［理　科］

電流と磁界の単元における理解・認知の構造を取り入れた授業実践

比護　一幸*

1　問題の所在

我々教師は，普段の授業において「生徒が分かりやすい授業」の展開を常に意識している。しかし，生徒が「分かった」感じるのはどのような状態かという判断基準は曖昧で，往々にして知識のみの教え込み学習になってしまうことが多い。結果，生徒の学習が機械的な暗記になってしまい，知識が断片的なものになる。本校での各種テストの結果を比較してみると，短期集中で学習する定期テストではいい点数が取れているが，ＮＲＴや全県学力調査など学習内容が広範囲に及ぶテストではあまりよい結果が出ていない。学習内容を本当に理解しておらず，時間がたってしまうと忘れてしまう傾向が強いといえる。「問題は解けるけれど理解していない」，「知っているけれど応用がきかない」，というような状況が多く出ている。

これは，機械的な記憶による学習の弊害で，一つ一つの知識が単独で散在しつながっていないためだと考える。生徒自身は「分かった」と感じていても，実は「分かっていない」，つまり「わかったつもり」状態になってしまっている。この「分かったつもり」の状態は，本当に理解していなくても「分かった」つもりになっているので，もうそれ以上学習を追求したり，他の場面で応用するようなことはない。これは本来の学習の姿とは違い，生徒は本当に学習内容を「分かった」状態とは言えない。

ではどのような状態を「分かった」とするか。西林克彦氏は著書で「理解の３層構造」として知識を３つの知識「一般的な法則性を持った知識を法則的知識」，「個別的なことがらを表す知識を個別的知識」，「法則的知識と個別的知識をつなぐ知識を接続用知識」に分けて説明している。「分かった」状態とは，『個別的知識を接続用知識を介して法則的知識で説明できる状態』，つまり，３つの知識が矛盾なくつながった状態が「分かった」という状態だとしている。

本実践では，この「理解の３層構造」の視点を理科の「電流と磁界」の単元の授業に取り入れ，生徒が「分かった」と感じることができる授業展開に取り組むこととした。

2　研究の構想

中学校理科１分野の「電流がつくる磁界をしらべよう」という単元において実践を行った。学習指導要領との関連は次の通りである。

> ⑶　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　電流の利用
>
> （ア）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と。

この単元では，棒磁石の回りに鉄粉等を巻いたときの模様，方位磁針の様子から磁界の存在を理解するとともに，磁界を磁力線で表すことができることを学習する。さらに電流が流れているコイルの回りの磁界を調べ，磁石と同じような磁界が生じること，磁界の向き，磁力の大きさ，電流に相関があることを見いだすことを目標としている。

この単元は小学校６年生時に「物質とエネルギー」の単元で

＊ 三条市立第四中学校

・コイルに電流を流すと電磁石になること。
・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こと。
・電流の向きが変わると電磁石の極が変わること。

は学習済みである。

この単元の指導を理解の３層構造の視点から図１のように位置づけ，次のような仮説を立てた。

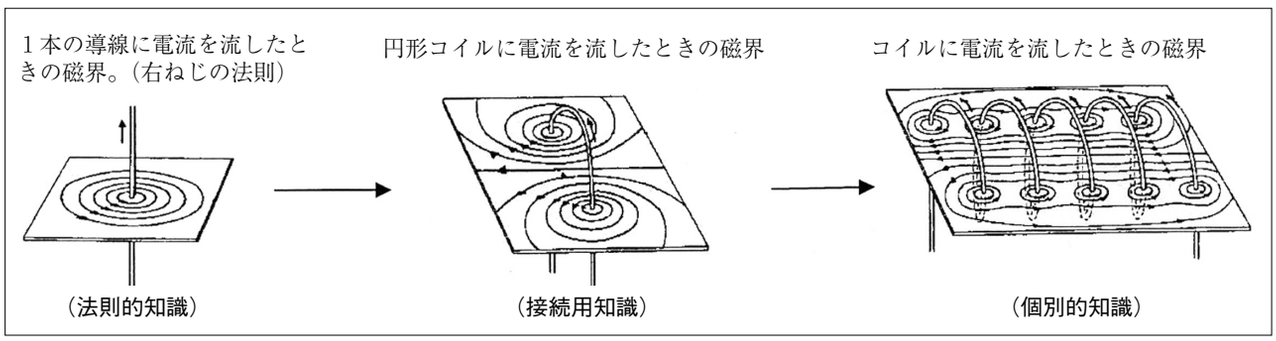


図１　本単元における理解の３層構造

【仮説】
「１本の導線に電流を流したときは右ねじの法則に従った磁界が生じる」という法則的知識から，「円形コイルに電流を流したときにできる磁界」という接続用知識で介して，「コイルに電流を流すと電磁石になる」という個別的知識を矛盾なく結びつけ説明することができれば，「分かった」と感じることができる。

これら３つの知識を結びつけるには，それぞれの知識を機械的な暗記・理解で習得するのではなく，必然性を持って習得するべきである。そのために，図２のような順序で知識を獲得するように学習を進めた。

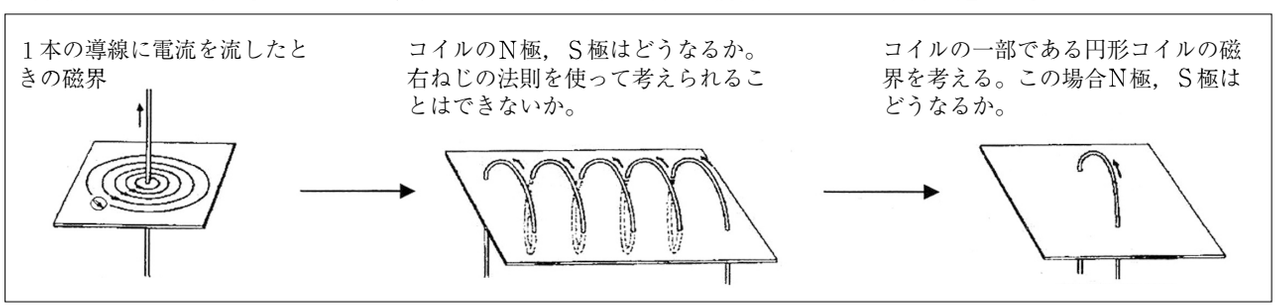


図２　本実践における知識の獲得の順序

小学校でコイルに電流を流すと磁石になることは学習済みである。しかし，極の向きはどうなるかは分からない。これを右ねじの法則を使って考える課題を設定する。コイルの極の向きを考えるために，その一部分である円形コイルを考えるようにする。こうすることで，生徒は必然性をもって学習に取り組み知識を習得すると考えた。図３は本実践における学習過程のフローチャートである。

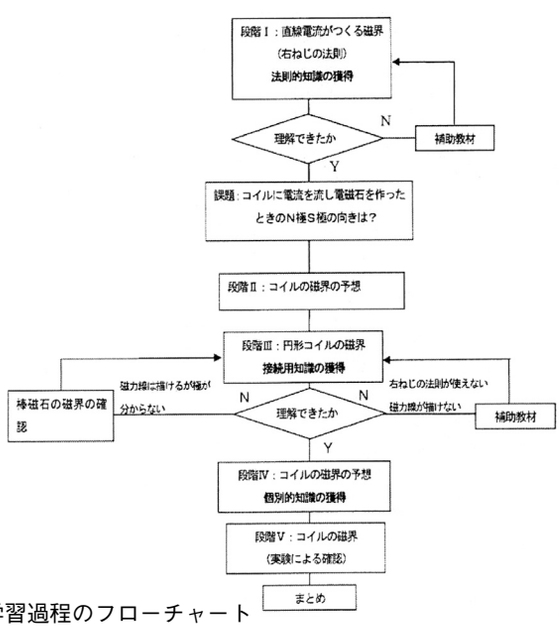


図３　学習過程のフローチャート

また，電流による磁界をイメージしやすくするため，図４のような補助教材を知識の習得場面で用いた。

透明ホースに，円形画用紙を通したもの。透明ホースを導線とし，円形画用紙にはその回りにできる磁界が描かれている。電流の回りの磁界を可視化して，ホースを自由に曲げることにより，電流が作る磁界を立体的に捉えるための手助けになると考えた。

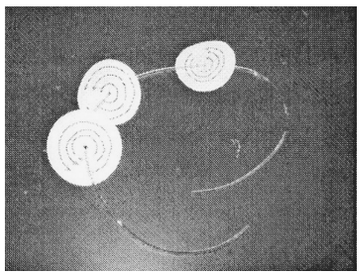


図４　補助教材

３　実践

⑴　段階Ⅰ：直線電流の回りの磁界（法則的知識の獲得）

知識の３層構造を考えたとき，法則的知識，接続用知識，個別的知識，それぞれどのように獲得するかがとても重要になってくる。特に，接続用知識，個別的知識を説明するときの元となる，法則的知識は十分に理解し，使えるようになっておく必要がある。従って，本実践での法則的知識として位置づけている「直線電流の回りの磁界」が「右ねじの法則」に従っている点を十分に押さえる必要がある。「右ねじの法則」の習得場面において，図５に示すワークシートを使って授業を行った。

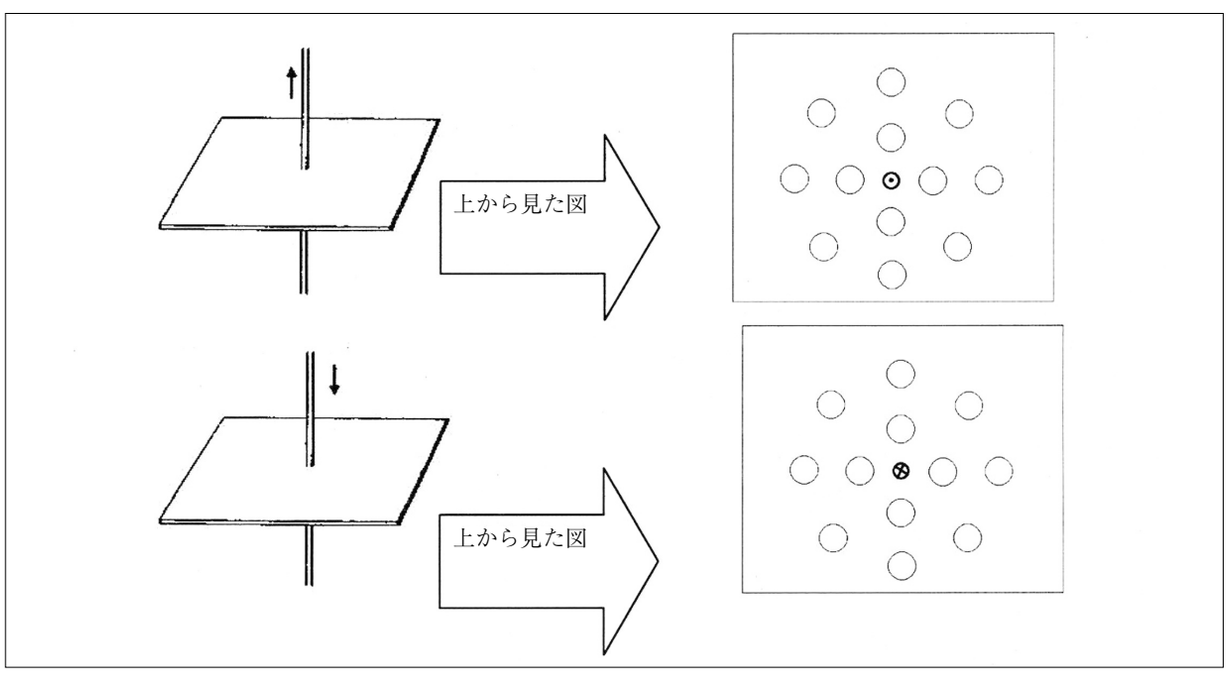


図５　直線の導線に流れる電流の回りの磁界の観察（ワークシート）

鉄粉による磁力線の観察
方位磁石による磁界の向きの観察

→

電流の向きとその回りの磁界の向きとの関係（右ねじの法則の習得）

この右ねじの法則を，うまく理解できない生徒は，「立体的な図と，平面的な図を結びつけて考えることができない」ことが考えられる。そこで図６のように補助教材を使った考察場面を設定した。

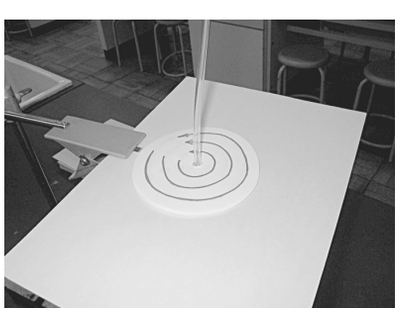


図６　補助教材による直線電流の磁界

⑵　段階Ⅱ～Ⅴ　円形コイルとコイルがつくる磁界（接続用知識を介した個別的知識の理解）

図７のようなワークシートを使い，法則的知識である「右ねじの法則」を用いてコイルの極を調べるという課題を行った。

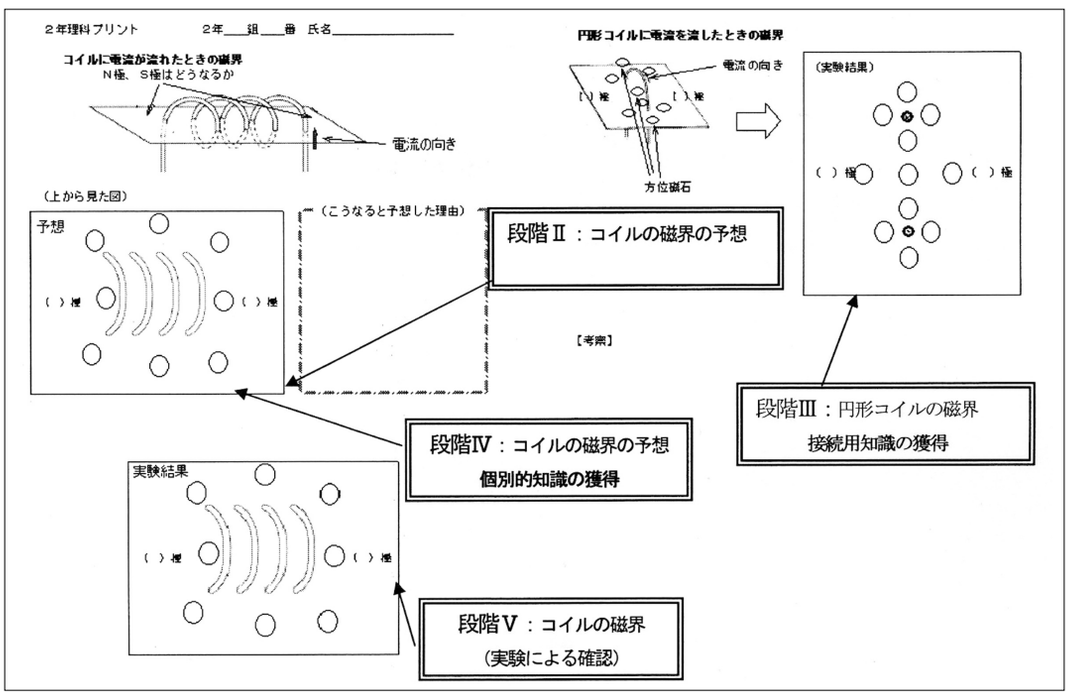


図７　コイル，円形コイルがつくる磁界の観察（ワークシート）

図８，図９のように円形コイル，コイルの磁界を考察する場面においても，補助教材を用いて考察する場面を設定した。

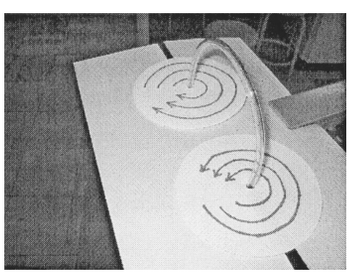


図８　補助教材による円形コイルの磁界

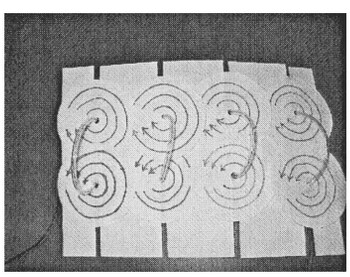


図９　補助教材によるコイルの磁界

４　結果

⑴　段階Ⅰ「直線電流の回りの磁界（法則的知識の獲得段階）」についての実験における生徒のワークシートの記録は次の通りである（図10）。ほぼ全員の生徒がこの段階での知識（法則的知識）を獲得できた。また，実験結果を補助教材を用いて考察する場面を設定したことによって，電流の回りの磁界が「右ねじの法則」に従っていることがうまくつかめなかった数名の生徒も，「右ねじの法則」を立体的にイメージすることができた。

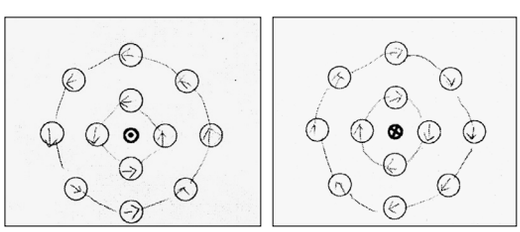
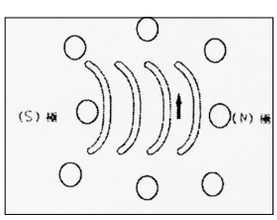


図10　段階Ⅰでの生徒のワークシートの記録

⑵　段階Ⅱ「コイルに電流が流れたときの磁界（接続用知識が未獲得の段階）」について，生徒が予想した結果は図11のようになった。（　　）内の数字はこのように答えた生徒の人数を％で示してある。

S極，N極のみを記入している。(31％)



磁界の向きはバラバラでN極，S極が逆になっている。(66％)

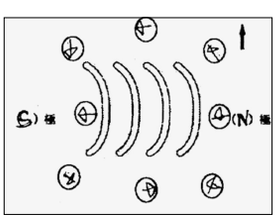


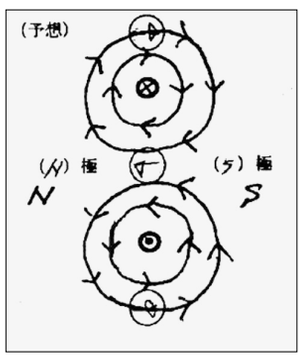
図11　段階Ⅱでの生徒のワークシートの記録

この段階ではほとんどの生徒が根拠なく，ただ何となく予想している。これは，「直線電流の回りの磁界が右ねじの法則に従っている」という法則的知識と，「コイルに電流を流したときの磁界」という個別的知識が結びついていないため，つまり，法則的知識を使って考える発想がないために根拠がない予想をしてしまう「分からない」状態であったと考えられる。

次の段階Ⅲでは，この法則的知識である「直線電流の回りの磁界」を使って「コイルの回りの磁界」を考えるために，段階Ⅲでコイルの一部である円形コイルの磁界（接続用知識の獲得）について次のように実験を行った。

⑶　段階Ⅲ「円形コイルの磁界（接続用知識の獲得）」についての実験では，生徒がこの知識を必然性を持って獲得しようとするために「円形コイルのＮ極，Ｓ極を右ねじの法則を使って考えることはできないか」という課題で行った。生徒のレポートの結果は次の図12の通りである。

「右ねじの法則」をもとに予想ができている。(90%)



「右ねじの法則」を使って考えているが，極が反対。(10%)

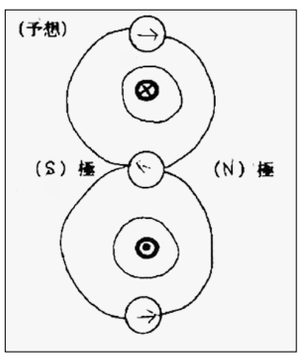


図12　段階Ⅲでの生徒のワークシートの記録

図12のように答えている生徒は，磁石の外部磁界についての知識が欠如しているためだと考えられる。そこで，もう一度棒磁石の磁界の様子（図13）から，外部磁界について

（Ｎ極……磁力線が出る極
　Ｓ極……磁力線が入る極）

というもう一つの法則的知識を伝えた後，実験により確認を行った。この段階ではほぼ全員の生徒が円形コイルの磁界の様子を「右ねじの法則」から説明することができた。（接続用知識の獲得）。

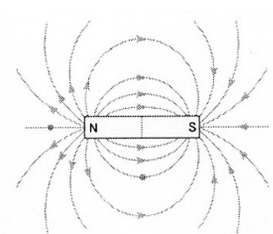


図13　棒磁石の磁界

⑷　段階Ⅳ「円形コイルの磁界（接続用知識）を踏まえた上でのコイルの磁界の様子を予想」場面では，ほぼ全員が図14のように予想した。その後の段階Ⅴ「円形コイルの磁界（接続用知識）を獲得した上でのコイルの磁界」での生徒の実験ワークシートの記録は，図15の通りである。段階Ⅲで獲得した「円形コイルの磁界（接続用知識）」を使いながら，より具体的な磁力線を描き，Ｎ極，Ｓ極を考えることができるようになっていることがわかる。

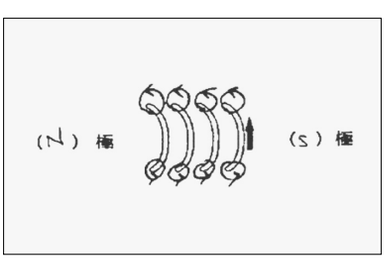


図14　段階Ⅳでの生徒のワークシートの記録

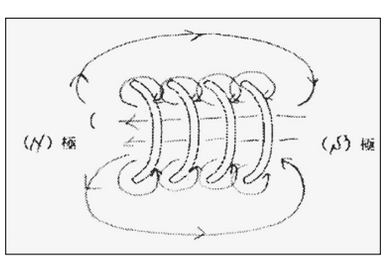


図15　段階Ⅰでの生徒のワークシートの記録

5　考察

段階Ⅱではほとんどの生徒が根拠なく答えていたコイルの磁界が，段階Ⅴではほぼ全員が，この単元で位置づけた法則的知識，接続用知識を使いながら個別的知識であるコイルの磁界を考察できるようになった。これは，それぞれの知識が矛盾なく結びつけることができた状態である。

その後「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た。その際に，「磁力線が密集するほど磁力が強くなる」というもう一つの法則的知識を生徒に伝えた。このときの生徒の考えは次の通りであった。

・電流を沢山流す。→　電流が大きいと沢山の磁力線ができる。→　強力な電磁石。
・コイルの巻き数を増やす。→　コイルの磁力線が密集する。→　強力な電磁石。
・コイルを巻く間隔を狭くする。→　コイルの磁力線が密集する。→　強力な電磁石。

この場合の，理解の３層構造は図16のようになっている。

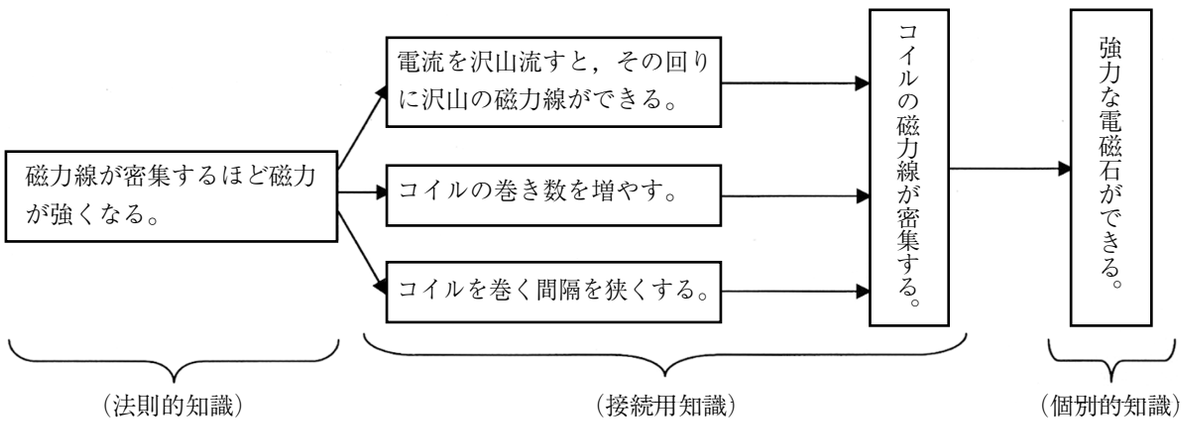


図16　発展課題における理解の３層構造

生徒はそれぞれの知識を結びつけながら，色々な角度から「強力な電磁石をつくるには」という課題にアプローチしていることが分かる。つまり，必然性をもってそれぞれの知識を獲得しようとし，「知識のネットワーク」を構築しようとしているのである。これが「課題追求能力」であり，「知識のネットワーク」が構築できたときに「分かった」という状態が生まれるのだと考える。生徒が自分の考えを発表する場面において，他の生徒の考えを聞いたときに，「なるほど」，「そうか」という声が多く聞かれたことがとても印象に残っている。まさに，「知識のネットワーク」ができ，「分かった」ことを実感する瞬間である。

以上のことから，学習をする上で理解の３層構造の視点を入れることは，学習を様々な面に応用する「幅広い応用力」を育てる面，学習を深く掘り下げる「深い追求力」を育てる面，双方において有効であると考える。

６　おわりに

法則的知識，接続用知識，個別的知識という知識の３層構造の視点を授業に取り入れることで，生徒が「分かった」と感じるための手立てを構造的に考えることができた。この実践を通して感じたことは，予想を考える段階で「なんとなく予想した」という生徒が意外に多かったという点である。これは，過去に学習した知識をもとに考える習慣が欠如しているためだと考えられる。今後この視点で学習を進める上で，既習知識をもとに物事を考えるトレーニングを行うことが必要であると考える。また，それがしやすい適切な課題を設定することも重要である。生徒の理解の状態，つまずきのポイント等を的確に見取った課題設定が必要である。そうすることで，生徒は既習の知識をもとに考察を進め，それぞれの知識を結びつけようとすることができる。これが応用力，追求力につながるのだと考えられる。

生徒が「分かった」と感じることは，学習の面白さ，喜びを味わうことにつながる。本来，学習とは面白いものであり，強制されるものではないと私は思う。「分かった」ときの面白さ，喜びを感じるために学習を行うのが原点だと考える。この感覚を味わうことができれば生徒は強制されずとも主体的に学習に取り組む。今後もこの「知識の３層構造」を意識した取組を継続して行い，生徒に学習することの面白さ，「分かった」時の喜びを伝えられる授業を追求していきたい。

参考文献

西林　克彦　「間違いだらけの学習論－なぜ学習が身につかないのか」　新曜社，1994年
同上　「「わかる」のしくみ－「わかったつもり」からの脱出」　新曜社，1997年
日本理科教育学会編　「理科の教育３月号：「わかった！」を実感できる理科学習」　東洋館出版社，2003年