

# 状況図を用いた物理教育

出口考彦\*, 梶原勇機\*\*, 細田宏樹\*

(\*物理教室, \*\*聖カタリナ女子高等学校)

(平成4年4月27日受理)

物理への興味と関心が低い高等学校生徒に、物理への興味と関心を高めさせ、理解を深めさせる授業方法を開発した。これは生徒が自然現象の状況を作図、解析して、現象と法則を系統的に関連付けながら、自ら問題を解決していく方法である。これを授業に取り入れ、その有効性をアンケートにより調べた。

この授業方法により、生徒の理解が深まり、学力が向上して欠点取得者が減少した。この方法が有用であると答えた生徒は63%に達し、有用でないと答えた生徒は僅か2%であった。それまで無気力に授業を受けるだけだった生徒はこの方法により、興味と関心をもって積極的に授業に参画し、自ら考え、学習するようになった。

## §1 はじめに

卒業後物理を直接的に使用しない高等学校生徒の物理への興味と関心は一般に低く、その学習意欲は乏しい。したがって、これらの生徒の物理の学力は低く、自然に対する理解も乏しい。資源が乏しく、今後とも科学、技術を国の発展の基礎にしていかなければいけない日本では、物理学と関係の少ない方面に進む生徒でも物理学、さらには自然科学を正しく理解できることは重要なことと考えられる。さらに、現在のようにさまざまな公害あるいは自然破壊が起こり、人類の生存が危ぶまれている時代においては、物理学学習の重要性はますます大きくなっている。

生徒に物理への興味、関心を高めさせて、その理解を深めさせ、学力を向上させるための試みが数多くなされてきた。1956年アメリカ合衆国で組織された Physical Science Study Committee は物理の基礎的事項について、統一性と思考の筋道を強調した高等学校用の教科書を作り PSSC 物理として出版した。<sup>1)</sup> その後、ナフィールド物理,<sup>2)</sup> IPS 物理,<sup>3)</sup> KBGK 物理<sup>4)</sup> など多くの教科書が書かれた。これらの教科書の特徴は、これまでの内容を精選して、新たに加えた現代物理学の教材へ系統的に発展させると同時に、物理学の研究方法と考え方の展開方法を重視して書かれていることである。このため、実験を豊富に取り入れている。

将来、物理学を使用しない生徒を対象とした物理の授業の改善の試みもいくつかなされてきた。坂田は文科系の生徒にも魅力有る物理の授業として、視聴覚にうったえる演示実験を数多く取り入れること、公式を覚えるのではなく科学的な考え方を学ばせる授業を提唱し実践例を示した。<sup>5)</sup> 吉岡は定時制高等学校における物理の授業を物理ノートと名づけたプリントを使って行い、その実践例を報告した。<sup>6)</sup> 季節定時制農業科における実践例として、身近な現象と素材を利用した実験、結果に意外性のある実験を多く取入れて生徒の興味を高めた授業が報告されている。<sup>7)</sup> 実業高等学校の実践として、ビデオ教材、マイコン、OHPなどの視聴覚機器を活用して、教材提示の方法を工夫した物理の授業が報告された。また、スポーツやクイズを物

理と関係付けてとりあげると生徒は高い関心を示すことも報告されている。<sup>8)</sup>

物理を理解させるためのさまざまな研究がなされてきたが、高等学校、大学において物理を選択する生徒、学生の減少は続いている。特に将来、物理を使用しない高等学校生徒の物理離れが顕著である。その原因としては、高等学校での理科学科目の選択の問題、物理は難しいという先入観により、苦勞するものはできるだけ避けて通ろうとする現代っ子気質などが考えられる。このような生徒に対する物理の教育方法の改善とそのたゆまざる研究は必要であり、物理の裾野を広げるうえでも重要なことである。将来、物理を直接的に使用しない生徒に、物理への興味、関心を高めさせ、理解を深めさせる授業の方法を開発して授業実践をし、その効果を明らかにするのがこの研究の目的である。

## § 2 授業と生徒の現状

松山市の聖カタリナ女子高等学校普通科の物理履修者を対象に研究授業とアンケート調査を行った。生徒の物理への興味、理解度を調べるために行った質問を次に示す。

- (1) あなたは物理についてどう思いますか。各項目ごとに○で囲んで下さい。
  - A 物理の学習は
    - ア 楽しい, イ 普通, ウ 苦しい
  - B 物理に対して興味がありますか。
    - ア ある, イ 普通, ウ ない
  - C 物理の学習に直感力はありますか。
    - ア いる, イ どちらともいえぬ, ウ いない
- (2) 物理 I の授業は理解できますか。
  - ア 理解できる, イ 理解できないことがある
- (3) (2)でイと答えた人はその理由は何ですか。
  - ア 用いる数学がわからない
  - イ 用いる用語がわからない
  - ウ 実際に起こっている現象とこれを表す「ことば」, 「数式」がつかない
  - エ 進度が速くてついていけない
  - オ その他
- (4) 演習問題を解くとき、つぎの事項をどう考えますか。
  - A 問題文から式をたてること
    - ア すらすらできる, イ 普通, ウ むづかしい
  - B たてた式を扱うこと
    - ア 容易に扱える, イ 普通, ウ 不得意でミスも多い
  - C 数値計算をすること
    - ア 速く正確にできる, イ 普通, ウ 不得意

これらの質問に対する聖カタリナ女子高等学校の生徒の回答を図1から図8までに示す。また、松山市内の公立高等学校で実施された、同様なアンケート調査の結果<sup>9)</sup>を比較のため同時

に示す。

この公立高等学校は男女共学で、生徒の80%以上が大学に進学する進学校である。

図1に示すように、両校とも物理の学習を楽しんでいる生徒は少ないが、苦痛に感じている生徒もさして多くない。したがって一般的傾向として、指導方法しだいでは、物理の学習が楽

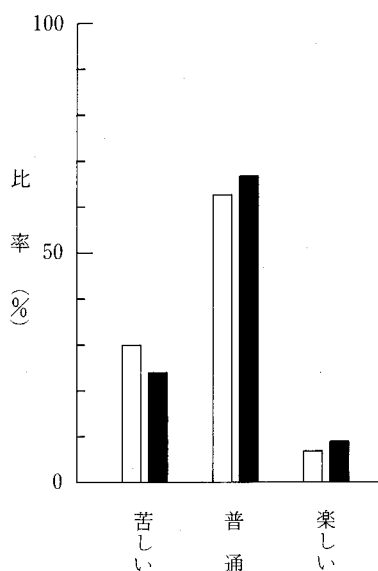


図1 質問「物理の学習についてどう思いますか」に対する回答

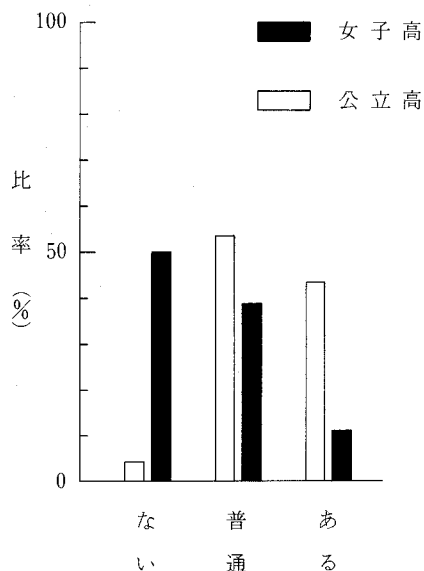


図2 質問「物理に対して興味がありますか」に対する回答

しい、あるいは、物理が好きな生徒が増えることも十分期待される。

物理に対する興味は図2に示すように公立高等学校生徒の方が高く、私立女子高等学校生徒に興味の低い生徒が多かった。このことは、将来物理を直接的に使用しないことが原因になっていると考えられる。したがって、授業においても無気力になり、学習効果があがらず、ますます興味をなくしていくという悪循環におちいっていると考えられる。

図3に示すように、物理の学習に直感力が必要であると考えている生徒は50%以上ののぼり、いらないと答えた生徒は4%であった。

物理の授業の理解度を調査した結果を図4に示す。理解できるとしたものは女子高生徒では、18%、公立高生徒では38%であった。それにたいし、

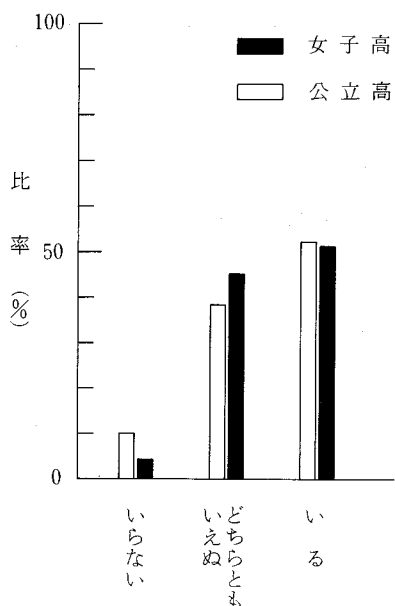


図3 質問「物理の学習に直感力はいりますか」に対する回答

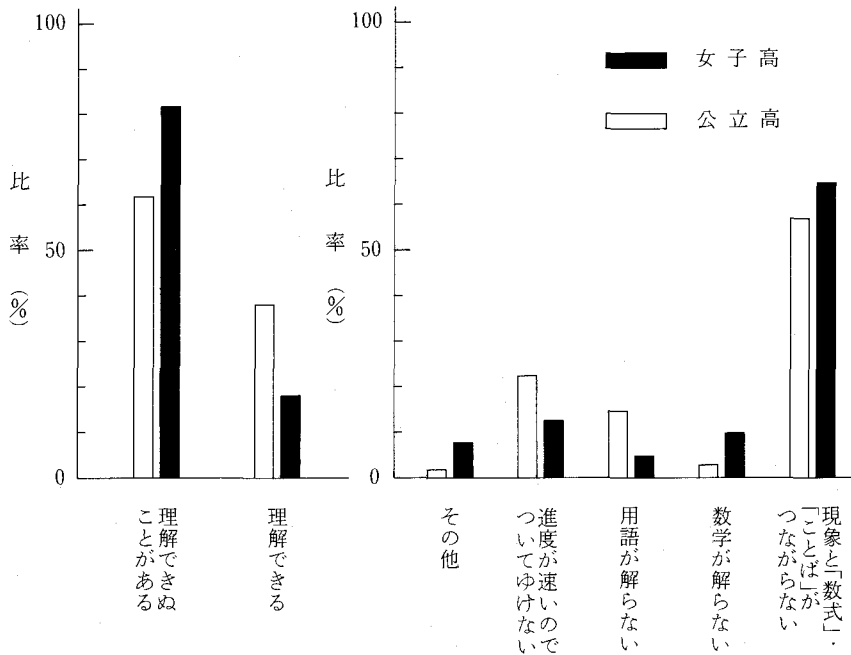


図4 質問「物理Iの授業は理解できますか」に対する回答

図5 物理Iの授業が理解できない理由

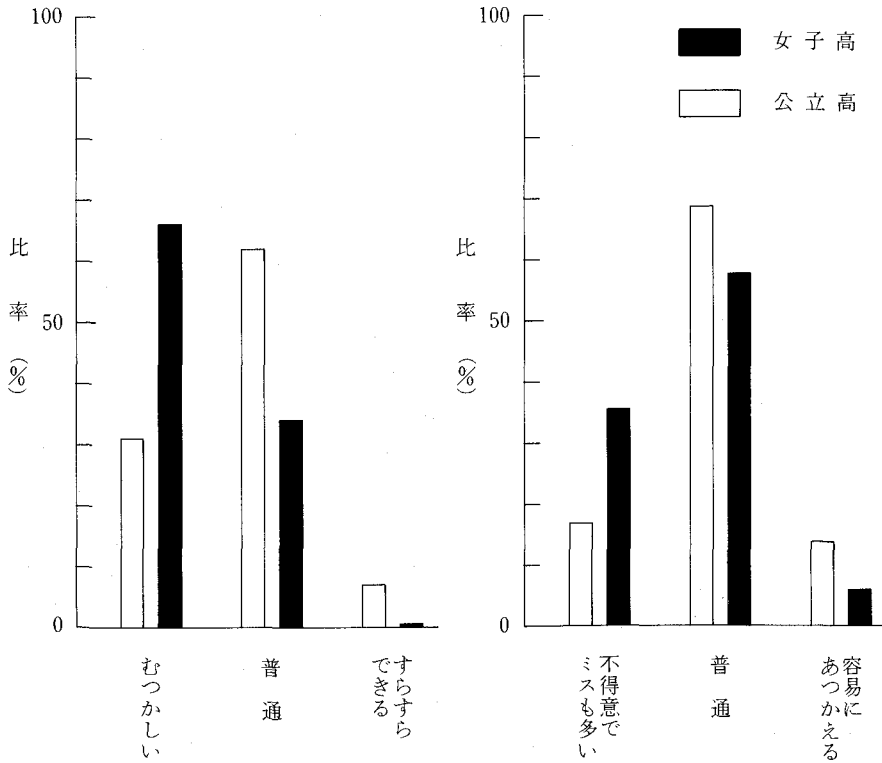


図6 質問「演習問題を解くとき問題文から式をたてることはどうですか」に対する回答

図7 質問「たてた式を扱うことはどうですか」に対する回答

理解できぬことがあると答えた生徒は、前者では82%，後者では62%に達した。その原因として、図5に示すように、両者とも回答が多かったのは、現象と「数式」、「ことば」がつかないであった。このことは、彼らが物理の学習には直感性があると答えたものが多数を占めている図3の結果をみても理解できる。物理の学習では、物理現象を的確に把握し、その状況と内容を理解しなければならない。この把握には直感性が必要になってくる。(1)C, (2)および(3)の調査結果は、このことを学習の過程において、生徒が実感していることによると考えられる。

生徒が重要な基本的事項を整理し、物理の知識を確実なものにするのに問題演習はきわめて有用である。問題を解く過程において、生徒は自然現象について自ら思考し、物理的な考え方を会得し、知識を定着させていく。問題演習についての質問(4)の回答では、図6に示すように、問題文から式をたてる時、すらすらと容易にできる生徒は女子高、公立高ともほとんどいなかった。女子高生徒の66%が式をたてるのがむづかしいと答え、公立校生徒の31%を大きくうわまわった。この原因としては、入学時からの生徒の学力の差によるものと考えられる。

たてた式をあつかって、問題を解くことに関しては、図7に示すように、同じ様な傾向であったが、不得意でミスも多いとした生徒が女子高では36%と公立高の17%の約2倍であった。数値計算に関しては、図8に示すように、両者の回答は同じ様な傾向であった。

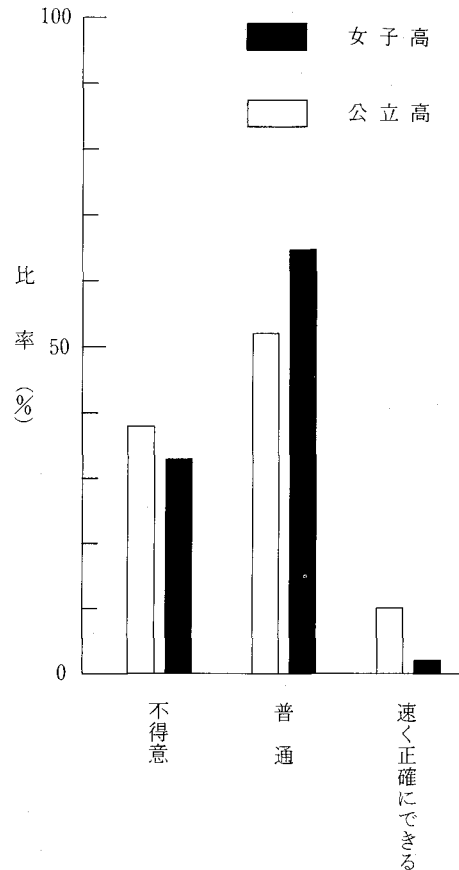


図8 質問「数値計算をすることはどうですか」に対する回答

### §3 授業の方法

自ら考えて問題を解決しながら、生徒が問題の状況すなわち自然現象を正確に把握できる授業を進めることができれば、生徒はより興味をもって物理の学習に取り組み、学習成果もあがると期待される。

物理現象を的確に把握させる方法として、生徒に問題の状況を図に書かせて、それを生徒自ら解析して解いていく方法の1例を図9に示す。このような図を状況図と名付けた。この方法では、問題文と必要最小限の基本図を書いてある。生徒は問題の設定に応じて必要な事項を図に書き入れていく。この問題では抗力、摩擦力および合力はもちろん記入していくが、まず物体の重心にはたらく重力を書き込み、それを斜面に平行な力と垂直な力に分解し図に書き込まなければならない。それによって、抗力と摩擦力および合力を記入していく。次に、問題に関

<p>図のように、水平面と30°をなす傾斜面上に、質量2kg、1辺の長さ10cmの立方体が置かれている。面がこの物体に及ぼす抗力、摩擦力およびこの2力の合力とその作用点を図示せよ。また、それらの力の大きさはいくらか。</p>	
(1) 状況図	
(2) 法公式	
(3) 解法	

図9 状況図による学習問題

係のある法則とか、公式などを(2)に記入する。最後に、解法と解答を文章、式などにより(3)に記入する。このとき必要とあれば、定量的な計算を行い、解答を記入する。

この方法の特長は(1)の状況図における作図で、生徒が手を動かしながら、自ら考えることにより、自然現象を正確に把握し理解できることである。さらに、(1)状況図、(2)法則・公式、(3)解法と系統的に問題を解く方法を生徒が会得できることである。

図9に示すようなプリントで問題集を作成した。その内容は、物理Iの教科書<sup>10)</sup>の問題を中心とした。これをとじて生徒に渡し、教科書と併用しながら必要に応じて授業で使用した。状況図の問題を解かせたときは、それを提出させ、内容をチェックして、訂正のあるものは訂正して、それぞれコメントをくわえ各生徒に返却した。生徒は返却されてものを調べ、内容の理解を深めながら、知識を確実に定着させていった。

#### §4 状況図を使用した授業の効果と考察

状況図を利用して生徒が問題を解いた例を図10に示す。この生徒は抗力と摩擦力の値は正しく求めているが、力の作図は正しく書けていない。このことは、力の性質、関係が正確に理解できていないことを意味している。この問題の作図は生徒にとって大変難しいが、教科書には類似の図は書かれているので、正しく理解できておれば、生徒には書ける問題である。この生徒には力の移動、抗力が作用する点の理解ができていないようである。このように、数値計算は正しくできて、現象(状況)が正確に把握できていない生徒が多い。状況図を書かせ、数値計算をさせることにより、自然現象を正確に把握させ、理解させるとともに、定量的な理解と処理の能力を高めることができる。このプリントは訂正とコメントをくわえて生徒に返し、生徒はそれにより理解を正確にした。

<p>(問7) 右図のように、水平と30°をなす傾斜面上に、質量2kg、1辺の長さ10cmの立方体が置かれている。面がこの物体に及ぼす抗力と摩擦力の合力の作用点を図示せよ。また、それらの力の大きさはいくらか。</p> <p style="text-align: right;">(P.18)</p>	
(1) 状況図	
(2) 法公式	
(3) 解法	<p> <math>GF = 2 \times 10 \sin 30^\circ</math>  <math>= 2 \times 0.5</math>  <math>= 1 \text{ kg} \cdot m - A</math> </p> <p> <math>N = 2 \times \cos 30^\circ</math>  <math>= 2 \times 0.866</math>  <math>= 1.732</math>  <math>= 1.732 \text{ kg} \cdot m - A</math> </p> <p> <math>2:1 = 2:F</math>  <math>\therefore F = 1 \text{ kg} \cdot m - A</math> </p> <p> <math>2:1.73 = 2:N</math>  <math>\therefore N = 1.73</math>  <math>\therefore 1.73 \text{ kg} \cdot m - A</math> </p>

図10 生徒の解答

状況図を使用する授業について生徒の反応を調べるため次のようなアンケート調査をした。授業とアンケートの対象は聖カタリナ女子高等学校生徒である。

状況図について次のことに答えて下さい。

- A 状況図を書くことはどうですか。  
 ア すらすらできる, イ 普通, ウ むづかしい
- B 問題を解くときはどうですか。  
 ア 状況図を書く方が解きやすい, イ どちらともいえない,  
 ウ 状況図は関係なく解ける
- C 問題を解くとき状況図を書くことをどう思いますか。  
 ア 非常によいことと思う, イ なんともいえない, ウ 必要ないと思う
- D 状況図を書くことについて何か意見があれば書いて下さい。

Aの解答を図11に示す。状況図を書くことがすらすらできると答えた生徒はわずか4%であり、逆にむづかしいと答えた生徒が42%もいた。このことは生徒にとって現象を的確に把握し理解することが非常にむづかしいことを示している。

Bの解答を図12に示す。50%近い生徒が状況図を書くほうが問題を解きやすいと答えたのにたいし、関係なく解けるとした生徒はわずか5%であった。さらに、図13に示すように、問題を解くとき状況図を書くことは非常によいことと考えている生徒は63%に達し、必要ないと考えている生徒の2%を大きく上まわっていた。これらのことは状況図が、物理現象を正確に把握し、生徒自ら考えて問題を解決する、有用な手段として利用できること、学習した知識を確実に定着させるのに効果があることを示している。

図14に状況図を使用しない授業と使用した授業とで試験の欠点者の数を比較したものを示す。まず、状況図を使用しないで授業をし、第1回の試験を行い、その後状況図を使用して授業を実施した。第4回の試験の欠点者も同じ図に示す。この結果から明らかなように、状況図を使用した56年度以降、第1回に比べ第4回の欠点者は大幅に減少し、生徒の理解が深くなったのがわかる。欠点をとる生徒はもともと理解が浅く学力も低い。欠点がつくことによりますます自信を失い、興味・関心をなくしてさらに悪くなる悪循環を繰り返していた。この方法に

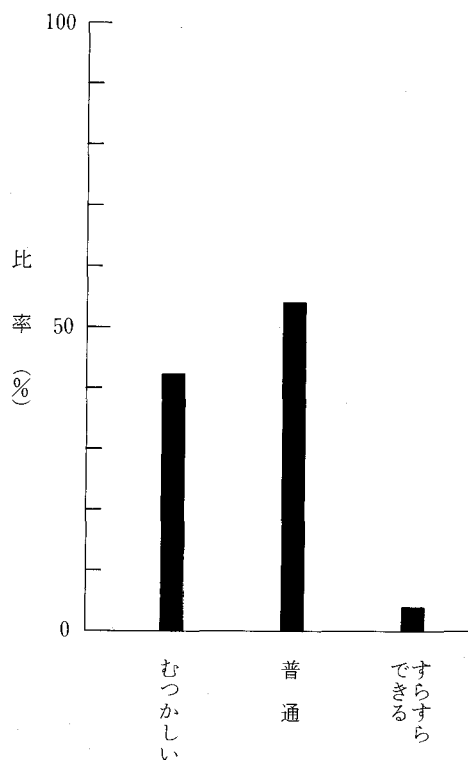


図11 質問「状況図を書くことはどうですか」に対する回答

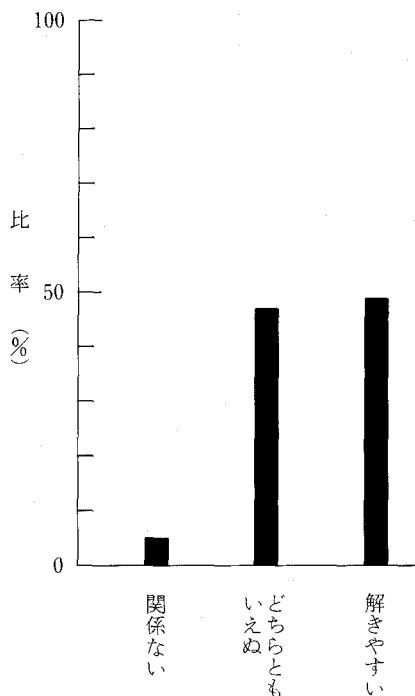


図12 質問 「問題を解くときはどうですか」に対する回答

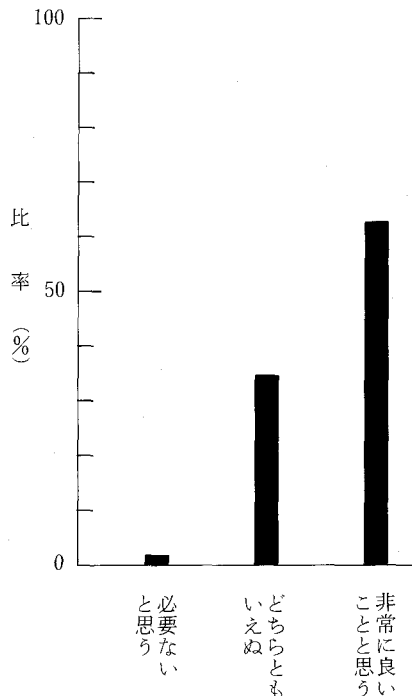


図13 質問 「問題を解くとき状況図を書くことをどう思いますか」に対する回答

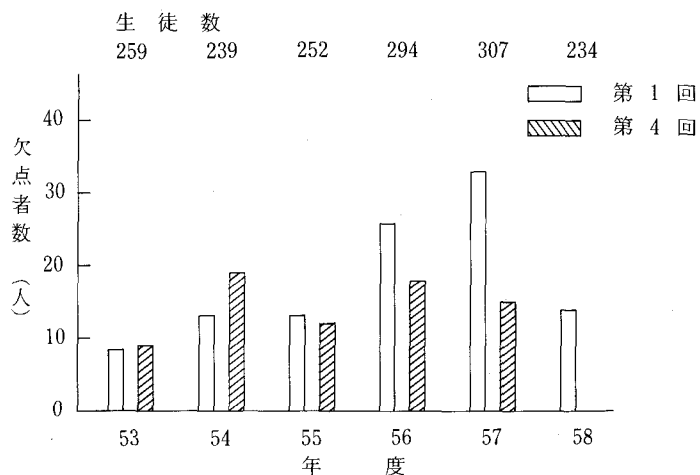


図14 欠点取得者数の変化

よって、欠点者が大幅に減少し、物理に興味をもち、授業に積極的に参加しました。状況図を書くことについての生徒の意見を2クラス分列記する。

(3組)

良いことだと思う。状況図を書くまでがむつかしい。



どちらかといえば公式をつかうので状況図はあまり必要ないと思う。あまりむづかしいものは状況図を用いてもよいと思う。

計算だけでは忘れやすいし、解きにくいから図をかいてやったほうがわかりやすい。

うまく現せない時もあるけど、問題を解くうえで、頭の中を整理することができるのでいいと思う。

(4組)

先生が説明してくれながらだと「ああなるほど」とわかるけど1人で考えているとわからない。

テストの時でもフッと状況図(授業中)を思い出すので役にたつ。

問題がわかりやすく解けるのでいいと思う。

状況図をはじめからかいてくれているのはかんたんととけるけど、自分でかくのはむづかしいからきらいです。

かんたんなものなら書けますが、すこし複雑になるとできません。かんたんなものにして下さい。

状況図を書くことで人と全然ちがった状況図を書くことがあり、ミスしたかと想うことが多い。

もう少しわかりやすい説明にしてほしい。

状況図を書けば、問題を解きやすいし、わかりやすいので良いことと思う。

初めのうちは(法則など)  $a$  とか  $g$  とか  $t$  でなく、言葉で表してほしいです。なれてくれば問題はありません。

時々まんが(車, でん車 etc) ぽっくかけて意欲がわきます。

状況図を書くと、少しはわかりやすいのでこれからは多いに用いてほしい。

状況図は書いた方がいいけど、文章を読んでも状況図を書くことがむづかしいです。

生徒全員の意見は紙数の関係で書けないが、3組と4組については書いた生徒全員の意見を列記した。これらの意見にみられるように、生徒自身も状況図を書いて学習することは効果があると評価している意見がほとんどである。

状況図を用いる方法は特に、力のように目で見えないため、解りにくい現象を理解させるのにたいへん有用な方法である。生徒は悪戦苦闘しながら自ら問題を解決していく過程で、自然現象を的確に把握し理解していった。問題を解決した喜びと、解るようになったことから物理に対する興味と関心を高めていき、それまでは受身に終始し、無気力に授業を受けるだけだった生徒は、この方法により、積極的に授業に参画し、自らが考えることをはじめた。

## § 5 ま と め

- (1) 物理の現象を作図し、生徒自ら現象を分析、考察して問題を解決していく学習法を開発した。この方法で授業実践を行い、その効果を確認した。この図を状況図と名付けた。
- (2) 状況図により、それまで受身で物理の授業になかなかついてこなかった生徒が興味と関心を持ち、物理の授業に積極的に参加するようになった。

- (3) 状況図を利用した授業により, 生徒の物理への理解をより確実にさせ, 学力を高めることができた。
- (4) 状況図を利用することにより, 多かった欠点者数を大幅に減少させることができた。
- (5) 状況図を書かせることにより, 不足がちな実験観察の時間を補足し充実させることができた。

#### 参 考 文 献

- 1) Physical Science Study Committee, 山内恭彦 他訳: PSSC 物理 (岩波書店, 1962).
- 2) The Nuffield Foundation, 原島 鮮 他訳: ナフィールド物理 (講談社, 1969).
- 3) Physical Science Study Committee, 山内恭彦 他訳: IPS 物理 (岩波書店, 1969).
- 4) 石黒浩三, 霜田光一, 松村 温 編集: KBGK 物理 (朝倉書店, 1977).
- 5) 坂田正司: 物理教育**36** (1988) 258.
- 6) 吉岡有文: 物理教育**36** (1988) 265.
- 7) 福士公一: 物理教育**36** (1988) 267.
- 8) 上田浩嗣朗: 物理教育**36** (1988) 269.
- 9) 河合 剛: 愛媛高校理科**18** (1981).
- 10) 野上茂吉郎 他: 物理 I (実教出版, 1978).