることが求められていると言えよう。

小学校学習指導要領の平成20年改訂の際、「エネルギー」を柱とした内容の一つとして第6学年に「電気の利用」の単元が新設されており、

その内容には「電気の変換」が含まれている。ところが、三田ら（2013）によれば、この単元の授業において教科用図書に記載されている観察や実験を実践したところ、子どもの学びに次のような課題があることが報告されている。それは、例えばLEDを手回し発電機につないでハンドルを回させても、子どもは「電気が使われてLEDが光った」といった現象をとらえることにとどまり、電気が光などに変換されたという見方や概念をもつことは難しいことが明らかになったという。Shipstone（1985）は、学校教育での正式な指導が始まる段階の子どもたちには「電池のような電気を供給するものがあり、電球やモーターのようなそれを消費するものがある」というとらえ方が潜在し、子どもの多くがそのとらえ方をもち続けると述べている。これらのことからすれば、新設された単元を指導したとしても、教科用図書に示された観察や実験を行わせるだけでは、「学校教育での正式な指導が始まる段階の子どもたち」と同様の状態にとどまる場合があると考えられる。

また、「エネルギーの変換」についての学びを検討するうえでは、各々のエネルギーを区別することに留意が必要であると考えられる。このことに関する研究は以前から行われてきたが^註、第6学年「電気の利用」の単元を学習後の子どもを対

* 本学准教授

象とした三田（2009）や三田・佐伯（2010）の調査結果によれば、小学生の中には、「永久磁石の両磁極に豆電球を接続すると明かりがつく」という考えをもっている者がいることが明らかになっている。加えて、三田（2009）は、「乾電池の電極に方位磁針を近づけると針が引き寄せられる」と考えている子どもがいることを明らかにしており、これらの子どもたちの回答理由の分析から、電気エネルギーと磁気エネルギーの区別が曖昧であると考えられる子どもがいると指摘している。「エネルギーの変換」とは、あるエネルギーが別のエネルギーに変わることであるが、子どもが電気や磁気等の各々のエネルギーを区別することができていなければ、「エネルギーの変換」についての学びを深めることは難しいと考えられる。

現在本学に在籍する大学生は、平成20年改訂の小学校学習指導要領に基づく理科授業を受けてきた者たちであり、児童教育コースの学生はいずれ小学校教員として子どもたちに理科の指導を行うことになる。このことからすれば、先行研究において指摘されたような電気と磁気の区別に関する誤概念が現在の学習者にもあるのかどうかを明らかにし、誤概念があるのであれば、小学校理科における指導のポイントを理科教育法等の科目において学生へ指導することが必要となる。このような考えから、まず本研究では、学生に対して電気と磁気の区別についての調査を行い、どのような誤概念を持っているのかを明らかにするとともに、その誤概念は主に小学校理科のどのような学習内容と関係があるのかを検討することを目的とする。

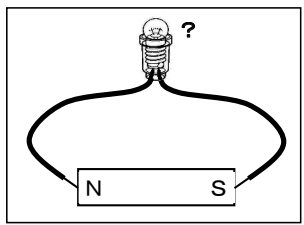
2 研究の方法

(1) 調査方法・内容と回答数

2021年度に本学の「教科の学び（理科）」を受講した3つのグループに属する1年生の学生100

名を対象として、Glexaを利用して調査を行った。グループ別に2021年の9月28日、10月15日、11月19日に調査を実施したところ、計99名から回答を得た。調査内容は、三田（2012）と同様に図1から図3のとおりである。

I-i 永久磁石のN極とS極へ豆電球をつなぎました。明かりはつくと思いますか？

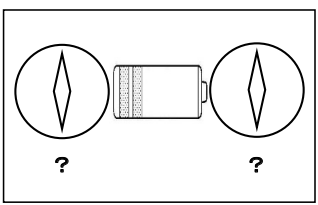


☐ 明かりはつく
☐ 明かりはつかない

I-ii 上の問いについて、そう考えた理由は何ですか？ 短い文章でよいので入力してください。

図1 問Iの内容

II-i



乾電池の＋極と－極へ方位磁針を近づけました。方位磁針の針は乾電池の極に引き付けられると思いますか？ 下の番号の左にある○を一つだけクリックしましょう。

☐ ①針は＋極にも－極にも引き付けられる
☐ ②針は＋極にだけ引き付けられる
☐ ③針は－極にだけ引き付けられる
☐ ④針は＋極にも－極にも引き付けられない

II-ii 上の問いで、そう考えた理由は何ですか？ 短い文章でよいので入力してください。

図2 問IIの内容

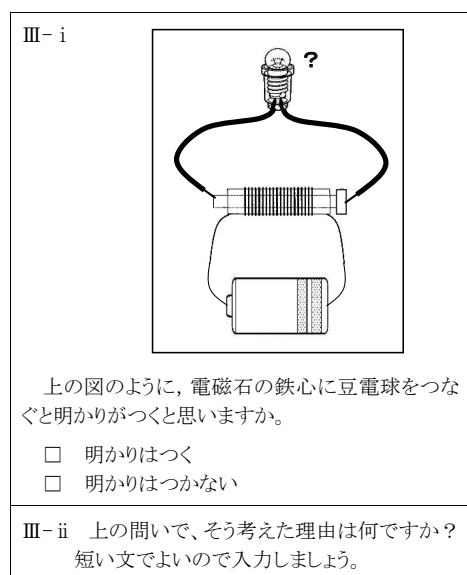


図3 問Ⅲの内容

問Ⅰ-iについては、表1のとおり無回答者が2名いたことから、得られた回答は97名分であったが、問Ⅰ-iiへはその97名全員が回答していた。

表1 問Ⅰ-iと問Ⅱ-iiへの回答者数

選択肢	問Ⅱ-i	問Ⅱ-ii
つく	50	50
つかない	47	47
(無回答)	(2)	(0)

問Ⅱ-iについては、表2のとおり99名全員が回答していたが、選択肢①を選んだ38名のうちの1名と、選択肢②を選んだ30名のうちの6名は問Ⅱ-iiへは無回答であった。

表2 問Ⅱ-i、問Ⅱ-iiへの回答者数

選択肢	問Ⅱ-i	問Ⅱ-ii
①	38	37
②	30	24
③	8	8
④	23	23
(無回答)	(0)	(7)

問Ⅲ-iについては、表3のとおり99名中3名が無回答であり、得られた回答は96名分であったが、続く問Ⅲ-iiへはその96名全員が回答していた。

表3 問Ⅲ-iと問Ⅲ-iiへの回答者数

選択肢	問Ⅲ-i	問Ⅲ-ii
明かりはつく	79	79
明かりはつかない	17	17
(無回答)	(3)	(0)

(2) 回答内容の分析方法

問Ⅰ-i、問Ⅱ-i、問Ⅲ-iにおいて誤答を選択した者を抽出し、それぞれ問Ⅰ-ii、問Ⅱ-ii、問Ⅲ-iiに対して回答した内容を分類する。また、それぞれの回答に考察を加えながら、主に小学校理科での学習内容との関係を検討する。

回答の分類においては、同じ内容があった場合はまとめて「(○名)」と記す。なお、一つの回答において分類に関わるキーワード等が複数ある場合にはそれら複数のカテゴリーへあてはめ、回答内容の後に例えば「(表1)」と記すことで、すでに表1の分類で挙げたことを示す。また、「勘」や「なんとなく」のように考えが記されていない回答や、選択理由が明確に述べられていない回答は分析の対象から除外する。

回答から読み取れる誤概念と小学校理科の学習内容との関係を検討する際には教科用図書や学習指導要領を用いることがあるが、本研究の目的は今後の小学校理科授業への寄与であることから、どちらも現行版を用いる。

3 問Ⅰ－ⅱへの回答について

問Ⅰ－ⅰに対して「明かりはつく」を選択した者が問Ⅰ－ⅱへ回答した内容を概観し、まずは(1)から(5)の五つのカテゴリーに大別した。

(1)「過去に実験した・習った」という回答

表4に示した回答のうち、下段の3名が小学生の頃の実験や記憶であると記している。小学校理科において豆電球と永久磁石を同一学年で扱うのは第3学年であることから、「電気の通り道」の単元と「磁石の性質」の単元それぞれの学習内容が混同されていると考えられる。

表4 「過去に実験した・習った」という回答

<ul style="list-style-type: none"> ・実験でやってついた気がしたから ・明かりがつくと実験した記憶があるから ・物理で習った気がするから ・理科の授業でこのような実験をして明かりがついた覚えがあるから
<ul style="list-style-type: none"> ・小学校で習った記憶があるから ・小学生の時に実験を行い、明かりがついたような記憶があるから（2名）

その一因としては、それら二つの単元が関係づけられて指導されていることが挙げられる。文部科学大臣の検定を経た現在の小学校理科の教科用図書6社分の目次を確認したところ、5社の物で「電気の通り道」の単元と「磁石の性質」の単元が続けて掲載されている。また、それら二つの単元では各々電気を通す物と磁石に引き付けられる物を調べる内容があるが、教科用図書では4社で全く同じ物が示されており、残り2社もほとんど同じ物が示されている。

(2) 導線でつながれていることに着目した回答

表5の最上段に示した2つの回答は導線によって物理的に接続されていることのみによれた記述であったが、その他の回答をさらに細か

く分類すると三つのグループに分けられる。

一つめは、「円」や「直列」、「1本の線」のように「一つながりになっている」ことを表す内容が含まれた回答である。表6に示したとおり、小学校第3学年理科の教科用図書において、全6社中5社の物で「1つのわのように」という記述があることからすれば、指導時には留意が必要であると考えられる。

表5 導線でつながれていることに着目した回答

<ul style="list-style-type: none"> ・磁石に導線を繋いだら電流が流れるから ・電球に導線を通して乾電池が繋がっているから
<ul style="list-style-type: none"> ・導線が綺麗に繋がれているから ・円で繋がっているから ・直列つなぎになると思ったから
<ul style="list-style-type: none"> ・N極とS極が豆電球で繋がれて一本の線になるから ・N極とS極が導線で結ばれたら電気が発すると思ったから ・導線がS極とN極に繋がっており、電流が流れていると考えたから ・電池のN極とS極に導線付きソケットが繋がれているから ・N極とS極の電池に繋がれているから ・プラスとマイナスにつなぐとつくイメージがあるから ・両方の極についているから
<ul style="list-style-type: none"> ・回路ができているから（3名） ・電気が流れる回路が形成されているから ・磁石は電気を通して回路の役割を果たすと考えから ・電池とつながって回路が出来ているから

表6 教科用図書（6社）における配線方法と回路に関する記述

<ul style="list-style-type: none"> ・かん電池の+極、豆電球、かん電池の-極が、1つのわのように、どう線につながっているとき、電気が通って、豆電球に明かりがつけます。 ・電気の通り道のことを回路といいます。 ・回路が1か所でも切れていると、明かりはつきません。
<p>かん電池の+きよくと-きよくに導線をつなぐと、豆電球に明かりがつけます。</p> <p>電気の通り道が1つのわのようになっていると、電気が通ります。</p> <p>わになっている電気の通り道を回路といいます。</p>

<p>かん電池の+（プラス）きょくとー（マイナス）きょくにどう線をつなぐと、豆電球に明かりがつきます。</p> <p>○豆電球に明かりがつくとき、電気が通ります。電気の通り道は1つのわのようにつながっています。</p> <p>○電気の通り道のことを、回路といいます。</p> <p>○とちゅうで回路がとぎれていたら、明かりはつきません。</p>
<p>かん電池の+きょく、豆電球、かん電池の-きょくにどう線で1つのわのようにつなぐと、豆電球の明かりがつく。</p> <p>電気の通り道を回路といいます。豆電球の明かりがつくのは、かん電池、豆電球、どう線で作った回路に電気が通るからです。</p>
<p>豆電球につながっているどう線を、かん電池のプラス（+）きょくとマイナス（-）きょくにつなぐと、電気が通って明かりがつきます。</p> <p>これは、電気の通り道ができたからです。この電気の通り道を回路といいます。</p>
<p>●かん電池の+きょく、豆電球、かん電池の-きょくを、1つの「わ」のようにどう線でつなぐと、電気が通って、豆電球に明かりがつく。</p> <p>●「わ」になっている電気の通り道を回路という。</p>

二つめのグループは、「二つの極につながっている」ことを表す内容が含まれた回答である。回答の中には「電池のN極とS極」等の表現が見られることから、電極と磁極を混同または同一視している者がいると考えられる。また、「両方の極についているから」も同様であると考えられるが、これらは電極、磁極共に「○極」として表現されることに一因があると推察できる。このことについて、表6に示した教科用図書では6社ともに「かん電池の+きょく」等と表記されており、乾電池と電極が結び付けられている。さらに、1社が「かん電池のプラス（+）きょくとマイナス（-）きょく」として乾電池と+・-の両極の文字をゴシック体の太文字にして強調し、「乾電池」と「+きょく」「-きょく」をさらに関係づける工夫がなされていることが分かる。

三つめは「回路ができています」ことを表す内容が含まれた回答のグループである。このグ

ループの回答には電極や磁極についての記述は見られないものの、「磁石は電気を通して」等の記述が見られ、電気と磁気の区別が曖昧であると考察できる。表6に示したとおり「回路」という用語については教科用図書6社のうち5社がゴシック体の太字で表記してあるが、「回路」という用語のみが重要であるという印象を学習者に与えないように、指導の工夫が必要であると考えられる。

(3) N極とS極の性質や働きに着目した回答

この分類に該当する回答は表7のとおりであり、さらに細かく分類すると上段と下段二つのグループに分けられる。上段のグループの回答は、先に（2）で挙げた「二つの極につながっている」ことを表す内容が含まれた回答と同様に、電極と磁極を混同したり同一視したりしていると考えられ、電極、磁極共に「○極」として表現されることに一因があると考察できる。

表7 N極とS極の性質や働きに着目した回答

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・N極とS極があるから（3名） ・N極とS極はプラスとマイナスの役割をしているから（2名） ・磁石のN極とS極には電池のプラスとマイナスの性質が有ると思ったから ・同じ極同士だから ・プラスとマイナスがあると思うから ・電子がNからSに流れるから |
| <ul style="list-style-type: none"> ・同じ極ではなく、異なる極同士なので反発することなく電流が流れると思ったから ・違う極同士だから ・S極とN極を近づけると引付けくから ・磁石はN極とS極が引き付けられて力がはたらくので、豆電球もそうなると思ったから |

下段のグループは、「異なる磁極同士は引き合う＝両極間にエネルギーが通っている」という考えから、「二つの磁極の間を電流が流れる」ととらえていると推察される。電気と磁気の区別が曖昧であることに加えて、中学校理科におい

て磁力線や磁界の方向について学習したことが影響しているのではないかと考えられる。

(4) 「永久磁石には乾電池と同様の働きがある」ととらえている回答

表8に挙げた回答をした学生は、乾電池と同様に、磁石にも起電力があるという考えをもっていると推察される。

表8 「永久磁石には乾電池と同様の働きがある」ととらえている回答

- ・磁石にも電池と似たような性質があると思うから
- ・磁石は電気を通すと考えたから
- ・磁石は電気を溜め込む性質があるから
- ・微量の電力が流れていると思うから
- ・電気が流れるから（3名）

記述内容からは、電気と磁気は区別できていると考えられるものの、磁極や磁力の働きに関する内容が含まれておらず、電池や電気、電力という言葉によって説明されていることから、乾電池と永久磁石の働きが同一視されていると推察される。

(5) 「磁石の力で豆電球が点灯する」ととらえている回答

表9の回答は、先の表8の回答と同様に磁極や磁力の働きに関する内容が含まれていないことに加えて、電極や電流についての記述も見られないことから、電気と磁気の区別がさらに曖昧であると考えられる。

表9 「磁石の力で豆電球が点灯する」ととらえている回答

- ・磁石でつくと思ったから
- ・磁力の力によってつくと思うから

表8や表9の回答をした者は、小学校第3学年の理科において乾電池によって豆電球が点灯

することや、磁石によって鉄が引き付けられることを学んだことで、「乾電池も磁石も同じようなパワーを持っている」とイメージするようになったのではないかと考えられる。

4 問Ⅱ－iiへの回答について

問Ⅱ－iの内容は「乾電池の＋極と－極へ方位磁針を近づけました。方位磁針の針は乾電池の極に引き付けられると思いますか？」であった。

(1) 選択肢①を選んだ者の回答

問Ⅱ－iにおいて「①針は＋極にも－極にも引き付けられる」を選択した者が、問Ⅱ－iiへ回答した内容を分析する。

1) 「乾電池や電気に磁石の働きがある」という考えの回答

このカテゴリーの回答は、表10の上下二段のように二つのグループに大別できる。一つめは、「乾電池に磁力がある・働いている」という考えであり、二つめは、「＋極や－極がN極やS極になっている」という考えである。

表10 「乾電池や電気に磁力がある」という考えの回答

- ・電池に磁力があるから（3名）
- ・針にも乾電池にも磁力が働いていると考えたから
- ・電池から電磁波が出ていると思うから
- ・電磁誘導が起こっていると考えたから
- ・方位は磁場によって決まっているから
- ・電池のプラス極やマイナス極には磁石のN極やS極の性質があると考えたから
- ・針を近づけると乾電池のプラスマイナスにはかわらず極が存在するため引きつけられると考えたから
- ・NとS極の力が働きそうだから
- ・磁波は－極にも＋極にも流れていると思うから
- ・N極もS極も磁力があると考えたから
- ・磁力が両端に働いているから
- ・どちらかがSとNになっているから
- ・電池の＋極、－極のどちらからも磁力が出ていて針はそれに引きつけられると思ったから
- ・電池にも＋と－があるから
- ・N極は方位磁針の北と引き合うと思ったから

上段に示した一つめのグループについては、先の表8や表9の回答と同様に、小学校第3学年での学習から「乾電池も磁石も同じようなパワーを持っている」というイメージをもつようになったと推察されるが、「磁力」や「電磁波」、「電磁誘導」、「磁場」といった言葉が用いられていることから、電気と磁気がある程度区別された回答であると考えられる。

また、二つめのグループについては、電極、磁極共に小学校第3学年において「〇極」と表されることを学習することから、電極と磁極を混同した、または、同一視した回答なのではないかと推察される。

2) 「方位磁針が電気に反応する」という考えの回答

表11にまとめた回答は、方位磁針が磁力だけでなく電気にも反応するという考えである。これらは方位磁針の性質についての誤概念であるが、電気と磁気を同一視した考えの一つであると推察できる。小学校第3学年理科の教科用図書では、発展的な内容のページにおいて、棒磁石の周囲に小型の方位磁針を多数置いた写真を掲載した物や、真ん中を切ったゴム磁石に方位磁針を近付ける写真を掲載した物が各1社ずつあることから、これらのページを扱う際には留意して指導する必要があると考えられる。

表11 「方位磁針が電気に反応する」という考えの回答

- ・電池のプラス極やマイナス極から出る電力に反応すると考えたから
- ・どちらにも電気が出ていて、電気に針が反応するから
- ・電気に引きつけられるから
- ・方位磁針は電気に影響されると考えた時、プラス、マイナス関係なく影響されると考えるから
- ・プラスもマイナスも電気が働いているから

3) 「過去に実験した・見たことがある」という回答

小学校理科において教科用図書どおりの観察・実験を行うとすれば、乾電池と永久磁石を同時に扱うことはほぼ無いことから、表12にまとめた回答は、第5学年で扱われる電磁石や中学校・高等学校での磁界や磁力線についての学習と混同したものであると推察される。

表12 「過去に実験した・見たことがある」という回答

- ・過去にこの実験をして結果がこれだと思ったから
- ・以前やった研究で両方の針がぐらぐら動いていた気がするから
- ・見覚えのあるような気がしたから
- ・磁石が方位磁石を引きつけたのを見た事があるから

また、調査時に示した図（図2参照）には磁石ではなく乾電池が描かれていたが、「磁石が方位磁石を引きつけたのを見た事があるから」という回答から、永久磁石と乾電池の区別が曖昧になっているのではないかと考えられる。

4) 電極の鉄に方位磁針が反応することを指摘した可能性がある回答

問Ⅱ-iにおいて選択肢①を選んだ者が問Ⅱ-iiで回答した内容の中には、正答にあたる可能性があるものが含まれていたので特筆しておく。

表13 電極の鉄に方位磁針が反応することを指摘した可能性がある回答

- ・電池に磁石がくっつく気がしたから
- ・乾電池に方位磁石が引きつけられると思うから
- ・方位磁針の磁石の部分が乾電池の方に引き寄せられるから
- ・針と乾電池は引き寄せられるから
- ・方位磁針は乾電池の方に引き付けられると考えたから

乾電池の+極や-極部分には多くの物に鉄が

用いられているため、磁石である方位磁針の針が電極部分の鉄と反応する場合がある。また、第5学年において電磁石に乾電池をつないで実験する際、電磁石と乾電池が近くにある場合には電極部分の鉄が磁化されることがある。表13に挙げた回答には電極に鉄が使われているといった具体的な記述は見られないものの、「電気」や「電流」という言葉が用いられていないことから、これらの回答者の中には、電極の鉄との反応として「① 針は+極にも-極にも引き付けられる」を選択した者がいると推察される。

(2) 選択肢②を選んだ者の回答

問Ⅱ-iにおいて「②針は+極にだけ引き付けられる」を選択した者が、問Ⅱ-iiへ回答した内容を分析する。

1)「+極にのみパワーがある」という回答

この分類の回答には、第4学年の「電流の働き」を扱う単元での学習が関係していると考えられる。

表14 「+極にのみパワーがある」という回答

- ・+極から磁力が出て、-極からは何も出ていないから
- ・プラス極の方に磁気がありそう
- ・プラス極には磁力が働いていると思うから
- ・プラス極には磁場があるから

小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編（文部科学省、2018）では「電流の向き」という表現しか見当たらず、電流の方向については記されていないが、表15に示したとおり、教科用図書では6社のうち5社において「かん電池の+極から」流れると示されていることから、「エネルギーが出るのは+極から」というイメージを持ってしまう学習者がいるのではないかと推察される。

表15 教科用図書（5社）における電流の方向に関する記述

電流は、かん電池の+極からモーターを通り、-極へ向かって流れる。
・・・かん電池の+極からモーターを通して、-極へ電気が流れます。
電流は、かん電池の+極からモーターを通して、-極に流れています。
電流は、かん電池の+極から出て、モーターを通り、かん電池の-極に入る向きに流れます。
電流は、かん電池の+極からモーターを通して-極に流れます。

2) +極と-極の比較による回答

表16の回答は、表14の回答とは異なり、「-極にも何らかのパワーがあるが、比較すると+極の方が強い」と考えていると推察される。これらの回答は、「+」「-」という記号から受けるイメージに基づいていると考えられる。

表16 +極と-極の比較による回答

- ・マイナスよりもプラスの方が強いと思ったから
- ・プラス極の方が、強そうだから

3) 電流や電子の流れと関係づけた回答

表17に示した回答では、上段の三つが表15の電流の方向と関係づけた回答であると考えられ、下段の二つは、中学校や高等学校の物理で学習する電子の流れる方向と関係づけたと考えられる。

表17 電流や電子の流れと関係づけた回答

- ・プラス極から電気が流れるイメージがあるから
- ・プラスからマイナスに繋がる気がするのでプラスにだけ引き付けられると思ったから
- ・電気に引っ張られるから
- ・電子が-極から+極に流れ、+の方には流れると思ったから
- ・乾電池はプラスから入ってマイナスから出るから

上段に示した電流の方向と関係づけた回答については、「電気は+極側から出て来るから、方

位磁針はそれに引き付けられる」という考えであると推察される。

また、下段の電子の流れる方向と関係づけた回答については、「+極側に入る電子の流れに方位磁針が吸い寄せられる」という考えであると推察される。

4) +極と北を関係づけた回答

表18は、二つの電極のうちの+極と、四方位のうちの北を関係づけたと考えられる回答である。

表18 +極と北を関係づけた回答

- ・地球にも極があったような記憶があり、プラスといえば北かなと思った。だから方位磁石の針はマイナスを帯びているのかなと考えた。
- ・プラスの方向に北が向くため
- ・針がS極になっているから

－極よりも+極の方に注目が向きやすい理由としては、先の表15に示した教科用図書の記述に「+極から」とあることが考えられる。また、四方位のうち北に注目する理由としては、理科において第3学年で初めて方位磁針を用いる際、教科用図書6社ともに方位磁針の「北」の文字を針の色がついた方に合わせるという内容が示されていることから、「方位磁針は色がついた方だけが力をもっている」という誤解をする者がいるのではないかと考えられる。

なお、表18の3つめの回答については、「北を指す側の針がS極になっている＝引き付ける+極はN極」という考えであると推察される。

5) 「過去に習った・実験した」という回答

先の表12に示した回答と同様に、乾電池と永久磁石の区別が曖昧になっていたり、第5学年で扱われる電磁石や、中学校や高等学校の物理での磁界や磁力線についての学習と混同していたりすることによると考えられる。

表19 「過去に習った・実験した」という回答

- ・そう習った気がするから
- ・プラスにひきつけられるという記憶があるから
- ・小学校のときに習った記憶があるから
- ・小学校で実験したような覚えがある
- ・中学校で②のように習った気がするから
- ・磁石がマイナス極になるという図を見たことがある気がするから

(3) 選択肢③を選んだ者の回答

問Ⅱ－iにおいて「③針は－極にだけ引き付けられる」を選択した者が、問Ⅱ－iiへ回答した内容を分析する。

1) 電流の方向と関係づけた回答

表20にまとめた回答は、表15に示した教科用図書の記載内容である「電流は－極に流れる」ことと関係づけた考えであると推察される。

表20 磁力線や電流の流れと関係づけた回答

- ・マイナス極の方が引きつける力があると思うから
- ・マイナス極に磁場が集まると考えたから
- ・電池から出ている電磁波が方位磁針に影響を与え電流の流れに合わせて向きが変わると考えるから

特に、表15のうちの1社の記述に「かん電池の－極に入る向きに流れます」とあるように、「－極に入る＝－極に引きつけられる・集まる」というイメージをもっていると考えられる。

2) 「方位磁針に電極がある」という考えの回答

表21は、磁石である方位磁針に電極があると考えた回答である。乾電池と永久磁石を混同してとらえていると推察される。表10の2つめのグループと同様に、小学校第3学年理科において電極、磁極共に「○極」と表されることを学習したことが要因の一つではないかと推察される。

表21 「方位磁針に電極がある」という考えの回答

- ・針はプラス極だと思ったから
- ・動く針はN極だと思い、N極がプラスだとしたらマイナスに引き付けられと考えたから
- ・磁石がマイナス極になるという図を見たことがある気がするから（表19）

5 問Ⅲ－iiのへ回答について

問Ⅲ－iは、電磁石の鉄心に豆電球をつなぐと明かりがつくと思うかを問う内容であった。ここでは、問Ⅲ－iに対して「明かりはつく」を選択した者が問Ⅲ－iiへ回答した内容を分析する。

(1) 物理的につながっていることに着目した回答

表22に示した回答は、調査時に示した図（図3参照）では乾電池の両極と電磁石、豆電球が導線でつながれて回路が成立しているように見えることから、表6に示した第3学年での学習内容と関係づけたのではないかと推察される。

表22 物理的につながっていることに着目した回答

- ・電磁石には電気が通るから回路が成立すると思うから
- ・電池があつて、その回路もできていると思うから（2名）
- ・乾電池と鉄心、鉄心と豆電球で回路ができているから
- ・コイルで発生した電流が導線を通じて乾電池に伝わって回路ができると思うから（4名）
- ・並列つなぎで、鉄心は磁力を通すと思ったから
- ・豆電球に明かりがつくつなぎ方になっているから（2名）
- ・全てがつながっているから
- ・乾電池と電磁石が繋がっているから
- ・電池と導線と鉄心をつなぐと電流が流れると思うから
- ・電流を遮断するところがないと思うから
- ・間接的ではあるが、豆電球と電池が繋がっているから
- ・乾電池から導線を通して電流が流れているから
- ・電気が通っているから（3名）
- ・電力が働いているから
- ・電池とつながっているから
- ・電池とコイルがつながっているから
- ・乾電池があるから

「電磁石には電気が通るから回路が成立すると思うから」や「間接的ではあるが、豆電球と電池が繋がっているから」等のように、間に電磁石の存在にふれている内容も見られるが、電磁石のコイルに用いられるエナメル線の表面は絶縁されていることや、コイルが巻かれたパイプは絶縁体であることは意識できていないと推察される。その他にも、電磁石には触れず、乾電池と豆電球がつながっていることや、乾電池がつながっていることだけに触れた回答も見られる。

なお、1名ではあったが「並列つなぎで」と回答した者がいた。これは、調査時に示した図（図3参照）では輪が二つあるように見えることから、第4学年で学習する並列つなぎを連想した回答であると考えられる。

(2) 「電磁石やコイルの存在は無関係である」ととらえている回答

表23に分類した回答は、電磁石やコイルの存在について触れているものの、それらの存在には関係なく、乾電池があるから豆電球は点灯するというとらえであると考えられる。

表23 「電磁石やコイルの存在は無関係である」ととらえている回答

- ・電磁石があってもなくても豆電球と乾電池があるのであかりはつくから
- ・コイルがあっても電池から電気が出て、コイルも何もないときと同じようになると思ったから
- ・途中にあってもしっかりと電力があると思うから
- ・Ⅱ－iにコイルが付いただけで電池とつながっており、電流が流れると思うから

調査の際に示した図（図3参照）では、乾電池の電極とつながる導線と、豆電球へつながる導線は直接つながっているわけではないことから、電流が流れる経路をたどることができていないのではないかと推察される。

(3) 鉄心に着目した回答

このカテゴリーに分類した回答には、「鉄心」や「鉄」、「金属」という表現が含まれる。鉄心が電気を通すことに着目しているものの、1本の鉄心の両端に豆電球を接続しても電位差は0であることは意識できていないと推察される。

表24 鉄心に着目した回答

<ul style="list-style-type: none"> ・鉄には当たっているから繋がる ・鉄があるため、電流を流すと明かりがつくと思った ・鉄は電気を通すから (4名) ・金属は電気を通す性質を持つから ・鉄心は鉄であるため、電気を通すから ・鉄心は、電気を通すと思ったから (4名) ・鉄心が電気が通っている状態になるから ・鉄心も電流を通すから ・鉄心は電気を流すから ・鉄心に電気が流れると考えたから
<ul style="list-style-type: none"> ・鉄心を通して電流が流れるから ・鉄は電気を伝導させる性質があると考えたから (2名) ・金属は電気を通すから、乾電池から発された電気が鉄心を通して豆電球に繋がるから ・電池から導線によって、電気が通り、電磁石の鉄心を介して、豆電球にも電気が通るから ・鉄心を通して電気が豆電球に伝わると思ったから ・電池からの電力が鉄心を通るかなと思ったから ・鉄芯にはコイルと電池によって電力が流れると思うから ・プラス極とマイナス極が鉄心をつたって豆電球に届くと思ったから
<ul style="list-style-type: none"> ・鉄心も磁力があるとと思ったから ・鉄は磁力を持っているから

電位差は小学校理科では扱わないが、小学生の中には図4のように鉄釘などの電気を通す物の両端に豆電球をつなぐと点灯するという考えをもっている者がいる。

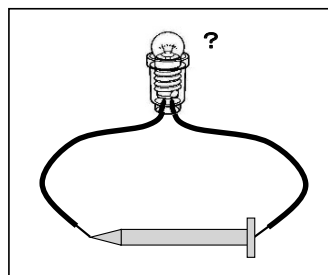


図4 電気を通す物に豆電球をつないだ例

そのような者は、「電気を通す物」を乾電池のように「電気を流す力をもっている物」と混同していると推察される。

その他、鉄心に接続した豆電球が点灯すると考えた理由として表24の下段に示した「鉄心も磁力があると思ったから」と「鉄は磁力を持っているから」という回答については、電気と磁気を混同していると考えられる。また、これらの回答には、小学校理科の第3学年において鉄は磁石につけると磁石になることを学んだり、第5学年において電流の流れているコイルは鉄心を磁化する働きを学んだりすることにも関連があるのではないかと推察される。

(4) 電磁石に着目した回答

表25のカテゴリーに属する回答には、「電磁石」というワードが含まれる。

表25 電磁石に着目した回答

<ul style="list-style-type: none"> ・電磁石が電気を通すと思ったから (6名) ・電磁石には電気が流れているから (2名) ・電気が電磁石にも回っているから ・乾電池からの電気を、豆電球と繋がっている電磁石が帯びているから ・電磁石と電池どちらも電気持ってる感じがするから
--

これらの回答のほとんどは乾電池からの電気が電磁石を経由して豆電球に届くという考えであると考察でき、エナメル線には電流が流れているものの、鉄心とは電氣的につながっていない

いことや、鉄心の両端には電位差がないことなどには着目でできていないと考えられる。また、「電磁石と電池どちらも電気持ってそうな感じがするから」という回答からは、電磁石からも電流が出て、それが豆電球に届いていると考えていると推察される。

(5) コイルの働きに着目した回答

表26にまとめた回答には、コイルに関する内容が含まれている。電磁石ではなくコイルに着目していることから、中学校や高等学校の理科で学習した電磁誘導等と関係付けていると推察される。

表26 コイルの働きに着目した回答

- ・コイルが巻いてあるから
- ・電磁石がコイルとして機能するから
- ・鉄心に巻かれた導線から力が伝わり、明かりがつくと考えたから
- ・理科の授業でこのような実験をしてコイルの巻く回数が多いほど豆電球の光は強く光るという実験をした覚えがあるから

(6) 電流がつくる磁界に着目した回答

表27の一つめの回答については、中学校や高等学校での電流と磁界の学習内容と混同しているのではないかと考えられる。

表27 電流がつくる磁界に着目した回答

- ・鉄心の周りに電気の流れができるので豆電球がつく
- ・鉄心付近に電磁波が生じているから

また、二つめの回答には「電磁波」という言葉が含まれているが、学習指導要領においては高等学校の解説理科編に見られることから、そこの学習に影響を受けていると推察される。

(7) 「過去に実験した・習った」という回答

表28の分類に該当する回答は次のとおりであ

る。

表28 「過去に実験した・習った」という回答

- ・小学生？の時にに行った実験ではついた気がしたから
- ・実験であかりがついた気がするから
- ・物理の時間で習った気がするから
- ・理科の授業でこのような実験をしてコイルの巻く回数が多いほど豆電球の光は強く光るという実験をした覚えがあるから（表26）

一つめの回答に「小学生？の時にに行った実験」とあるが、小学校理科の教科用図書では扱われていないことから、他の回答と同様に中学校や高等学校理科で学習した電磁誘導と混同していると推察される。

6 成果と課題

本研究の目的は、本学の学生が電気と磁気の区別についてどのような誤概念を持っているのかを明らかにするとともに、その誤概念は特に小学校理科のどのような学習内容と関係が深いのかを検討することであった。調査結果を分析したところ、電気と磁気の区別が曖昧な者がいることが明らかになった。また、それらの者もつ誤概念の中には、小学校理科の第3学年「磁石の性質」および「電気の通り道」、第4学年「電流の働き」、第5学年「電流がつくる磁力」での学習内容から派生したのではないかと考察されるものがあることが分かった。

今後の課題としては、教科用図書を用いた学習において、本研究で明らかになった電気と磁気の区別が曖昧な概念が生まれることを避けるための指導のポイントを検討することが挙げられる。その際には、板橋・大高（2012）が明らかにした米国の小学校理科教科書や教師用指導書におけるエネルギーの扱い方を参考にすることも有効な方策の一つであると考えられる。

引用・参考文献

- ・ 学校図書（2020）「みんなと学ぶ小学校理科3年」.
- ・ 板橋夏樹・大高泉（2012）「米国小学校におけるエネルギー概念の導入に関する研究～米国の小学校理科教科書、教師用指導書を事例として～」、理科教育学研究、pp. 11–21.
- ・ 啓林館（2020）「わくわく理科3」.
- ・ 教育出版（2020）「みらいをひらく小学理科3」.
- ・ 文部科学省（2008）「小学校学習指導要領解説理科編」、大日本図書.
- ・ 文部科学省（2018）「小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編」、東洋館出版.
- ・ 大日本図書（2020）「たのしい理科3年」.
- ・ 三田幸司（2009）「電気と磁気に対する小・中学生の見方や考え方に関する研究」、第58回日本理科教育学会中国支部大会発表資料.
- ・ 三田幸司・佐伯英人（2010）「電気と磁気に対する小・中・大学生の見方や考え方に関する研究」、第59回日本理科教育学会中国支部大会発表資料.
- ・ 三田幸司（2012）「電気と磁気のエネルギーに対する小・中・大学生の見方や考え方に関する研究」、日本理科教育学会第62回全国大会 発表資料.
- ・ 三田幸司・山崎敬人・柴一実・升岡智子・風呂和志（2013）「子どもの科学的な学びを創造する理科授業

に関する研究（3）—「電気の利用」の単元を事例として—」、広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要、第41号、pp. 33–38.

- ・ Shipstone, D. (1985), 'Electricity in Simple Circuits', In Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (Eds.), *Childrens' Ideas in Science*, Open University Press, Milton Keynes, England, pp. 33–51. (内田正男 監訳：1993、『子ども達の自然理解と理科授業』、東洋館出版社.)
- ・ 信州教育出版社（2020）「楽しい理科3年」.
- ・ 東京書籍（2020）「新しい理科3」.

註

日本において大規模な調査を行った例としては次の研究が挙げられる。

- ・ 坂元昂・武村重和 他（1978）「小学校児童の電磁気教材に関する内容・目標行動マトリックス及び次元分けに基づく認識調査の実施と考察」、研究代表者坂元昂、『教育工学研究資料、課題研究「認識の特性を基礎とした授業設計の関する実証的研究」』、pp. 213–326.
- ・ 平野俊英（1999）「学習者の初等電磁気概念の形成に関する研究—カリキュラムの構造が及ぼす影響—」、広島大学大学院教育学研究科博士論文.