

## [理 科]

理解の3層構造の視点を取り入れた小中学校の学習内容を  
繋ぐ理科授業の在り方

— 中学校2年生 「電流のまわりの磁界」の実践から —

八重沢 央\*

## 1 はじめに

中学校における理科の時数や学習内容の増加など、新学習指導要領に示されているように、これからの理科学習は非常に重要視されている。新学習指導要領では、教科の目標も改訂され、その改善の要点は、「生徒がより一層、積極的に自然にかかわり、生徒が主体的に疑問点や課題を見だし、問題意識をもって実験観察に取り組み、科学的に探求する活動をさらに重視する」ということである。また、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」などの科学的な概念の理解など基礎的・基本的な見方や概念を柱として、子どもたちの発達段階を踏まえ、小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図る方向で改善されている。

そのような中、我々教師は、日常の授業の中で「生徒が意欲的に学習活動に取り組み、学習内容を確実に分かっている」ということを常に意識しながら授業を展開している。生徒にとって「分からない」という状況の下では、学習意欲もわかず、新学習指導要領の重点である主体的に疑問点を見いだしたり、深く問題意識をもって探究したりする活動は生まれにくい。また、小学校の時に分かっているが中学校では分からなくなってしまう、そのことが「積極的に自然にかかわろう」「学習しよう」とする意欲の減退に繋がってしまう場合も考えられる。つまり生徒にとって「分かる」ことは、探究したり、考察したり、応用したりという理科学習の根幹を成すものである。

そこで本実践では、小学校で分かっていることを生かして、中学校ではさらに課題を探究し、小学校・中学校それぞれの学習内容を繋ぐことで、「分かる」授業を展開していくこととした。

## 2 研究課題の所在

西林克彦氏は、「一般的に言って、分かったというのは、ものごと間・知識間に、主体が、既存知識を駆使し、時には新たな知識も導入しながら、矛盾なく関連をつけることができた状態である」と述べている。著書の中では、「理解の3層構造」として、「①法則的知識」「②接続用知識」「③個別的知識」をあげ、「分かった」という状態は、この3つの知識が、矛盾なく関連づけられた状態であると述べている。また理解は、これら3つの知識がお互いに関連しており、それぞれの知識が補われたり、発見されたりするときに「分かった」という感覚が得られるとしている。

比護一幸氏は、中学校理科1分野の「電流がつくる磁界を調べよう」という単元において、この「理解・認知」の構造を取り入れた授業実践を行っている。その中で、コイルのまわりにできる磁界の様子を実験などで理解させた上で、「より強力な電磁石をつくるには」という発展課題を設定し、図1に示すような理解の3層構造を考え、生徒が様々な角度から発展課題にアプローチする実践を紹介し、生徒は「分かった」ということを実感したと報告している。比護氏は、この発展課題を設定した際、「磁力線が密集するほど磁力が強くなる」という法則的知識を生徒に与え、知識の3層構造を構築させている。ここで筆者は、図1から小中学校それぞれの段階での学習内容を整理し、図2に示すような理解の3層構造

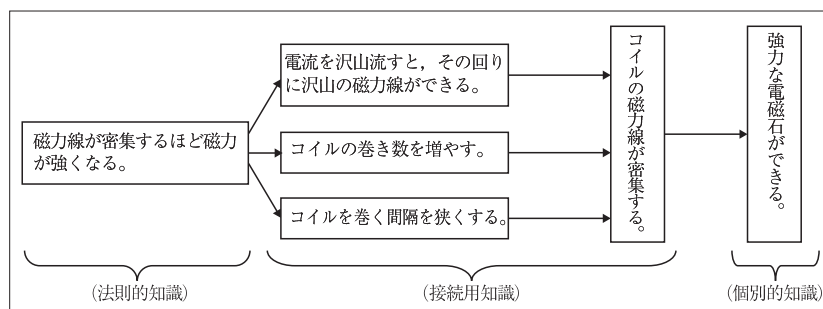


図1 比護氏の提案する理解の3層構造

\* 津南町立津南中学校

を再構築した。図1・2の知識の中で、接続用知識と個別的知識は、小学校のときに習得済みである。これら習得済みである2つの知識から新たな課題を設定し、中学校での学習活動を通して、知識の3層構造の中の新たな1つ「法則的知識」を生徒に獲得させることで、知識の3層構造が構築され、小中学校の学習内容の繋がりができ、生徒は「分かった」を実感するのではないかと考え、その有効な授業展開について研究した。

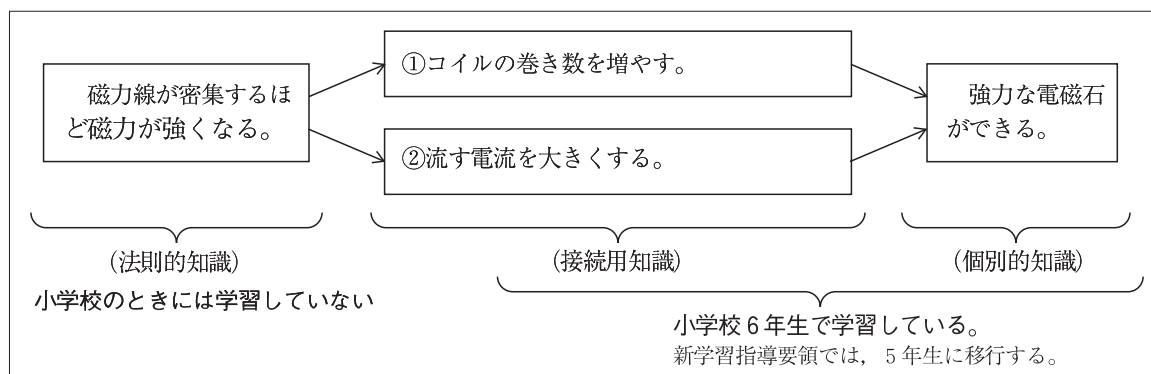


図2 小中の学習内容の関連と理解の3層構造との関係

以上のことから、筆者は次のように研究仮説を立てた。

【仮説】小学校で得られている接続用知識と個別的知識から新たな課題を見だし、中学校での学習活動により法則的知識を獲得し理解の3層構造を構築することで、小学校の学習内容と中学校の学習内容をそれぞれ関連づけることができ、「分かった」を実感できるのではないだろうか。

### 3 授業の実践

#### (1) 新学習指導要領との関連

##### 小学校

##### (3) 電流のはたらき

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ことができるようにする。

イ 電磁石の強さは、電流の強さや導線の巻き数によって変わる

##### 中学校

##### (3) 電流とその利用

電流回路についての観察、実験を通して、電流と電圧との関係及び電流の働きについて理解させるとともに日常生活や社会と関連付けて電流と磁界についての初歩的な見方や考え方を養う。

##### イ 電流と磁界

##### (ア) 電流がつくる磁界

磁石や電流による磁界の観察を行い、磁界を磁力線で表すことを理解するとともに、コイルの回りに磁界ができることを知る。

この単元では、小学校での学習と関連させながら、磁石や電流が流れているコイルの回りに磁界があることを見いだし、磁界は磁力線で表されること、磁石やコイルの回りの磁界の向きについて理解させることを目標としている。

#### (2) 小中の学習内容を関連づけるための授業展開の工夫

- ① 小学校の学習内容を実験で確認する。
- ② 小学校の学習内容から新たな課題を見いだせるようにする。
- ③ 生徒の予想や発言をみとり、補完実験を取り入れる。
- ④ 班ごとに、導線のまわりのできる磁界の様子が観察ができるよう教材を準備する。

このようなことを踏まえながら、次のように単元の指導計画を考えた。

時数	学習内容	指導のねらい
1	○磁石の性質を確かめる。 ・小学校の学習内容の確認 ・磁石の性質についての実験、一斉授業による説明	○磁石の性質について理解する。 ・磁界は磁力線で表されること。 ・磁界には向きがあり、N極からS極に向かう。
1	○小学校の学習内容を実験により確認する。 (接続用知識と個別的知識の確認)  ○コイルだけでも磁石になるか。コイルの周りの磁界を観察する。	○電磁石の性質について理解する。 ・コイルに鉄心を入れて電流を流すと鉄心は磁石になる。これを電磁石という。電磁石でもN極とS極がある。電流の向きを逆にすると極が変わる。 ・電磁石を強くするためには、「電流を大きくする」「コイルの巻き数を増やす」 ○鉄心を抜いても磁石になっていることを理解する。
1	『小学校で行った電磁石の実験の中で、何か疑問に思うことはないだろうか？』（新たな課題の見だし）  なぜ巻き数を多くすると磁力が強くなるのだろうか。（中心課題） (法則的知識の習得に向けて)  ○普通の棒磁石の磁力を強くするにはどうすればよいか。（補充実験）	○小学校の知識と中学校で獲得する知識を繋げる。 ・予想をさせるが、生徒の取組やワークプリントの点検から生徒の考えをみとり、補充実験を行う。 ○補充実験を行い、磁力と磁力線の関わりについて考え、法則的知識の習得に向けてのヒントを得る。 ・磁力線を用いての磁力の強弱のイメージ化を図る。
1	○コイルの磁力線は重なっているのだろうか。どうすれば、調べられるだろうか？	○コイルをほどいて巻き数を少なくし、1本の導線の場合の磁界（磁力線と向き）を考える。巻き数を増やしていくと磁力線が重なって密になるか。 ①一本の導線の周りにできる磁界の観察 ②円形の導線の周りにできる磁界の観察 ③コイルにしたときの磁界の様子（法則的知識の獲得）
1	○なぜ電流を大きくすると、電磁石は強くなるのか？	○電流が小さい場合と大きい場合の磁力線の様子をイメージ化する。電流が大きいときは磁力線が密になっていることを図示できる。

### (3) 評価の方法

Aクラスは、前述した指導計画で実践を行う。

Bクラスは、「①磁石の性質を確かめる。②小学校で学習した内容を確認し、電流を流すと導線のまわりに磁界ができることを説明する。③一本の導線のまわりにできる磁界の様子を観察→円形の導線のまわりにできる磁界の様子を観察→コイルの回りにできる磁界の様子を観察を行い、コイルの巻き数が多くなると、磁力線が密になるということを見出させる。」という指導計画で実践を行う。

両クラスとの比較調査で、授業展開の有効性を分析する。

Aクラス（32人）、Bクラス（31人）。

## 4 研究の実際とその結果

### (1) 事前調査の結果（表1）

ア)～ウ)の知識は、小学校のときに習得している知識であり、約80%の生徒が「接続用知識」を習得していることが分かる。

### (2) 磁石の性質を確かめる場面（図4）

生徒たちは、磁石の周りにできる磁界の

表1 電磁石についての事前調査の結果

調査項目	Aクラス	Bクラス
ア) コイルを知っている	26人	25人
イ) 巻き数を多くすると強力な電磁石になる	24人	24人
ウ) 電流を強くすると強力な電磁石になる	24人	24人

広がり鉄粉がつくる模様から学ぶことができた。また、方位磁針の向きにより、磁界の向きも習得することができた。図3は、この場面で習得した知識をまとめた生徒のワークプリントである。

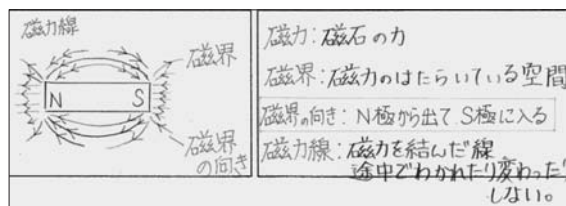


図3 磁石の性質ワークプリントの様子

ある。磁石の基本的な知識を獲得したことが分かる。

### (3) 小学校の学習内容の確認（「接続用知識」と「個別的知識」の確認）の場面

生徒たちは、小学校のときに電磁石を製作し、実験を行っている。また、巻き数を多くしたり、電流を大きくしたりすると、電磁石が強くなるという事を知っているため、手際よく短時間でコイルを製作し電磁石を完成させた。また、コイルの巻き数を多くしたり電流を変化させたりして、引きつけられるクリップの数により、電磁石の強さの変化を確認した。この時間を設定することで、事前調査で知識の定着が不十分だった生徒も「接続用知識」と「個別的知識」を確実に確認できたと言える。そして、鉄釘を抜いてもコイルだけで磁石になることを知識として与えた。

### (4) 新たな課題を見いだす場面

「小学校の電磁石の実験から新たな疑問点はないか？」という問いに対して、「巻き数が多くなるとなぜコイルの磁力が強くなるのか」「電流を大きくするとなぜコイルの磁力が強くなるのか」という疑問を持った生徒は、7人（21.9%）であった。少ない人数であったため、クラス全体でこの疑問点を取り上げ共有化した。また、「電流の大きさとコイルの磁力の関係」については、「法則的知識」が獲得できれば理解できると考えたため、ここでは「巻き数との関係」に注目して学習することとした。

### (5) 「法則的知識」の獲得に向けてのヒント獲得の場面（補充実験）

「なぜ巻き数を多くすると磁力が強くなるのだろうか？」という課題に対して、正確に磁力線が密になっていることを根拠に予想できたのは、1人もいなかった。そこで、補充実験を生徒に提示した。「普通の棒磁石の磁力を強くするにはどうすればよいか」という問いに対しての生徒の考えを表2に示した。「本数を増やす」「磁石を重ねてみる」と予想した生徒が24人と82.6%に及んだ。予想が最も多かった「本数を増やす」ことに関して、「どのように増やすか」と質問したところ、「同じ極同士を重ねる」という発言が多く、その発言をもとに補充実験を行った。図6はその時の様子である。結果、1本の棒磁石より、同じ極同士を重ねた場合の方が、磁石につくクリップの数がはるかに多いという結果が得られた。その後、「磁力が強い磁石と弱い磁石では何が違うのだろうか、図と言葉を使って説明してみよう」との問いを行ったが、表3に示すように12人（37.5%）が図7のようにクリップの数を図示し結果をまとめただけであった。また、図示できず、言葉のみで結果を説明した生徒が、7人（21.9%）であった。一方で、図8-1・2のように磁力線が密になっていることが分かるように図示した生徒は10人であった。言葉では「強い磁石の方が磁力線が多い」「強い磁石は磁力線が



図4 磁石の性質の実験



図5 電磁石製作の様子

表2（複数回答）

ア) 磁石の本数を増やす	20人
イ) 磁石を重ねる	4人
ウ) 電流を流してみる	5人
エ) 温めてみる	4人
オ) 無回答	5人



図6 補充実験の様子



図7

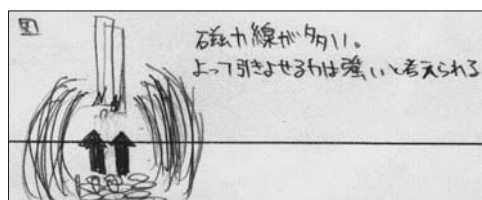


図8-1

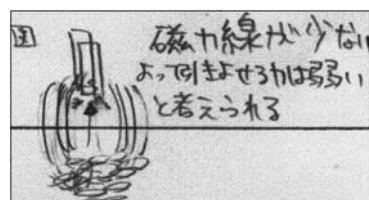


図8-2



表3 「磁力が強い磁石と弱い磁石では何が違うのだろうか」と質問した際の回答結果

1	クリップの数だけを書き、「磁力が強い磁石はクリップがたくさんつく」と説明	12人 (37.5%)
2	図示できず言葉のみで「磁力が強い磁石はクリップがたくさんつく」と説明	4人 (12.5%)
3	図示できず言葉のみで「磁力が強い磁石はクリップがぎっしりとなる」と説明	3人 (9.3%)
4	図示し、「強い磁石の方が磁力線が多い」「磁力線が多く重なっている」と説明	10人 (31.3%)
5	未記入	3人 (9.3%)

多く重なっている」などの表現で説明していた。この結果、この補充実験で磁力線に注目して磁力の強弱を説明できた生徒は31.3%であった。そこで、より磁力線に目を向けさせるため、10人の意見を取り上げ、「磁力が強い磁石と弱い磁石では何が違うのだろうか、磁力線に注目して図示してみよう。」と発問の仕方を変えて質問した。その結果、28人 (87.5%) の生徒が図9のように、磁石の強さを磁力線が密になっているかどうかに着目して考えることができた。その際の説明の記述の中では、「強い磁石は磁力線が密集している」「強い磁石は磁力線が多くなっている」「強い磁石は磁力線がたくさんある」「強い磁力の方が磁力線の間隔が狭い」などの記述が多かった。この補充実験を取り入れることで、「強い磁石＝磁力線が密になっている」という知識が獲得されたと考えられる。

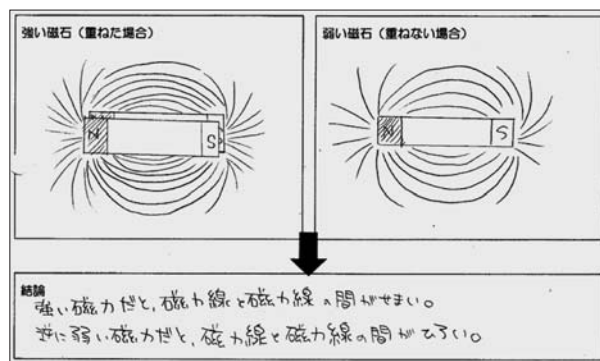


図9 発問の仕方を変えて質問したときの図

#### (6) コイルの磁力線について調べる場面（「法則的知識」の獲得場面）

「巻き数が多くなると磁力が強くなる」ということは、巻き数を多くすると磁力線はたくさんになっているのだろうか。どうすれば、調べられるだろうか？」と質問したところ、2人の生徒が「コイルの巻き数が少ないときの磁界の様子と増やしていったときの磁界の様子を観察して、磁力線がどうなっているか調べればいいのか」という意見をワークプリントに記述した。しかし、その他の生徒は、調べ方についての記述は全くなかった。そこでこの2人の考えをクラス全体で共有し、実験観察を行った。図10は1本の導線のまわりにできる磁界の様子、図11は巻き数を1回増やして円形の導線のまわりにできる磁界の様子を観察しているところである。1本の導線のまわりの磁界、円形の導線のまわりにできる磁界を観察した後に、図12のようにコイルのまわりにできる磁界を図示させた。図12はそのときの磁界の様子を生徒が図示したものであるが、図の様子と図の説明として「コイルの中心部分の磁力線が密集して磁力が強くなる」という記述から磁力線に注目して考察していることが分かる。同じように図示し、



図10



図11

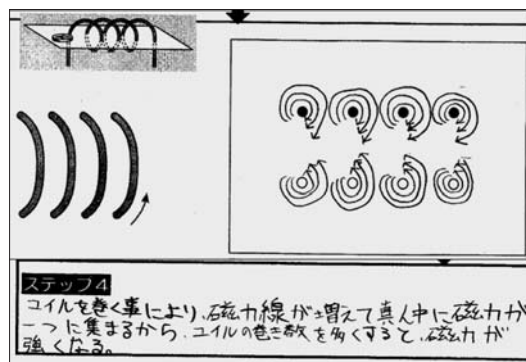


図12

表4 コイルのまわりにできる磁界について、生徒が考察した回答結果（AクラスとBクラスの比較）

【Aクラス】		
1	図示し、「巻き数を多くすると磁力線が密集し、磁界が強くなる」と説明	22人 (68.8%)
2	図示し、「磁力線が重なるから・増えるから磁力が強くなる」と説明	7人 (21.9%)
3	未記入	3人 (9.3%)
【Bクラス】		
1	図示し、「巻き数を多くすると磁力線が密集し、磁界が強くなる」と説明	12人 (38.7%)
2	「巻き数を多くすると電流がたくさん流れる部分が重なる」と説明	3人 (9.7%)
3	未記入	14人 (45.2%)

記述した生徒は22人（68.8%）、その他の記述では、「磁力線が重なるから磁力が強くなる」「磁力線が増えるから磁力が強くなる」など表現は違うものの、「巻き数が多くなると磁力線が密集し、磁力が強くなる」ことを理解したということが分かる記述が多かった。ここでクラスBも同じワークプリントで観察を進めたが、図12のように磁力線に注目して、「巻き数が多くなると磁力線が密になる」と説明できた生徒は、表4に示すように12人（38.7%）であった。従って、補充実験により磁力線についての意識を高めた効果が実証されたと言える。

(7) 電流の大小と磁力の強弱の関係を考察する場面

「電流が大きいときの磁力線の様子と電流が小さいときの磁力線の様子を図示しなさい」と質問したところ、24人（75%）の生徒が図13-1・2のように磁力線が密になっているかどうか分かるように図示していた。クラスBでは同じように図示した生徒が18人（58%）であったが、図示するまでの時間がクラスAと比較すると2倍近くかかった。また質問も多く、磁力線の意識の高まりが低い傾向にあることが伺えた。

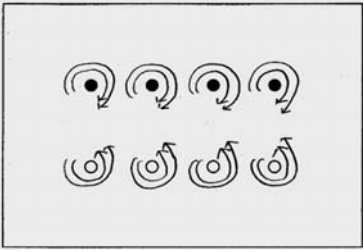


図13-1 電流が小さいときの磁界の様子

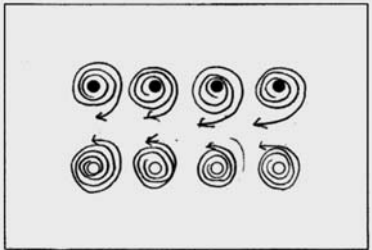


図13-2 電流が大きいときの磁界の様子

5 考察と今後の課題

表5は事後アンケートの結果である。小学校の学習内容の理解・中学校の学習内容の理解ともにAクラスの方がBクラスよりも大きく上回っている。また、「小学校の学習内容を中学校での学習内容で説明できる」という項目でも、Aクラスの方がとても良

表5 学習後の事後アンケート結果

質問項目		Aクラス	Bクラス
1	小学校の学習内容が分かりましたか？	3.47	3.19
2	1本の導線の回りにできる磁界のようすは理解できましたか？	3.50	2.84
3	円形の導線の回りにできる磁界のようすは理解できましたか？	3.38	2.71
4	コイルの導線回りにできる磁界のようすは理解できましたか？	3.50	2.90
5	コイルの巻き数を多くするとなぜ磁力が強くなるか理解できましたか？	3.59	3.06
6	小学校の学習内容を中学校で学んだ知識で説明できましたか？	3.25	2.71
7	電流がつくる磁界についての分野は、分かりましたか？	3.25	2.74
8	意欲的に観察実験に取り組むことができましたか？	3.69	3.39

数値は、各質問項目に対して、下記の基準で生徒に答えてもらい、AクラスとBクラスで、評価点数を平均化したものである。

4	とても良い・よく分かった・とてもできた	3	良い・分かった・できた
2	あまり良くない・あまり分からなかった・あまりできなかった	1	悪い・分からなかった・できなかった

いと答えている割合が高い。そして注目すべき点は、「意欲的に取り組むことができたか」という項目においてもAクラスの方が評価が高い。これは、「分かった」という感覚が意欲に繋がったと考えることができる。その結果、今回の研究では、①小学校での学習内容を再度確認し、そこから新たな課題を見出させる。②生徒の予想から必要に応じて補充実験を行う。③理解の3層構造の視点を取り入れた授業展開を検討する。という3項目についての有効性を実証できた。

小中高の学習内容の構造化を図りそのつながりを大切にすることが示されている新学習指導要領の実施に伴い、理解の3層構造の視点を授業に取り入れていくことは重要である。今後も他の分野でも理解の3層構造の視点を取り入れた授業展開ができるように小中学校の学習内容を研究していきたい。

参考・引用文献

西林克彦 「理解・応用と探求における「分かった！」という状態『理科の教育』、東洋館出版社 2003、Vol.52、No 4、pp. 4－7

比護 一幸 「上越教育大学教育実践研究 第17集」 2007年 pp.67－72

文部科学省 「中学校学習指導要領解説 理科編」 大日本株式会社、2008年

文部科学省 「小学校学習指導要領解説 理科編」 大日本株式会社、2008年