

知識基盤社会における理科の役割

—探究活動における児童・生徒の情報活用—

杉田 泰一 志田 正訓 梶山 耕成 内海 良一
井上 純一 大方 祐輔 佐々木康子 白神 聖也
平松 敦史 林 武広

1. はじめに

平成17(2005)年の中央教育審議会答申によると、知識基盤社会とは「新しい知識・情報・技術が政治・経済・文化をはじめ社会のあらゆる領域での活動の基盤として飛躍的に重要性を増す社会」であり、その社会の特質として次の4項目が掲げられている。①知識には国境がなく、グローバル化が一層進む、②知識は日進月歩であり、競争と技術革新が絶え間なく生まれる、③知識の進展は旧来のパラダイムの転換を伴うことが多く、幅広い知識と柔軟な思考力に基づく判断が一層重要になる④性別や年齢を問わず参画することが促進される、という特質である¹⁾。

また、天然資源が乏しい我が国では科学、技術を活用して立国する“科学技術創造立国”をめざすことが国の方針として定められ、1995年11月には、日本の科学技術政策の基本的枠組みを示す「科学技術基本法」が施行され今日に至っている。

現代のみならず将来に渡りこのようなフレームワークで社会が築かれていくことは想像に難くない。したがって科学、科学技術の基本をなす内容の習得をめざす理科の学習の役割は一層、重要になるといえよう。

また、教育の場のみならず日常生活においても情報化、グローバル化が強く感じられる場面が多くなっている。特にデジタル化された情報はネットワークを通して世界レベルで瞬時に伝搬されるため、家庭からでもリアルタイムで大量の情報の送受信が可能となった。デジタル技術を活用したいわゆる“ハイテク”マシンもあらゆる分野での開発・普及が進んでいる。これらの状況に共通するキーワードは“情報”である。これらは便利である反面、相応のリスクがあることは疑いないことでもある。

したがって日常的にも多様かつ膨大な“情報”に囲

まれる今後の社会において、情報と“どう向き合うか”は将来を生きる児童・生徒が身につけるべき重要な能力となってくる。そのような能力は、各教科で扱うことになる。本論では理科において、各種の情報をどう取得し、処理し、他者とも共有しながらどう考察していくかについて、実践的な検討を行ったので以下にその内容と結果を報告する。

2. 研究の目的・方法

知識基盤社会では幅広い知識と柔軟な思考に基づき、共同で情報を活用し判断する能力が重要であるとされている。小学校から高等学校における理科の役割は、観察実験等によって得られた情報を活用し、科学的に思考し判断、表現する能力を高めることである。そのために探究活動教材を開発し、科学的に情報を活用することが必要である。このような考えのもとで、私たちはこれまで、児童・生徒の創造性の育成を考慮しながら、教材の開発や協同的な学びを取り入れた授業モデルの開発に取り組んできた²⁾。

平成20(2008)年告示の小学校学習指導要領、中学校学習指導要領、平成21(2009)年告示の高等学校学習指導要領では、思考力・判断力・表現力を育成するために、基礎的・基本的な知識・技能を活用する学習活動を重視すると共に、言語活動を重視すること等を求めている^{3) 4) 5)}。理科の授業では、観察実験の結果を記録するのみでなく、背景にある原理・法則を見出すことができるようにする必要がある。また、見出した原理・法則を友人に的確に伝え、共同で情報を活用するための指導が必要である。このような中、理科本来の魅力や魅力を失うことなく、理科における言語活動を児童・生徒が必然的に行う必要のある具体的な環境づくりや授業モデルの開発に取り組むことが求められている。

Taiichi Sugita, Masakuni Sida, Kousei Kajiyama, Ryouichi Utsumi, Junichi Inoue, Yusuke Ohgata, Yasuko Sasaki, Masaya Shiraga, Atsushi Hiramatsu, and Takehiro Hayashi: The role of science education toward the knowledge-based society: Information utilization of children and students in research activities

そこで、本研究では、小学校、中学校、高等学校の理科の探究活動における児童・生徒の情報活用をより積極的に促すために言語活動をどのように取り入れればよいか、各校種において授業を計画・実施・評価し、それらを比べることで検討した。

3. 小学校・中学校・高等学校における実践

(1) 小学校における実践

指導者 志田 正訓

日時 平成25年11月27日（水）10：40～11：25
 場所 広島大学附属小学校 理科室
 学級 小学校2部5年39名（男子19名，女子20名）
 単元 電流のはたらき
 目標 電磁石に電流を通して，鉄心が磁化される様子を調べ，見いだした問題を意欲的に追究する活動を通して，電流の向きによって電磁石の極が変わること，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を捉えるようにする。

時間配当

1. 電磁石をつくろう 2時間
2. 電磁石の性質やはたらきを調べよう
 - (1)電磁石に極はあるか 1時間
 - (2)電流と電磁石 2時間
3. 電磁石を強くするには 6時間（本時6/6）

指導の経過と今後の計画

本単元で主として取り扱う電磁石は，電気エネルギーを他のエネルギーに変換することができるものであり，その例にモーターがある。これは電気エネルギーを回転運動のエネルギーに変換することができる道具であり，私たちの身の回りに扇風機や自動車という形をはじめ，いろいろなところに用いられている。

本時の指導計画

指導過程	学習内容・学習活動	指導上の留意点・評価
課題の把握	○これまで学習したことを想起する。 ・電磁石は電流の強さを強くすると磁力が強くなる。 ・電磁石はコイルの巻き数を増やすと磁力が強くなる。	○前時までのノートの記述を参考にさせる。
課題の提示	100回巻のコイルA（密に巻いてある）とB（疎に巻いてある）では電磁石の磁力の強さは同じか？ちがうか？	○同じ100回巻のコイルでも，巻き方が違うことに気付かせる。
予想	○予想した理由等について，描画法を用いて自分の考えを表現する。 【個人→全体】	○描画法を通して，自分の考えに対する説明活動を行わせる。その際には，科学的に整合性のつく説明ができていかにどうか留意する。

しかし，児童たちにとっては，そのような身の回りの物と電磁石とはなかなか結びついていない。したがって，電磁石の学習においては，生活経験からの素朴概念はほとんどないものとする。本研究の目的に沿って表現すると，児童たちには，情報活用をしようにも，活用する情報自体乏しいものがあるとする。小学校段階の理科においては，4年生の電池の直列つなぎや並列つなぎの学習，第6学年のコンデンサやLEDの学習等，このような単元が「電気」系統には少なからず見られるのではないだろうか。

そこで，本単元のような内容の指導においては，教師側が実験等を行う際には，教師から児童に情報を与え，情報活用の仕方がある程度教える必要があるのではないかと考えた。本単元の指導においては，描画法を用いることとした。描画法は，隅田（2000）により，授業での活用による効果が示されている⁶⁾。本時では実験の結果から得たことを考察する場面において，描画法で整合性のつく説明活動を取り入れることを単元を通じて行った。この学習活動における児童たちの情報活用能力に焦点を当て，教師側から与えることの効果について検証を行った。

なお，小学校理科学習指導要領解説理科編（2008）では，コイルの巻き数が増えると，電磁石の強さが変わるとなっているが⁷⁾，電磁石の磁力の強さに関するものは単なるコイルの巻き数ではなく，単位長さあたりのコイルの巻き数である。このことを考えさせるために，コイルの巻き方が密になっているものと，疎になっているものの違いについて考えるような時間をとりたい。故に，本時では，コイルの巻き方が密になっている方が，同じ巻き数のコイルでも疎に巻いてあるコイルと比べて，磁力が違うということに気付かせることを目標とした。

実験	○同じ100回巻のコイルでも、磁力が違うのかどうかについて、実験から検証する。 ○実験結果について、記述する。	○実験前と実験後の自分の考えを比較させるために、実験結果を書かせる。
実験結果の考察	○実験結果の記述を根拠に、描画法を用いて、分かったことについてまとめる。	

実践結果と成果・課題

本実践の効果について検証する為に、授業後に、描画法を用いた学級と、用いずに指導した学級について、内容の定着度に対する違いの有無を調べるために、内容の理解度に関する定着度を測るテストを授業から2週間後に行った。

【A群39名：描画法をもちいていない】

教科書の記述でよく見られる授業の流れで本単元の授業を行った。その流れでは、電磁石の磁力の変化について考える際には、描画法などは用いずに、実験結果という事実をそのまま根拠として、電磁石の磁力について結論付けるような授業を行った。

【B群37名：描画法をもちいている】

先述のように、描画法を用いる際には、授業者が、「コイルに鉄芯を入れて、電流を流すと、「何か」が出てきているから、電磁石ができる」ということを教えて、描画法によりイメージ図を描かせる指導を行った。なお、ここでの「何か」というのは、厳密に言えば、磁力線と言われるものが出て、磁界できることであるが、小学校段階ではそれは指導の範囲を超えているので、磁力線の内容にはふれずに、指導を行った。図1は児童が本時に描いたイメージ図の一例である。

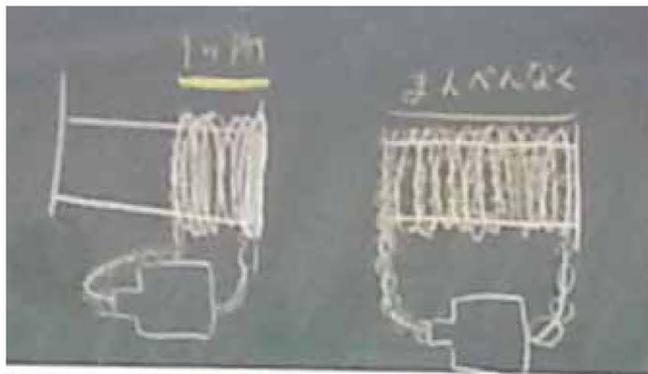


図1 児童が描いた電磁石のイメージ図

導線に描かれた○が、電流を流すと出てくる「何か」であり、児童はこれをそれぞれに自由に名前をつけて思考をしていた。これがコイルにどのような変化を及ぼすのかを実験結果をもとに説明する活動を単元を通じて行った。

A群とB群の定着度調査の正答率の平均を比較すると、表1のようになった。なお、本単元の学習に入る

前の段階では、両者の学力に、有意な差はなかった。

表1 A群とB群の定着度調査の平均正答率

A群の平均正答率	B群の平均正答率
51.28%	60.98%

A群とB群の差が統計的に有意かを確かめるために、有意水準5%で両側検定のt検定を行ったところ、 $t(74) = -3.00273, p < .05$ となり、両者の平均正答率の差は有意であることがわかった。

このような結果から、描画法を用いて指導したクラスにおいては、電磁石の内容に関する理解の定着度が高いといえる。

設問ごとに見ていくと、調査問題は、電磁石で学習したことについて問う問題と、電磁石で学習したことを活用して解く問題で構成されているが、後者については、A群が平均正答率51.85%に対して、B群は、66.67%であった。これは、授業段階で、電磁石の実験結果から得られた情報を、描画法を用いて、整合性をとりながら説明する活動により、情報の活用の仕方がA群に比べてより分かったことが原因の一つではないかと考える。具体的に、本時の例で説明すると、実験の結果として、「密に巻いているコイルの方が、クリップがたくさんついた」という事実が得られた。この事実から、本時の課題である「電磁石の磁力の強さ」について言及する際、A群の場合は、「密に巻いているコイルの方が、クリップがたくさんついたから、密に巻いているコイルの方が電磁石の強さは強い」と考察において結論付けている。しかし、B群の方は、同じような結果を得た時に、「密に巻いているコイルの方が、クリップがたくさんついた。これはつまり、コイルに電流を流すことで出るものが、密に巻いているコイルの方が疎に巻いているコイルより集中しているから、電磁石の磁力が強くなったと考えられるのではないかと」といった結論を出していた。両者のちがいは、事実を科学的根拠として書き連ねて、結論とするというA群と、事実を科学的根拠として、そこから整合性がとれるように、描画法を用いてイメージをした上で、結論を出すという点にあるのではないかと。このような情報の活用の仕方を単元を通して続けていくことでこのような差ができたのではないかと分析する。

このように、科学的に整合性をとりながら、実験結果から根拠づけてイメージをもって結論づけていくような考察をしていくことは、目に見える具体物を中心とした小学校理科から、次第に目に見えない抽象的なものを取り扱っていくようになる中学校以降の理科へと移行する際に、小学校教師がもっておかなければならない視点ではないだろうか。このような実践について、他学年の「電気」系統の場合には、描画法において、どのような実践をおこなえば良いのかという点や、「電気」系統のみならず、他単元、それも、児童が素朴概念をある程度生活経験から得ているような単元の場合には、描画法を用いた情報活用の仕方に差が出るのかという点についてはまだまだこれから検討していく課題である。

(2) 中学校における実践

指導者 杉田 泰一

日時 平成25年11月30日(土) 10:35~11:25
 場所 広島大学附属中・高等学校 地学教室
 学級 中学校2年B組39名(男子19名, 女子20名)
 単元 気象とその変化
 目標 身近な気象の観察、観測を通して、気象要素と天気の変化の関係を見いだすとともに、気象現象が起こる仕組みと規則性について理解する。

時間配当

- 1. 大気中の水の変化 8時間
- 2. 大気の動きと天気の変化
 - (1) 気圧配置と天気 2時間
 - (2) 気団と天候 3時間(本時2/3)
 - (3) 気象観測 2時間
 - (4) 前線と天気 2時間
 - (5) 天気の移り変わり 2時間
- 3. 大気の動きと日本の四季 6時間

本時の指導計画

指導過程	学習内容・学習活動	指導上の留意点・評価
事象の把握	○広島における1年間の気温、露点の変化のデータから、その特徴を見いだす。【全体】 ・夏は気温が高く、露点も高い(水蒸気が多い)。 ・冬は気温が低く、露点も低い(水蒸気が少ない)。	○露点は空気中の水蒸気量に対応することを思い出させる。 ○データ以外にも実感している季節の特徴を挙げさせる。
課題の提示	天気図を使って、夏・冬の天候の特徴が違う理由を説明しよう。	○季節を伏せて、夏と冬の天気図を並べて提示する。夏と冬の気温・露点が違うように、気圧配置も違うことに気付かせる。
天気図の分析	○夏と冬の天気図を比べ、気圧配置の違いを見いだす。【個人→全体】	○気圧配置の何が違うか具体的に挙げさせた上で、どのように違うか指摘させる。

指導の経過と今後の計画

本単元で扱う気象は、地球を包みこむ大気の下層における、太陽光のエネルギーを起因とした「大気中の水の状態変化」と「大気の動き」による現象である。学習の際は、事象を単に理解させるだけに止まらず、太陽光のエネルギーとの関連を常に意識させ、高等学校地学基礎において扱う熱輸送としての気象につながる展開にしたい。

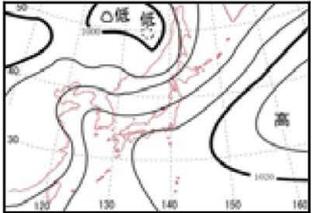
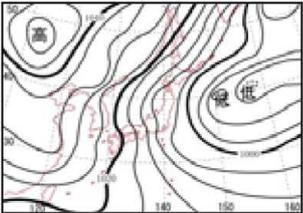
生徒にとって気象は身近な自然の事象であり、生活の必要性から、毎日、天気予報に触れている。しかし、天気予報の番組で、気象予報士等が天気図や雲画像等の資料を提示しながら予報を解説しているものの、生徒はそれらの資料を予報のための情報としてではなく、単なる図や写真として漠然と視聴していることも少なくない。その理由の一つとして、資料の見方や情報のもつ意味が分からないことを挙げるができる。地球環境について理解を深めたり、防災・減災のために気象情報を一層役立てたりすることが求められる今、気象の基礎的なしくみ、天気図や雲画像の見方等を理解し、それをもとに自ら考え判断する能力は、科学的素養の一つとして必要だと考える。

そこで、本授業は、前時までに学習した大気中の水、風、気団のでき方等の既習の知識・技能をもとに、夏または冬の天気図を分析・解釈させ、それぞれの天候の特徴が生じるしくみを科学的に追究させる。今後は夏と冬の高気圧・低気圧の位置が違う理由を追究し、陸と海の温まり方の違いがもたらす影響を考察させる。

本時の題目 夏・冬の天候と気圧配置

本時の目標

夏と冬の気圧配置の違いを見出し、それらを気団の形成場所に伴う性質の違い、風の吹き方の違い等と関連付けることで、夏や冬の天候の特徴を捉える。

<p>天気図の解釈</p> <p>次時への問題提起</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>天気図A</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>天気図B</p>  </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・高気圧と低気圧の位置が違う。 ・等圧線の向きや間隔が違う。 <p>○夏または冬の天気図から、日本の天候を推測する。【個人→ペア→個人→全体】 (例) 夏の天気図の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本列島の南寄りの海に高気圧、大陸に低気圧がある。このことから、海上で温かく湿った気団ができ、その一部は日本列島を通過して、大陸に移動する。そのため、日本の夏は気温が高く、水蒸気量も多くなると考えられ、この天気図は夏のものである。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>季節によって、高気圧や低気圧の位置が違うのは、どうしてだろうか。</p> </div>	<p>○季節を伏せたまま、夏または冬のどちらか一方の天気図を選択させる。選択した天気図と他方の天気図を比べ、何がどのように違うのか明確にさせた上で日本の天候を推測させる。最後に季節を特定させる。天気図の特徴を根拠に日本の夏または冬の天候を推測し、説明している。(科学的な思考・表現、ワークシート)</p> <p>○努力を要する生徒には、推測に必要な既習事項を示す。</p>
-------------------------------	---	--

実践結果と成果・課題

生徒は、夏と冬の実感の違いとして、気温、湿度(水蒸気量)、日照時間を挙げた。風については挙げなかった。また、気圧配置の特徴の違いとして、高気圧や低気圧の位置、等圧線の間隔や向きを挙げた。その後、日本にもたらされる天候を推測する活動を行った。その際、天気図に、気圧配置の特徴、推測した天候を記入するワークシートを用いた。個人思考の段階では、多くの生徒が風の強さや向きについて推測することはできたが、気温や湿度(水蒸気量)については推測できなかった。そこで、学級全体で、大規模な高気圧の下で形成される気団の復習を行い解決に導いた。ペア学習の段階では、夏と冬を選択した生徒をペアにして、ワークシートに記入したことを基にお互いの考えを説明させた。その後、個別にワークシートの加筆修正を赤ボールペンで行わせ、さらに学級全体でまとめた。どの生徒も選択した天気図から天候を適切に推測していた。特に、ペア活動後の加筆修正の段階において、気圧配置の特徴と天候の推測の対応を意識して考察したり、表現したりしていた。最後のまとめでは、天気図を分析することで、授業の最初には気付かなかった夏と冬の風の違いを知ることができたこと、天気図を分析しても夏と冬の日照時間の違いは説明できないことを確認し、天気図から天候について多くの情報が得

られるとともに、一方で限界があることも認識させた。

本授業の効果を測定するために、気象情報に関わる態度、天気図を読み取って天候を推測する能力の2つの視点から調査を行った。

態度については、授業実施前と授業実施約1ヶ月後に同一の質問紙を配付し、テレビ等で報道される天気予報で扱われる各項目(天気、降水確率、降水量、気温、風、波の高さ、雨雲分布、気象衛星画像、気圧配置、警報・注意報)について、どれだけ注目しているのかを4段階で回答させた(対象生徒数71名)。その結果は表2のとおりである。風、気圧配置について顕著な変化が見られ、「とても注目している」または「注目している」と積極的な評価を示した生徒は、それぞれ4%から23%、28%から68%に上昇した。また、気象予報士の解説を意識して聞いているかいないか、聞いているのならばその理解度はどの程度かを自己評価させると表3のようになった。授業前には気象予報士の解説を「聞いていない、意識していない」生徒が30%いたが、授業後は20%に減少した。また、気象予報士の解説を「意識して聞いている」生徒については、「気象予報士の解説を半分程度以上理解している」と思う生徒は授業前に58%いたが、授業後は77%に増加した。このような結果から、気象情報の資料の見方やその情報のもつ意味を学習させることで、天気予報で今まで

あまり着目していなかった風や気圧配置等の各項目を意識して見たり、気象予報士の解説を理解しようとしていたりしている生徒が増え、情報に関わる態度の改善において本授業による成果はあったと考えられる。

天気図を読み取って天候を推測する能力については、授業実施約1ヶ月後にペーパーテストで測定した。季節名を伏せて冬の天気図を提示し、天気図の特徴と推測される天候を自由記述で問うた。評価は次の基準によって行った。

- ・まず、高気圧や低気圧の位置、等圧線の間隔の特徴を正しく指摘していること。(基準Ⅰ)
- ・次に、指摘した特徴から予測される天候を正しく説明していること。ただし、指摘した特徴から推測される天候をすべて説明する必要はない。(基準Ⅱ)

基準Ⅰは本授業における「天気図の分析」、基準Ⅱは「天気図の解釈」に当たるもので、両方が満たされているもののみを正答とした。無回答は1%で、正答は63%であった。誤答は36%であるが、その多くは基準Ⅰに関する記述がないことによるもので、解釈のための根拠の指摘が不十分であった。各正答のパターンは表4のとおりである。これらの結果から、限なく気圧配置の特徴を指摘したり、それに対応する天候を的確に推測したりすることには課題が残る。今回、生徒は初めて天気図を分析・解釈した。実生活の中で天気図を活用できるようにするためには、機会を捉えては、授業において繰り返して天気図を分析・解釈する活動を行うことが必要だろう。

表2 天気予報で扱われる各項目について「とても注目している」または「注目している」生徒の割合

	天気	降水確率	降水量	気温	風	波の高さ	雨雲分布	気象衛星画像	気圧配置	警報・注意報
授業前	99%	92%	31%	87%	4%	8%	56%	38%	28%	90%
授業後	99%	97%	44%	93%	23%	8%	69%	51%	68%	90%

表3 気象予報士の解説に対する生徒の自己評価

		授業後						合計
		評価0	評価1	評価2	評価3	評価4	評価5	
授業前	評価0	13%	0%	0%	13%	4%	0%	30%
	評価1	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%
	評価2	4%	0%	0%	4%	1%	1%	11%
	評価3	1%	0%	1%	17%	13%	3%	35%
	評価4	1%	0%	1%	0%	17%	3%	23%
	評価5	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	合計	20%	0%	3%	35%	35%	7%	100%

各評価は次のとおりである。

- 評価0：聞いていない、意識していない
- 評価1：聞いているが全く理解できない
- 評価2：ほとんど理解できない
- 評価3：半分程度理解している
- 評価4：7～8割程度理解している
- 評価5：ほぼ全部理解している

各数値(合計値も含む)は、小数第1位を四捨五入して整数で示した。

表4 事後テストにおける生徒の正答パターン

気圧配置 (基準Ⅰ)		天候 (基準Ⅱ)				生徒の 割合
高気圧・低気圧の位置	等圧線の間隔	気温	水蒸気量	風向	風力	
○	○	○	○	○	○	13%
○	○	○	○		○	8%
○	○	○			○	7%
○	○	○		○	○	6%
○	○				○	4%
○	○			○	○	3%
○	○		○	○	○	1%
○	○	○	○			1%
○	○	○		○		1%
○		○	○	○		8%
○		○	○			4%
○		○		○		4%
○			○			1%
○				○		1%
	○				○	1%
合計						63%

○は、その項目を正しく回答していることを示す。

(3) 高等学校における実践

指導者 梶山 耕成

日時 平成25年11月30日(土) 9:30~10:20
 場所 広島大学附属中・高等学校 第1物理教室
 学年 高等学校Ⅱ年選択34名(男子29名,女子5名)
 単元 波とエネルギー

目標

1. 波の基本的な性質の観察実験等を行い, 探究する能力と態度を育てる。
2. 音と振動について, 気柱の共鳴, 弦の振動及び音波の性質を理解させる。
3. 波の物理現象について, 日常生活や社会との関連を図りながら関心を高め, 科学的な見方や考え方を養う。

時間配当

1. 波の伝わり方や波の性質
 - (1) 波形の移動や媒質の振動 1時間
 - (2) 正弦波の性質 1時間
 - (3) 波の重ね合わせ・波の独立性, 定常波, 反射と位相 3時間
2. 音波
 - (1) 音波の性質(音の三要素など) 1時間
3. 音源の振動
 - (1) 弦の振動 1時間
 - (2) 気柱の振動 2時間(本時を含む)
 - (3) うなり, 波のエネルギー, 波が伝える情報 1時間

指導の経過と今後の計画

波動現象は, 力学的描像に基づいて数学的に取り扱うことによって完結するものであるが, 正弦波の数学的

処理を行うことなく, 定性的な観察や思考を通して, 重ね合わせ, 干渉といった波動特有な現象を理解することができる点が, 高等学校物理における波動学習の特徴である。また, 波の独立性といった現象は, その後取り扱う電場, 磁場といった「場」の学習において, 重ね合わせの原理として再度取り上げることになり, この単元で扱う波動の学習は, 物理が持つ普遍的な特徴をより視覚的に捉える端緒として位置付けることができる。

こうした教材観に基づいて生徒は波の基本的な性質を学習した後に, 本時で取り扱う気柱の振動を学習することになる。「音波」という視覚的には捉えにくい波動現象を, 共鳴現象としての定常波の場合について, できるだけ視覚, 聴覚といった五感に訴えることで, まず定性的な理解を促し, 続いて操作的な活動になるよう工夫した実験を行うことによって, 定量的な理解へと変容させる。これらの諸活動を通して見えないもの(音波)を「見る」, そして得られた考え方を発展させ探究する力を養うことが大切である。

今後は, 開管の場合の定常波の発生, 波源が移動する場合の振動数の変化について学習し, 続いて, 光波を例として波の性質の学習の理解をさらに深めていく。

本時の目標

1. 定常波や音波の性質について, 観察実験を通して興味, 関心を育てる。
2. 定常波の性質を気柱の共鳴現象と関連付けて, 科学的に探究する能力を養う。
3. 縦波の節と腹の位置を知ることにより, 定常波が生じている場合の波動の性質を理解する。

本時の指導計画

学習内容	指導過程・学習活動	指導上の留意点・評価
【導入】 本時の目標の提示	本時の学習内容を示す。 [演示1] 異なる量の水の入った試験管を用意し, 試験管口に息を吹きかけ音を出す。 [演示2] ニクロム線に交流電流(60Hz)を流し発光させた状態で, ニクロム線に磁界を働かせることで生じる横波の定常波の様子を観察する。 [演示3] つるまきばねを用いて, 縦波の定常波の様子を観察する。 これらの演示実験から, 波が定常波となるための条件には, 波の波長, 媒質(弦)の特徴(この場合は張力や長さ)の組み合わせが必要であることに気付かせる。	○「気柱」という用語, またその長さや音の高さとの関係に注目させる。(興味・関心) ○振動数は一定で, ニクロム線の張力を変化させることで, 異なる次数の定常波振動が励起することを確認する。(興味・関心), (知識・理解) ○振動数が増加すると, 低次から高次の定常波振動が励起することを確認する。(興味・関心)

<p>【展開】 気柱の共鳴実験</p> <p>【終結】 まとめと今後の課題</p>	<p>[実験] 一定の振動数の音源に対して、定常波が生じる気柱の長さを複数測定することによって、波長を特定し、音源の振動数を求める。共鳴が生じるときの縦波のようすを理解させる。(開口端補正については、触れる程度にする)</p> <p>既知の振動数音源を用いると媒質を伝わる波の速さを知ることができるなど、演繹的な考察をすることで、実験結果を発展的に理解できることを示す。</p>	<p>○新たに開発した装置を用いて実験を行う。このとき、強く聞こえる場合、縦波の定常波を図に示すなど、理解の定着を図るよう指導する。また、生徒がそれぞれ異なる振動数について実験することにより、協働的な学習を促す。(技能、思考・判断・表現)</p> <p>○得られた結果から、実験誤差等に触れる。(知識・理解)</p>
<p>備考 使用教科書 物理基礎 (啓林館)</p> <p>準備物 演示実験用；複数の試験管と試験管立て、2 m程度のニクロム線 (R=0.3mm) と変圧器、U字型永久磁石、つまきばね、バイブレーター、大電力低周波発信器、鉄製スタンド等</p> <p>実験用；アクリルパイプ (1 m, 内径28mm)、音源 (約1 kHz～2 kHz)、巻き尺、サインペン、自作聴診器等</p>		

実践結果と成果・課題

本時で実施した実験のレポートを評価した。本時の目標の一つである、「定常波や音波の性質について、観察、実験を通して興味、関心を育てる」点については、詳細なレポート記述などから、今回取り上げた音波の定常波について積極的に実験に取り組むことを通して十分興味、関心を養うことができたと考えられる。また、実験結果から得た音波の振動数の値が正確であったことから、「縦波の節と腹の位置を知ることにより、定常波が生じている場合の波動の性質を理解する」目標も達成されていると判断できた。その一方で、「定常波の性質を気柱の共鳴現象と関連付けて、科学的に探究する能力を養う」点に関して、関連付けることはできているが、科学的に探究しているか、といった視点でレポートを分析すると、今回の実験の誤差について生徒自ら判断したり、開口端補正を取り扱うなど、得られた結果を掘り下げて考察しているレポートがほとんど見られなかった。実験から得た情報、また、演示実験等から得た知識を互いに組み合わせるところまではできているが、こうした情報に基づいて新たな科学的知見として認識を深めるまでには至っていない。こうした問題点に 대응していくことが次の授業を構成するときの課題である。

4. 探究活動における児童・生徒の情報活用をより積極的に促すための言語活動のあり方

小学校、中学校、高等学校のどの実践においても、児童・生徒の積極的な情報活用の姿を見ることができた。各実践の個別の成果と課題は、前述したとおりである。ここでは、各実践を比べ、言語活動をどのように取り入れることで、探究活動における児童・生徒の情報活用を促したか共通点を探りたい。

言語活動を取り入れることで児童・生徒の積極的な

情報活用が見られた場面は、小学校の実践においては、コイルの巻き数が及ぼす電磁石の強さを考察する場面であり、教師は児童に対して、目に見えない磁力線を想像させ、実験結果をもとにしながらコイルの巻き数と磁力線の疎密の関係を図示させていた。中学校の実践においては、天気図の気圧配置から天候を推測する場面であり、教師は生徒に対して、生徒が見出した気圧配置の特徴を既習の知識・技能と関連付けて言語化させていた。高等学校の実践においては、気柱の長さを特定して音源の振動数を求める場面であり、教師は生徒に対して、実験結果を、演示実験によって形成した定常波の知識・概念と関連付けて数値化させ、音波の可視化を促していた。

いずれの実践においても、観察実験の目的に照らしながら、観察実験等で得られた事実(情報)を他の何かと関連付けて、言語化・数値化・図示させる(言語活動)ことで情報に意味付けを行わせ(情報活用)、問題解決や課題解決を図ろうとさせている。さらに、関連付けを行わせるために、3点の指導上の工夫を講じている。1点目は、記録等の時間を確保したり、教材教具の改善等をしたことで、観察実験等で得た事実(情報)を児童・生徒に確実に認識させることである。2点目は、事実(情報)に対して関連付ける事項を児童・生徒に明確にすることである。3点目は、最終的に導きたいことを意識させながら、得られた事実(情報)と関連付ける事項をどのような視点で関連付けるのかといった、事実(情報)を分析・解釈する視点を用意することである。これらの指導上の工夫によって、児童・生徒は「何」と「何」を「どのように」関連付けるのかを明確に認識することができ、探究活動において積極的に情報活用を行ったものと考えられる。

5. おわりに

本研究では、小学校、中学校、高等学校の理科の探究活動における児童・生徒の情報活用をより積極的に促すために言語活動をどのように取り入れればよいか各校種の実践をもとに検討した。当然、本研究で得られたことは、検討しようとしてきたことに対する全てに答えているわけではなく、研究の余地が十分に残されている。しかし、言語活動を児童・生徒が必然的に行う必要のある環境づくりや授業モデルを開発する上で参考になる要素を多く含んでいるものと考えている。

引用（参考）文献

- 1) 中央教育審議会 (2005), 『我が国の高等教育の将来像 (答申)』
- 2) 大方裕輔他 (2011), 「理科における学びの愉しさ」, 『広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要』第40号, pp.301-306.
- 3) 文部科学省 (2008), 『小学校学習指導要領』
- 4) 文部科学省 (2008), 『中学校学習指導要領』
- 5) 文部科学省 (2009), 『中学校学習指導要領』
- 6) 隅田学 (2000), 武村重和 秋山幹雄編集, 『理科重要用語の300の基礎知識』, 明治図書
- 7) 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