

高等学校における教科指導の充実

理 科
《 生物領域 》

科学的な思考力・表現力を
育成するための取り組み

栃木県総合教育センター
平成22年3月

ま え が き

総合教育センターでは、基礎・基本の確実な定着を図る教科指導の在り方について研究するとともに、その成果を普及することで生徒の学力の向上に資することを目的に、平成17年度より、「高等学校における教科指導の充実に関する調査研究」に取り組んでいます。

近年の教育課程実施状況調査や学力に関する国際的な調査では、日本の児童生徒の学力の状況や学習に対する意識などが明らかにされ、文部科学省等からも学力向上のための様々な対策が打ち出されたり提言がなされたりしています。平成19年12月に公表された、OECD生徒の学習到達度調査（PISA2006年）では、科学的リテラシーをはじめ、数学的リテラシー、読解力のそれぞれについて問題点が指摘されています。平成20年12月には、国際教育到達度評価学会（IEA）が行った国際数学・理科教育動向調査の2007年調査（TIMSS2007）の結果が公表され、学力低下に歯止めがかかったという分析がある一方で、パターン化された指導の弊害とも見られる結果も一部に見られ、思考力の育成に課題があることも指摘されています。

これらの調査の分析結果を踏まえて、中央教育審議会答申で改善の方向性が示され、平成21年3月には、高等学校の新学習指導要領が告示されました。数学と理科が平成24年度から、国語、地理歴史、公民、外国語が平成25年度から学年進行で実施されます。今回の改訂の主な改善事項として、「言語活動の充実」、「理数教育の充実」が示されました。これらは、先に挙げた各種調査で、思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式の問題、知識・技能を活用する問題に課題が見られたことなどに対する改善策でもあります。

今年度の調査研究においては、新学習指導要領の改訂の趣旨を踏まえるとともに、各種調査の結果から指摘されている課題の解決を図るための授業改善について、国語科、地理歴史科、数学科、理科、外国語科（英語）の各教科で取り組みました。調査研究を進めるにあたり、御協力いただきました研究協力委員の方々に、深く感謝申し上げます。

今後、研究の成果をまとめた本冊子を有効に御活用いただければ幸いです。

平成22年3月

栃木県総合教育センター所長

瓦 井 千 尋

目 次

はじめに -----	1
調査研究の背景	
理科（生物領域）における指導の工夫	
事例Ⅰ 細胞膜の性質とはたらき -----	5
討論：日常生活に見られる浸透現象	
実験：浸透現象	
演習：課題文・グラフの読解	
事例Ⅱ 細胞内外の酵素のはたらき -----	15
実験：酵素カタラーゼの性質	
実験：酵素ブロメライン（システインプロテアーゼ）の性質	
討論：課題解決のための考察	
事例Ⅲ 体細胞分裂と減数分裂 -----	21
討論：体細胞分裂の意義	
実習：モールを用いた染色体モデルの活用	
事例Ⅳ 動物の発生 -----	29
討論：実験試料の選択	
実験：ウニの初期発生	
実験：カエルの器官形成	
事例Ⅴ 遺伝の法則 -----	37
実験：一遺伝子雑種の交雑モデル実験	
事例Ⅵ 身近な自然環境 -----	43
観察：校庭の植物	
おわりに -----	48
参考資料サイト	
参考文献	

※本資料は、栃木県総合教育センターのホームページ「とちぎ学びの杜」内、「調査研究」と「教材研究のひろば」のコーナーにも掲載しています。

「とちぎ学びの杜」 <http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/>

はじめに

1. 調査研究の背景

平成21年3月9日に、新しい高等学校学習指導要領が告示された。今回の改訂のポイントとして、次のように、**言語活動の充実、学習習慣の確立**が挙げられる。

＜高等学校学習指導要領 第1章 総則（抜粋）＞

第1款 1 学校の教育活動を進めるに当たっては、各学校において、生徒に生きる力をはぐくむことを目指し、創意工夫を生かした特色ある教育活動を展開する中で、基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させ、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくむとともに、主体的に学習に取り組む態度を養い、個性を生かす教育の充実に努めなければならない。その際、生徒の発達の段階を考慮して、生徒の言語活動を充実するとともに、家庭との連携を図りながら、生徒の学習習慣が確立するよう配慮しなければならない。

第5款 5 教育課程の実施等に当たって配慮すべき事項

(1) 各教科・科目等の指導に当たっては、生徒の思考力、判断力、表現力等をはぐくむ観点から、基礎的・基本的な知識及び技能の活用を図る学習活動を重視するとともに、言語に対する関心や理解を深め、言語に関する能力の育成を図る上で必要な言語環境を整え、生徒の言語活動を充実すること。

新学習指導要領の改訂に際しては、「OECD生徒の学習到達度調査（PISA調査）」や、文部科学省が小学校第6学年と中学校第3学年を対象に行った「全国学力・学習状況調査」など、各種の調査から明らかにされた、次のような課題が反映されている。

- ①思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式問題、知識・技能を活用する問題に課題（無答率が高い）が見られる。
- ②読解力で成績分布の分散が拡大（成績中位層が減り、低位層が増加）している。
- ③家庭での学習時間の減少など、学習意欲、学習習慣・生活習慣に課題が見られる。
- ④自分への自信の欠如や自らの将来への不安、体力の低下といった課題が見られる。

特に、教科の指導においては、基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させること、知識及び技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等を育成することが重視されている。その実現のためには、「習得・活用・探究」のバランスを取った**学習活動の展開**が重要である。このことについて、新学習指導要領には、改訂の基本方針として次のように述べられている。

＜高等学校学習指導要領解説 第1章 総説 第2節 改訂の基本方針（抜粋）＞

②知識・技能の習得と思考力・判断力・表現力等の育成のバランスを重視すること。

確かな学力を育成するためには、基礎的・基本的な知識・技能を確実に習得させること、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくむことの双方が重要であり、これらのバランスを重視する必要がある。

このため、各教科において基礎的・基本的な知識・技能の習得を重視するとともに、観察・実験やレポートの作成、論述など知識・技能の活用を図る学習活動を充実すること、さらに総合的な学習の時間を中心として行われる、教科等の枠を超えた横断的・総合的な課題について各教科等で習得した知識・技能を相互に関連付けながら解決するといった探究活動の質的な充実を図ることなどにより思考力・判断力・表現力等を育成することとしている。

また、これらの学習を通じて、その基盤となるのは言語に関する能力であり、国語科のみならず、各教科等においてその育成を重視している。さらに、学習意欲を向上させ、主体的に学習に取り組む態度を養うとともに、家庭との連携を図りながら、学習習慣を確立することを重視している。

なお、学習指導要領の改訂に先立って発表された中央教育審議会答申には、言語に関する能力を育成するための、各教科における言語活動として、以下のような具体例が示されている。

<平成20年1月中央教育審議会答申（抜粋）>

- ・観察・実験や社会見学のレポート作成において、視点を明確にして、観察したり見学したりした事象の差異点や共通点をとらえて記録・報告する。（理・社）
- ・比較や分類、関連付けといった考えるための技法、帰納的な考え方や演繹的な考え方などを活用して説明する。（数・理）
- ・仮説を立てて観察・実験を行い、その結果を評価し、まとめて表現する。（理）
- ・体験活動を振り返り、そこから学んだことを記述し、まとめたものを発表し合う。
(特別活動・総合的な学習の時間)
- ・討論・討議などにより意見の異なる人を説得したり、協同的に議論して集団としての意見をまとめたりする。（特別活動・総合的な学習の時間）

これらのことから、学習指導要領の改訂の趣旨を踏まえるとともに、各種調査等から指摘されている課題について、その解決を図るための教科指導の工夫改善を目指して調査研究に取り組んだ。3回の調査研究委員会を通して、評価の観点を踏まえた教科指導の在り方について、各教科ごとに研究協議を行った。本書はそれらの取り組みについて、授業実践を中心に報告するものである。

※本冊子の中では、平成11年3月に告示された学習指導要領を「現行の学習指導要領」、平成21年3月に告示された学習指導要領を「新学習指導要領」として記す。

2. 理科（生物領域）における指導の工夫

2006年のPISA調査の中心分野であった科学的リテラシーについては、「科学的証拠を用いること」は好成績であるのに対し、与えられた課題が科学的に調査可能な問題かを判断するといった「科学的な疑問を認識すること」や、温室効果に影響を及ぼす可能性のある二酸化炭素以外の要因について述べるなどの「現象を科学的に説明すること」に課題があることが明らかになった。

また、上記調査の「高等学校理科の授業に関する生徒の意識調査」では、日本とOECD参加国との比較が次のようにまとめられている。

質問項目	日本	参加国平均
授業ではクラス全体でディベートしたり討論したりする。	4%	34%
先生は、科学の考えが実生活に密接に関わっていることを解説してくれる。	19%	46%
生徒は、実験したことからどんな結論が得られたか考えるよう求められる。	26%	51%
先生は理科で習った考え方が、多くの異なる現象に応用できることを教えてくれる。	26%	59%
生徒には自分の考えを発表する機会が与えられている。	34%	61%

上記の結果から、日本の授業においては、生徒の「考え」や「意見」を聞く発問に比べ、「知識」を求めるような発問をしていることが多いことが推測される。そういった授業展開に慣れた生徒は、下記のような反応を見せることが多い。

- ・発問後に指名されると、まず最初に教科書やノートを見て、正解を探そうとする。
- ・「このことについてどう思いますか？」という発問であっても、教科書やノートに答えを探す。
- ・答えが分かっている時でも、自信が持てない場合はそれを口にするのを躊躇する。
- ・正解を答えた場合でも、「なぜ？」とその理由を聞くと沈黙してしまう。

これらから、生徒が常に「正解」を探そうとし、「不正解」を恐れるようになっていいると考えられる。自分の考えを表現することが苦手な生徒への対応として、まずはじっくりと科学的に思考させ、それを言葉で表現させる機会を設けることが必要である。

さらに、実験内容やグラフの読み取り、結果の解釈等ができずに「何を問われているのかが理解できない」状態となったり、与えられた資料や複数の文章を比較読解して科学的に考察できずに「自分の意見を表現できない」状態になったりすることは、知識を詰め込む指導や、様々なタイプの問題に慣れさせるだけの演習だけでは回避できない。「知識の量はどれくらいあるか」から「知識をどれだけ活用できるか」の方向へ、指導方法を改善する必要がある。そこで、科学的な思考力・表現力の育成に有効と考えられる「言語活動の充実」について、活動例を以下に列挙する。

＜思考力・表現力を育成する学習活動の例＞

- 事実を正確に理解して伝達する。
 - ・自然事象を記述し、未知の第三者に伝える説明文を作成する。
- 概念・原理・法則・意図などを解釈し、説明したり活用したりする。
 - ・ある具体的な現象について、それに関係した科学的用語や数式、図を適切に用いて説明する。
(← 伝えたい内容を生徒が的確に理解しているかが図れる。)
- 実験結果や情報を分析・評価し、論述する。
 - ・数値をグラフ化して、物事の間接性を読み取る。
 - ・グラフの形の根拠を示す。
 - ・結果と考察を書き分ける。

結果：・・・という操作をしたら、・・・という結果となった。

考察：・・・という結果だったので、・・・と考えた。その根拠は・・・だからである。

○課題について、構想や実験計画を立てて実践し、評価・改善する。

・じっくりと思考・表現する機会と十分な時間を持つ。

○互いの考えを伝え合い、自らの考えや集団の考えを発展させる。

・ワークショップ型グループ協議、ジグソー学習、ディベート、ポスターセッション、パネルディスカッションなどに取り組み、討議の結論も記録しておく。

(← 討論活動を通して、自分の考えを整理し、理解をより深めることができる。)

<授業展開上の工夫点>

○協議に値する課題をよく練って設定し、明確に提示する。

○多面的な事象の分析活動や、正解が複数ある課題の提示により、多面的な見方を育成する。

○言葉、グラフ、モデル、イメージ図で表現させる機会を設ける。

○論理的で分かりやすい文章の書き方を指導する。

・定型文（意見・結論、理由、具体例、補足説明）を示し、それに沿って書かせる。

・論理的まとまりを意識してパラグラフ（段落）化させる。

→ 結論先行型（トップ・ヘビー）により、冒頭文をキーセンテンス化させる。

→ パラグラフの配置から、論文形式の長文記述に慣れさせる。

・本時の授業内容を、授業の終わりに簡潔にまとめる活動を繰り返す。

・長文（報告書など）の要約に取り組みさせる。

・新聞や科学雑誌など、様々な分野・構成・スタイルの読み物に親しめるよう取り組みさせる。

以上の事項を参考にして立てた指導計画に基づいて、研究協力委員の所属校において授業を実践した。それを踏まえて、次に示す事例Ⅰ～Ⅵにまとめた。

学習活動	能力育成のための具体策	本調査研究で該当する事例
基礎的・基本的な知識・技能の習得	結果と考察を分ける	事例Ⅰ、事例Ⅱ
	課題発見型実験	事例Ⅱ
	モデル化による知識の整理	事例Ⅲ、事例Ⅴ
	数学的思考	事例Ⅴ
知識・技能の活用による課題解決	読解力を育成する問題演習	事例Ⅰ
	判断力を育成する知識活用実験	事例Ⅱ、事例Ⅳ
	表現力を育成するグループ討論	事例Ⅰ、事例Ⅲ、事例Ⅵ
教科等の枠を超えた横断的・総合的な課題の解決 自然界の事象の理解・探究	実生活の現象理解・課題解決	事例Ⅰ、事例Ⅱ
	調査結果の発表と意見交換	事例Ⅵ

なお、各事例内のワークシート中の「斜字体」は、解答例・生徒の発言例である。

<研究協力委員>

栃木県立小山西高等学校 教諭 橋本瑠美子

<研究委員>

栃木県総合教育センター 研究調査部 指導主事 滝田博之