

研究報告書第39号

G 4 - 0 4

高等学校における授業改善のための一つの試み(II)

——理科 I の授業実践をととして——

1 9 8 6 ・ 3

山 形 県 教 育 セ ン タ ー

研究報告書第39号(昭和61年3月刊)

高等学校における授業改善のための一つの試み(II)

——理科Ⅰの授業実践をととして——

山形県教育センター

目 次

- I 研究の趣旨とねらい
 - 1. 研究のねらい
 - 2. 研究の趣旨
- II 基本的な考え方
 - 1. 生徒の実態のとらえ方について
 - 2. 授業の組立て方について
 - (1) 授業の組立てを考える観点
 - (2) 授業の組立て方
- III 研究のすすめ方
- IV 研究の内容
 - 1. 生徒の実態の把握
 - (1) 実態把握の方法
 - (2) 調査の内容と結果
 - (3) 生徒の実態と授業に反映させるべき事項
 - 2. 生徒の実態に応じた授業の組立て
 - (1) 題材の論理性に基づいた授業過程
 - (2) 把握した生徒の実態
 - (3) 実態に応じた授業過程の吟味
 - (4) 授 業 過 程
 - 3. 授業の分析と考察
 - (1) 授業を分析し考察する視点
 - (2) 実 践 の 記 録
 - (3) 授 業 の 分 析
 - (4) 考 察
- V 研究のまとめと今後の課題
- VI 資 料

研 究 の 概 要

は し が き

1 研究のねらい

生徒が意欲的に学習に取り組めるようにするため、生徒の実態を明らかにし、その実態に応じた授業をどう組み立てればよいのかを究明する。

2 基本的な考え方

- (1) 生徒の実態のとらえ方について 理科Ⅰの学習に関して、生徒の実態をとらえるときの観点として次の3点をあげた。①生徒の活動状況はどうか ②理科の学習への取り組みはどうか ③本時の学習に関するレディネスはどうか
- (2) 授業の組立て方について 授業の組立て方を次の5点から考えてみる。①授業過程 ②課題の提示 ③発問・指示や演示実験 ④生徒の活動する場 ⑤授業過程での評価
授業の組立て方は次の順序による。①本時の目標の設定 ②目標の分析と授業過程の想定 ③生徒の実態の調査 ④調査の結果の分析と考察 ⑤学習指導案の作成

3 研究の内容

- (1) 生徒の実態の把握 生徒の活動状況については、研究協力者からの聴き取りと普通の授業の観察からとらえ、理科の学習への取り組みについては、前の二つの方法とアンケート調査からとらえた。本時の学習に関するレディネスについては、次の手順をふんで調査項目を決定した。①本時の目標の設定 ②目標の分析と授業過程の想定 ③調査内容の決定
- (2) 生徒の実態に応じた授業の組立て とらえた生徒の実態に応じて学習指導案を作成し、授業を実施した。同じ題材で、二つの学校についてそれぞれの生徒の実態に応じた学習指導案を作成して、両者の比較を試みた。
- (3) 授業の分析と考察 実施した授業を、授業の観察及び記録、授業後の意識調査を基にして、次の4点から分析し、生徒が意欲的に取り組める授業であったかを考察し、生徒の実態に応じた授業の組立てになっていたかどうかを判断した。①課題の把握と主体的に学習しようとする意欲の喚起 ②生徒へのはたらきかけの妥当性 ③生徒が主体的に考え活動する場面の設定 ④授業の中での評価の機能

4 研究の成果と今後の課題

生徒の実態の把握の仕方と、それに応じた授業の組立て方については、基本的な考え方で述べた観点や手順は的を得ていたことが明らかになった。特に、目標を分析することは、レディネス調査の内容の洗い出しとともに、生徒の実態に応じた授業を組み立てるのに非常に有効であることが判明した。

今後に残された課題は、次の2点である。①生徒がゆとりをもって考えたり、高め合ったりする場を授業の中にどう構成するか。②授業の中での評価をどう機能させていくか。

高等学校が現在かかえているいろいろな問題の一つに、授業についていけない生徒が増えていることがあげられる。これは、進学率の上昇に伴ってさまざまな能力・適性や興味・関心をもった生徒を受け入れるようになったため、これまで以上に、多様な生徒に十分対応した教育が必要となったのに、その対応が十分になされていないことが大きな原因と考えられる。

勉強が分からない、授業が面白くないというおもいが、学校生活だけでなく生活全般の目的意識を失わせ、その反動が服装の乱れに現れたり、問題行動に走ったり、遂には中途退学といった事態にまで進んでしまうことにもなる。

今、社会が高等学校に望むことは、豊かな人間性を備えた青年の育成である。豊かな人間性を育てるには、生徒に充実した学校生活を送らせる必要がある。充実した学校生活は、なによりもまず、日々の充実した授業をおとして得られるものであろう。生徒にとって充実感とは、さまざまな障害に突き当たりながらも意欲的に課題に取り組み、困難を克服して目標に到達したときに生まれる喜びではないだろうか。

授業を面白いと感じさせ、勉強したことが理解できたという充実感を与えるためには、生徒に意欲的に授業に取り組ませなければならない。そのような授業にするために、今までの授業をどう改善しなければならないのか。今、急いで解決しなければならない課題である。

本研究では、生徒が意欲的に取り組めるような授業にするためには、生徒の実態を知り、それに応じた授業を組み立てる必要があると考え、その具体的な方策を追求してきた。本年度は2年継続研究の2年目であり、昨年度の成果と課題をふまえ、生徒の情意面での実態の把握の仕方、授業の組立て方に一歩踏み込んだ研究を行った。未だ試みの段階ではあるが、本研究が各高等学校において授業改善のための手がかりとなり、授業の研究が積極的に行われるようになれば誠に幸いである。

最後に、本研究をすすめるにあたり、終始熱心な御協力をいただいた各高等学校、並びに協力者の方々に心から謝意を表するものである。

昭和61年3月

山形県教育センター所長事務取扱

鈴木 栄 三

目 次

I 研究の趣旨とねらい	1
1. 研究のねらい	1
2. 研究の趣旨	1
II 基本的な考え方	2
1. 生徒の実態のとらえ方について	2
2. 授業の組立て方について	2
(1) 授業の組立てを考える観点	2
(2) 授業の組立て方	3
III 研究のすすめ方	5
IV 研究の内容	6
1. 生徒の実態の把握	6
(1) 実態把握の方法	6
(2) 調査の内容と結果	6
(3) 生徒の実態と授業に反映させるべき事項	11
2. 生徒の実態に応じた授業の組立て	13
(1) 題材の論理性に基づいた授業過程	13
(2) 把握した生徒の実態	14
(3) 実態に応じた授業過程の吟味	16
(4) 授業過程	18
3. 授業の分析と考察	21
(1) 授業を分析し考察する視点	21
(2) 実践の記録	21
(3) 授業の分析	29
(4) 考察	31
V 研究のまとめと今後の課題	33
VI 資料	34

I 研究の趣旨とねらい

1 研究のねらい

生徒が意欲的に学習に取り組めるようにするため、生徒の実態を明らかにし、その実態に応じた授業をどう組み立てればよいのかを究明する。

2 研究の趣旨

高等学校への進学率の上昇に伴い、今の高等学校はさまざまな能力・適性や興味・関心をもつ生徒を受け入れるようになってきた。したがって、これまで以上に、多様な生徒に十分対応した教育が必要とされるようになった。しかし、その対応が十分でないために、授業が面白くない、勉強する意欲がわからない、学習内容が理解できないという生徒が増加してきているのが現実である。

授業は、学習する教材、学ぶ生徒、そして、これらを結びつける教師、の三者が密接に関係しあって成り立つものとする。しかし、これまでの授業は、教師と教材が中心で生徒は受身の立場となっていた。学ぶのは生徒であるから、授業を生徒の立場から見直さなければならない。生徒は授業の中で、課題をとらえ、自ら考え正しく判断し、解決していくことによって知識や技能などを獲得していくのである。教師はその生徒の学習活動を援助し支えていくものであり、生徒が将来にわたって活動していくための基礎的な学力を習得させていくのだという認識に立つ必要がある。

この認識に立って、これまでの授業のすすめ方を反省し、生徒が意欲的にしかも主体性をもって学習に取り組めるような授業に改善していくことが必要である。教師が生徒の身になって教材を分析することによって、その教材を学ぶ生徒のものとすることができ、教師の指導が生きてくるものと考えられる。この“生徒の身になる”ためには、まず、生徒の実態を的確にとらえる必要がある。

本研究では、生徒の実態を的確に把握し、その実態に応じて授業を組み立てることが、授業の改善につながるものと考えた。

1年次の研究では、生徒の実態を把握することに主たる力点をおいて研究をすすめた。その結果、題材に関する生徒の実態については、おおむね把握することができたが、興味・関心・意欲などの情意的な面の実態を把握すること、及び生徒の実態をふまえ、生徒の思考過程を考慮して授業を組み立てることも必要であることが明らかにされた。

本年度は、1年次の研究の成果と課題をふまえ、情意的な面を加味した生徒の実態を把握したうえで、生徒の思考過程を考慮し、生徒が意欲的に学習できるような授業をどう組み立てればよいのかを究明することにした。

具体的には、理科Ⅰの中でも論理性が強く生徒の思考力を必要とする「力学的エネルギー保存の法則」「アボガドロの分子説」及び「摩擦角」の三つの題材を取り上げ、実践的に試みることにした。

研究担当者

指導主事	中村直資
〃	榎清彦
〃	猪股東海雄
〃	武田次弘

研究協力者

鈴木伊和男	県立山形中央高等学校
友染佳弘	県立榎岡高等学校
伊藤孝	県立東根工業高等学校
井澤隆一	県立尾花沢高等学校

II 基本的な考え方

1 生徒の実態のとらえ方について

教師は、生徒の日常の行動を観察して大まかにその実態をつかんでいるが、授業を組み立てようとする場合には、意図的に整理された観点から観察する必要がある。

本研究では、生徒が意欲的に学習に取り組めるような授業を組み立てるために、次の三つの観点から生徒の実態を把握する必要があると考えた。

① 生徒の活動状況はどうか

主として生徒の情意的な面をとらえるために、ホームルームの全体的なまとめ、学習や生活を向上させようとする意識や態度、学習面や生活面におけるリーダーの存在、などを調べる。

② 理科の学習への取り組みはどうか

これまでの理科の学習内容についての理解の程度、表現力、思考力、観察や実験の技能、興味・関心、意欲や態度などを調べるが、特に情意的な面を見落とすことのないように留意する。

③ 本時の学習に関するレディネスはどうか

本時の学習に直接かかわる内容の理解や観察・実験の技能の程度を調べる。

本研究では、本時の授業をすすめるためにはどのようなレディネスが必要なかを洗い出し、レディネス調査の内容を決めることにする。

①、②に関しては、研究協力者からの聴き取り、生徒へのアンケート調査、及び事前の授業を観察することで把握し、③は研究協力者に依頼して、テスト形式で実施してとらえることにする。

2 授業の組立て方について

(1) 授業の組立てを考える観点

本研究では、生徒が課題をとらえ、自ら考え正しく判断し、解決していくことで知識や技能などを獲得していくものとする。生徒にこのような学習活動をさせる授業を組み立てるために、次の五つの観点をあげ、それぞれにとらえた生徒の実態を反映させる必要があると考えた。

① 授 業 過 程

生徒に意欲的に学習に取り組ませ、主体的に活動させて授業の目標に到達させるために、授業の流れを課題解決的なものとし、生徒がどのような思考過程をたどって目標に到達するのかを、生徒の実態から予想して組み立てる。

生徒の実態にあわせ、解決の喜びが味わえるような課題を設定して授業を展開することが、学習意欲を喚起することにつながる。

② 課 題 の 提 示

学習の課題は、授業のはじめの段階で生徒に明確に提示し、十分把握させる。確実に把握させるためには、生徒の実態に応じた適切な課題でなければならない。

課題提示に関連して、レディネスとなる知識の定着度から前時までの復習の程度を吟味したり、題材に対する興味・関心の度合いから事象提示の必要性を検討するなどの、導入部の工夫をする。

課題把握が不十分なまま授業を展開すれば、生徒の学習意欲を削ぐことになり、授業の目標も達せられないことになる。

③ 発問・指示や演示実験

生徒が意欲をもって主体的に活動するためには、教師の発問や指示が適切でなければならない。教師は何を引き出したいのか、何をさせたいのか、発問や指示のねらいを明確にし、その意図が生徒にすぐ理解されるように言葉を精選する。

同様に、演示実験も、そのねらいや意図を明確にする。

④ 生徒の活動する場

提示した学習課題を、生徒が自分で考え、自らの力で解決できるような場面を設定する。具体的には、生徒どうして討論する場や発問に対して十分考える場、実験を行う場、実験の結果を整理して考察する場などである。

⑤ 授業過程での評価

教師は、生徒につまずきはないか、授業がねらいどおり進んでいるかを常に確認する必要がある。そのために、授業をいくつかの短い学習単位(分節)に分けて構成し、分節ごとに設定した目標に生徒が達しているかどうかを評価しながら授業をすすめることにする。

分節の目標への到達が不十分である場合を想定し、補充の手だてを計画しておく。

(2) 授業の組立て方

本研究の授業の題材には、理科 I の中から、教師の説明が主となりがちで、論理性の強いものを選定する。このような題材は、生徒の実態を的確にとらえ、それを授業へ十分反映させなければ、生徒を意欲的に学習へ取り組ませることはできないと考えたからである。

授業は、以下の手順で組み立てる。

① 本時の目標の設定

本時の目標を設定し、本時の学習で何が分かり、何ができるようになっていなければならないのかを明らかにしておく。

② 目標の分析と授業過程の想定

本時の目標を、題材のもつ論理性を基に分析し、大まかな授業過程を想定する。

その授業過程をいくつかの分節に区切り、各分節の目標を設定する。

各分節の目標をさらに分析し、そこに到達するまでの道筋とレディネスを明らかにする。

目標分析は、生徒の実態に応じた授業を組み立てるために、必要な手順の一つであると考えられる。

③ 生徒の実態の調査

生徒の実態を、・生徒の活動状況はどうか ・理科の学習への取り組みはどうか ・本時の学習に関するレディネスはどうか の三つの観点から調査する。

④ 調査の結果の分析と考察

調査の結果から生徒の実態を明らかにし、その実態に応じて授業に反映させるべき事項を整理する。

⑤ 学習指導案の作成

想定した授業過程を、生徒の実態にあうように吟味し、本時の学習指導案を作成する。

Ⅲ 研究のすすめ方

1 研究のねらいを確定する。

1年次の成果と課題をふまえ、本年度の研究のねらいを確定する。

2 研究の手順と方法について検討する。

3 基本的な考え方を明らかにする。

研究のねらいに沿って、生徒の実態のとらえ方と、授業の組立て方について検討し、その観点や方法などを明らかにする。

4 研究協力者を依頼する。

県内の四つの高等学校から、1名ずつの理科Ⅰ授業担当者を協力者として依頼し、組み立てた授業を実践してもらう。

5 研究協力者会議を開催する。

研究の趣旨やねらいを説明し、本研究に対する理解と協力を求める。

研究授業終了後、再度協力者会議を開催し、授業に対する意見を聴く。

6 授業の題材を選定する。

研究授業のための題材を、理科Ⅰの中から選定する。

7 生徒の実態を調査する。

基本的な考えに基づいた観点から調査を行い、生徒の実態をとらえる。

8 学習指導案を作成する。

調査によってとらえた生徒の実態を反映させた学習指導案を作成する。

9 授業を実施する。

作成した学習指導案に従って、4校で授業を実施する。それぞれ授業を観察して記録をとる。授業終了直後に、生徒に対して授業についての意識調査を行う。

一つの題材を、実態の異なる二つの学校で実施して、組立て方が、それぞれの生徒の実態に応じたものになっていたかどうかを検討する。

10 授業の分析を行う。

授業観察の記録や授業後の生徒の意識調査、協力者の意見などを基にして、生徒の実態把握の方法と、実態に応じた授業の組立て方の妥当性を検討する。

Ⅳ 研究の内容

1 生徒の実態の把握

(1) 実態把握の方法

昨年度は、レディネスの調査、高校入学選抜学力検査（理科）の結果の分析、研究協力者からの聴き取り、によって生徒の実態を把握した。本年度は情意的な内容にも留意し、基本的な考え方で述べた三つの観点にしたがって、普段の授業を事前に観察すること、研究協力者から聴き取ること、レディネスの調査をすること、によって把握した。

(2) 調査の内容と結果

生徒の実態を調査する具体的な内容とその結果を、「力学的エネルギー保存の法則」の授業を実施したX高等学校第1学年のクラス（男37，女3，計40名）のものを例にあげて述べる。

本研究で授業を実施した他の3校についても同じ手法で調査してある。

ア．生徒の活動状況に関する調査

ホームルームにおける生徒の活動状況に関しては、研究協力者からの聴き取りと普段の授業を事前に観察することによって調べた。調査の項目とその結果は次のとおりである。

調 査 項 目	結 果
ホームルームの全体的なまとめ	- 比較的仲間意識が強く、授業のなかでも常に仲間の発言を認めようとする。 - クラスマッチのときなどはよくまとめ、積極的に参加しようとする。
生活及び学習を向上させようとする意識や態度	- 授業中の私語などはほとんどなく、集中して学習に取り組む。 23%の生徒は卒業後の自分の進路をはっきり言うことができ、全体的に将来への希望をもって生活している。 - 講演会、音楽会などはまじめに聴く。
生活面及び学習面におけるリーダー	- 生徒は、ほぼ同じ程度の能力であり、授業中に際立って優れた発言をする生徒はいない。 - 生活面でも特に目立つリーダーはいない。

イ．理科の学習への取り組みに関する調査

理科の学習への取り組みに関しては、アンケート形式で調査したほか、研究協力者からの聴き取りと普段の授業を事前に観察することによって調べた。調査の項目とその結果は次のとおりである。

ある。

なお、アンケートの結果は、「はい」「どちらともいえない」「いいえ」のうち「はい」と答えた生徒の割合（％）である。

調 査 項 目	ア ン ケ ー ト の 設 問	結 果	観 察 等 の 結 果
・学習内容の理解度	- これまでの運動やエネルギーの学習はよく理解できましたか。 - 授業のとき先生の説明する内容がよく理解できますか。	(％) 28 70	ほとんどの生徒は既習事項の概要を記憶しているようである。
・表現力、発表力	- 先生の発問についていつも発表しようと思いますか。 - また、自分の考えをうまく発表できますか。	48 21	自分なりの考えはもっているが、積極的に発表しようとはしない。
・思考力・洞察力、直観力	先生の発問についていつも正しく考えることができますか。	48	直感的な思考よりも論理的な思考を得意とする生徒が多い。
・観察実験の技能	- 次の実験ができますか。 - 台車を斜面上をころがす実験 - おもりを落下させる実験 - 物体を引き上げる仕事の実験	90 98 95	
・教材への興味・関心	力や運動に関する学習は好きですか。	75	力学関係だけでなく、電磁気など物理関係の教材に興味をもっている生徒が多い。
・学習への意欲や態度	実験などを自分からすすんでしようと思いますか。	98	学習しなければならないという意識は感じられるが、すすんで調べたり質問したりするまでにはいたらない。

ウ．レディネスの調査

レディネスの調査を実施するまでの手順は次のとおりである。

① 本時の目標の設定

本時の目標を設定し、本時の学習で何が分かり、何ができるようになっていなければならない

いのかを明らかにしておく。

自由落下の場合を基にして、運動エネルギーと位置エネルギーは相互に変換されること、及び保存力だけがはたらいているときは、力学的エネルギー保存の法則が成り立つことを説明できる。

② 目標の分析と授業過程の想定

本時の目標を、題材のもつ論理性を基に分析し、おおまかな授業過程を想定する。その授業過程をいくつかの分節に区切る。

④ 第1分節

先生が発泡スチロールの板の上におもりを落下させたとき、板を壊したエネルギーはなんだろうか。

- ・吊してあったおもりのもつ位置エネルギーが、落下するにつれて運動エネルギーに変わり、それが発泡スチロールの板を壊したのだ。

⑤ 本時の学習課題の提示

おもりが落下するにつれて位置エネルギーが減少し、運動エネルギーが増加する。このとき、位置エネルギーの減り方と、運動エネルギーの増え方の間にはどんな規則性があるのだろうか。詳しく考えてみよう。

⑥ 第2分節

質量 10 kg の物体が、 12.25 m の高さから自由落下したときを例にして考えてみよう。最初の位置エネルギーと運動エネルギーの量はそれぞれいくらか。

- ・位置エネルギー U は、 $U = mgh$ だから、 $10 \times 9.8 \times 12.25 = 1200.5\text{ (J)}$ となる。
- ・運動エネルギー K は、 $K = \frac{1}{2}mv^2$ で、 $V = 0$ だから、 $K = 0$ となる。

⑦ 第3分節

この物体が落下するにつれて、位置エネルギーと運動エネルギーの量はそれぞれどうなるかを、落下しはじめてから1秒ごとに (20 m 落下するごとに) 調べてみよう。

- ・1秒ごとに調べたり、 20 m ごとに調べたりして、それぞれの U と K の値が求められる。

⑧ 第4分節

この結果になにか規則性はないだろうか。

- ・どの位置でも、 $U + K = 1200.5$ で同じ値になる。

⑨ 第5分節

このことを一つの法則としてまとめるとどうなるだろう。

- ・自由落下において、位置エネルギーが減少する分だけ運動エネルギーは増加する。つまり、物体が落下するにつれて位置エネルギーが運動エネルギーに変換したと考えられる。したがって空気の抵抗などを考えなければ (言い換えれば、保存力だけがはたらいている場合は)、落下の途中どこでも位置エネルギーと運動エネルギーの和 (この和を力学的エネルギーという。) は、一定になる。このことを力学的エネルギー保存の法則という。

⑩ 調査内容の決定

各分節の目標をさらに分析して、本時の学習に必要なレディネスを全て洗い出す。上にあげた授業過程の第1分節と第2分節の目標を分析した結果を、例として示した。この中で、例えばアの下位目標がイ、オ、スであり、イの下位目標がウであることを表しており、 $R1 \sim R4$ が洗い出されたレディネスである。

このようにして洗い出されたレディネスの中から、それ以前の授業などで把握できるものを除き、残りのものを調査の内容とする。

ア. 演示実験を見て、おもりが落下するにつれて、位置エネルギーが運動エネルギーに変わり、それによって発泡スチロールの板が壊されたことが言える。 (第1分節の目標)

— イ. 動いている物体には運動エネルギーがあり、それによって発泡スチロールの板が壊されたことが言える。

— ウ. 運動している物体のもつエネルギーを運動エネルギーと呼ぶことが言える。 (R-1)

— エ. 他の物体に仕事ができる状態にある物体はエネルギーをもっているということが説明できる。 (R-2)

— オ. 物体が落下するとき、位置エネルギーは次第に減少していき、運動エネルギーが次第に増加していくことを、式を使って説明できる。

— カ. 物体が落下するとき、位置エネルギーは次第に減少していき、運動エネルギーが次第に増加していくことに気づき言える。 (R-3)

— ウ. (R-1)

— キ. 高い所にある物体のもつエネルギーを位置エネルギーと呼ぶことが言える。 (R-4)

— エ. (R-2)

— ク. 高い所にある物体は位置エネルギーをもっており、その大きさは $U = mgh$ で表されることが言える。 (R-5)

— ケ. $U = mgh$ の式で、 U は位置エネルギーを、 m は物体の質量を、 g は重力の加速度を、 h は基準面から物体までの高さを表していることが言える。 (R-6)

キ.	(R-4)
コ. 重力の加速度の意味が説明でき、その大きさは 9.8 m/s^2 であると言える。	(R-7)
サ. 運動している物体は運動エネルギーをもっており、その大きさは $K = \frac{1}{2}mv^2$ で表されることが言える。	(R-8)
シ. $K = \frac{1}{2}mv^2$ の式で、 K は運動エネルギーを、 m は物体の質量を、 v は運動している物体の速度を表していると言える。	(R-9)
ウ.	(R-1)
ス. 位置エネルギーが減少するにつれて、運動エネルギーが増加するとき、位置エネルギーが運動エネルギーに変換していることを推論し言える。	(R-10)
セ. エネルギーは相互に変換するものであると言える。	(R-11)
エ.	(R-2)
ウ, キ	(R-1, 4)
ソ. 最初の位置での位置エネルギーと運動エネルギーの量が求められる。(第2分節の目標)	
ク. 最初の位置での位置エネルギーを計算して求められる。	(R-5)
チ. $U = mgh$ の式に、 $m = 10$ 、 $g = 9.8$ 、 $h = 122.5$ を代入し、 U の値を求められる。	(R-12)
ツ. 最初の位置での運動エネルギーを計算して求められる。	(R-8)
サ.	(R-8)
テ. $K = \frac{1}{2}mv^2$ の式で、 $v = 0$ ならば、 $K = 0$ となることに気づき言える。	(R-13)
ト. 最初の位置では、 $v = 0$ であることに気づき言える。	(R-14)

④ レディネスの調査

必要なレディネスがあるかどうかを知るための調査問題を作成し、調査を実施する。
この授業には生徒実験が予定されていないので、技能的な内容は盛られていない。

設 問	正答率 (%)
1. 落下運動で使う g は何を意味していますか。 また、その値はいくらですか、単位をつけて答えなさい。(R-7)	意味 39 値 92 単位 44
2. 自由落下で、 t 秒後の速さ v と落下距離 X を求める式を書きなさい。(R-21)	速さ v 30 距離 X 25

3. 高さ h の地点にある質量 m の物体の位置エネルギー U を求める式を書きなさい。(R-5)	18
4. v の速さで運動している質量 m の物体の運動エネルギー K を求める式を書きなさい。(R-8)	80
5. 物体が落下するとき、位置エネルギー、運動エネルギーはそれぞれどうなりますか。(R-3)	85
6. $P = AXY$ で、 $A = 5$ 、 $X = 4.9$ 、 $Y = 40$ のとき、 P はいくらになりますか。(R-12)	90
7. $Q = \frac{1}{2}mn^2$ で、 $m = 63$ 、 $n = 0$ のとき、 Q はいくらになりますか。(R-13)	87
8. $X = \frac{1}{2}a \cdot 2bc$ で、 $a = 8$ 、 $b = 3.9$ 、 $c = 41$ のとき、 X はいくらになりますか。(R-28)	85
9. $a = bx$ を x について解きなさい。(R-33)	97
10. $y = \frac{a}{b}$ 、 $X = \frac{1}{2}by^2$ から、 X を a 、 b の式で表しなさい。(R-35)	77

R-21, 28, 33, 35 は第3分節以降のレディネスである。

(3) 生徒の実態と授業に反映させるべき事項

調査の結果から、とらえた生徒の実態と、その実態に応じて授業に反映させるべき事項をまとめると次のようになる。

ア. 生徒の実態

- ・学級の雰囲気は良く、特に変わった言動をする生徒はいない。
- ・授業のなかで自分の考えなどを積極的に発表しようとする気持はあまりみられない。しかし、発問に対しては自分なりの答を準備しようとしており、常にまじめに学習しようとする意識が

ある。

- ・力や運動に関する教材については、興味をもっている生徒が多いが、むずかしいと感じている生徒も多い。
- ・本時の学習に関する実態は次のとおりである。
 - ① エネルギーの意味やエネルギーが変換することは、ほとんどの生徒が理解していると思われる。しかし、位置エネルギーや運動エネルギーの意味をよく理解していない生徒もいる。
 - ② 自由落下の速さや落下距離を求める公式を思いだせるのは、70%弱である。
 - ③ 運動エネルギーを求める公式を20%の生徒が正しく書くことができない。なお、位置エネルギーを求める公式はまだ学習していないが、授業を考えるうえでの参考として調査した。
- ④ g の大きさが9.8であることはほとんどの生徒が理解している。しかし、 g が「重力の加速度」であることや g の単位を正確に言えるのは半数に満たない。
- ⑤ 位置エネルギーや運動エネルギーの公式に具体的な数字をあてはめて計算することにはあまり抵抗はなさそうである。しかし、少数点のつけ違いなどの計算ミスをする生徒が18%ほどいる。

イ 実態に応じて授業に反映させるべき事項

生徒の実態に応じて授業に反映させるべき事項を各分節ごとにまとめると次のようになる。

- ・第1分節： g の意味や単位、位置エネルギーや運動エネルギーの意味や公式など、既習事項をきちんとおさささせる。特に、エネルギーの変換を意識していないと思われる生徒に指名するなどの配慮が必要である。
- ・第2分節：位置エネルギーや運動エネルギーの求め方に自信のない生徒のために、具体例をあげて説明をしながらエネルギーを求めさせる。
- ・第3分節：生徒の思考を深め、主体的な活動ができるよう、特に留意して授業をすすめる。そのために、落下の途中のエネルギーを求めるのに距離で区切るか時間で区切るかは、個々の生徒の判断にまかせ、それぞれの考え方でエネルギーの変化を求めさせる。また、自由落下の速さや落下距離の求め方をあらかじめ復習しておくとともに、正しく使っているかどうかを個々について確認し、指導する。
- ・第4分節：計算で得られたデータから、エネルギーの変換や保存についての法則性を発見させることはそれほど困難ではないと判断される。したがって、生徒の多様な考えを引き出すように発問を工夫する。
- ・第5分節：生徒の考えを引き出すように発問を工夫するとともに、生徒の反応をみながら、必要に応じて考えを誘導し、法則をまとめさせる。

2 生徒の実態に応じた授業の組立て

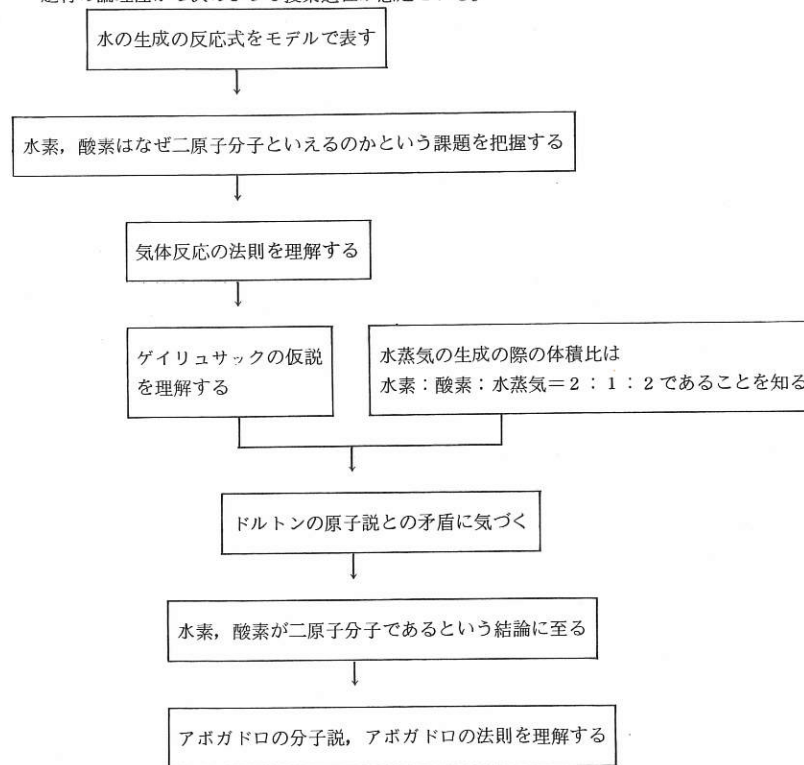
ここでは、「生徒の実態の把握」で述べてきた手法でとらえた生徒の実態と、それに応じてどのように授業を組み立てたかを示す。

「アボガドロの分子説」を題材として、Y校（第1学年 男27、女18、計45名）とZ校（第1学年 男13、女18 計31名）の2校で、それぞれの生徒の実態に応じて学習指導案を作成し授業を実施した。

既にドルトンの原子説についての学習を終えているものとして、本時の学習内容を、気体反応の法則からゲイリュサックの仮説、アボガドロの分子説、アボガドロの法則までとして、目標を「気体の粒子を単原子分子と考えるとドルトンの原子説に矛盾することに気づき、その矛盾は気体の粒子を二原子分子と考えることによって解決されることが指摘できる。」と設定した。

(1) 題材の論理性に基づいた授業過程

題材の論理性から次のような授業過程が想定される。



(2) 把握した生徒の実態

ア. 聴き取りと普段の授業の観察の結果

〈Y高等学校〉

- ・明るく活発でまとまりはあるが遊びの雰囲気があり、学校生活を楽しんでいる面がある。
- ・ホームルームの中ではまじめな話にはあまりのってこない。指名されれば時には建設的な意見が出ることもある。
- ・中学校で学習した内容についてはかなり定着している。日常の学習はやらなければいけないという意識はもっているが、家庭での学習は十分ではない。家庭学習は英語、数学、国語が中心である。ホームルーム内の学力差は比較的小さい。
- ・理科の学力差は他教科に比べて小さい。男子生徒にしっかり取り組んでいる者がみられるが、一般に女子の取り組みが不十分である。
- ・論理的に考える力はかなりついている。
- ・説明が主体となる授業では話を聞きながす傾向がある。具体的な例をあげないと内容が定着しない。
- ・前時の学習内容を思い出すのに時間がかかる。

〈Z高等学校〉

- ・全体的に素直で、学校行事などへの取り組みは積極的である。
- ・ホームルームでの話し合いなどは活発な方で、まとまりはあるが、自分の考えをはっきりもっていないので集団の中で迎合してしまう傾向がある。
- ・教師の話を聞く態度は良好であるが、授業の中では集中できる時間が短い。
- ・まじめな取り組みをする生徒はいるが、ホームルーム全体に影響を及ぼすまでには至っていない。
- ・ホームルームの中に非常に落着きのない生徒が1人、その生徒に迎合する生徒が1人おり、時折授業の雰囲気をかきみだすが、特に悪意はみられない。周囲の生徒はそれにあまり惑わされないようにつとめている。
- ・中学校で学習した内容の定着度は低い方である。ホームルーム内の学力差はかなり大きい。
- ・一般に文章の読解力が弱く、教科書や問題を読んでも内容を理解できないことが多い。表現力の貧弱な生徒もおり、言葉で自分の考えを的確に表現できないこともある。
- ・感覚的、視覚的なものに興味を示す。論理的なものの見方や考え方には慣れていない。
- ・実験に取り組む態度は良く、時折夢中になることもあるが、必ずしも実験の目的を把握しているとはいえない面がある。

イ. レディネス調査の結果

本時の授業にかかわって両校で実施したレディネス調査の項目とその結果を次に示す。

(注：設問1～3では正答率%，設問4では回答率%)

調 査 項 目		結 果	
		Y 校	Z 校
1. 次の元素の原子記号を書きなさい。 炭 素, 酸 素, 水 素, 窒 素	炭 素 C	9 8	4 8
	酸 素 O	1 0 0	7 8
	水 素 H	1 0 0	7 4
	窒 素 N	7 6	3 5
2. 次の化学式を粒子モデルで表しなさい。 (水素原子は○, 酸素原子は●) 2 H, H ₂ , H ₂ O	2 H ○ ○	6 4	3 5
	H ₂ ○○	8 9	6 8
	H ₂ O ○●○	8 9	7 1
3. 水を電気分解したときの化学反応式を書きなさい。	2H ₂ O→2H ₂ +O ₂	5 6	1 0
4. 次の各設問について、該当するものを選びなさい。(* 正 解)			
(1)炭素を酸素と反応させると、炭素原子の数はどうなりますか。	減 る	1 1	2 9
	増 える	4	2 9
	*変 らない	8 4	3 9
(2)炭素を酸素と反応させると、全体の重さは反応前と比べて反応後はどうなりますか。	減 る	0	1 6
	増 える	3 3	5 2
	*変 らない	6 7	3 2
(3)水素ガスを燃やしてできた水と、プロパンガスを燃やしてできた水を比べると、原子の組み合わせはどうなりますか。	異 なる	2 2	5 8
	*同じである	7 6	3 2
	どちらともいえない	2	6
(4)液体の水と水蒸気では、原子の組み合わせはどうなりますか。	異 なる	1 6	3 9
	*同じである	8 0	5 5
	どちらともいえない	4	3
(5)同じ重さで比較すると、液体の水と水蒸気では体積はどうなりますか。	*異 なる	8 7	5 8
	同じである	1 1	2 6
	どちらともいえない	2	1 0
(6)純粋な酸素の中で火花をとばすと、どうなりますか。	燃 える	5 3	6 5
	*燃 え ない	4 0	2 6
	どちらともいえない	4	3

調 査 項 目			結 果	
			Y 校	Z 校
(7)純粋なプロパンガスの中で火花をとばすと、どうなりますか。	燃える		60	45
	*燃えない		27	32
	どちらともいえない		7	19

(3) 実態に応じた授業過程の吟味

ア. 生徒の実態に応じて授業に反映させるべき事項

〈Y高等学校〉

- 普段の授業に対する取り組みは良いが、本時では授業のはじめに生徒の考えをうまく引き出すことが大切なので、最初の演示実験を効果的に行えるように工夫する。
- 一部の生徒に興味・関心の低い傾向がみられるので、授業に変化をもたせ、学習に興味をもたせるようにする。
- 説明を聞きながら生徒が多いので、発問を具体的なものにしたり、説明した内容を定着させるための学習プリントを使ったりして、授業に集中させていく。

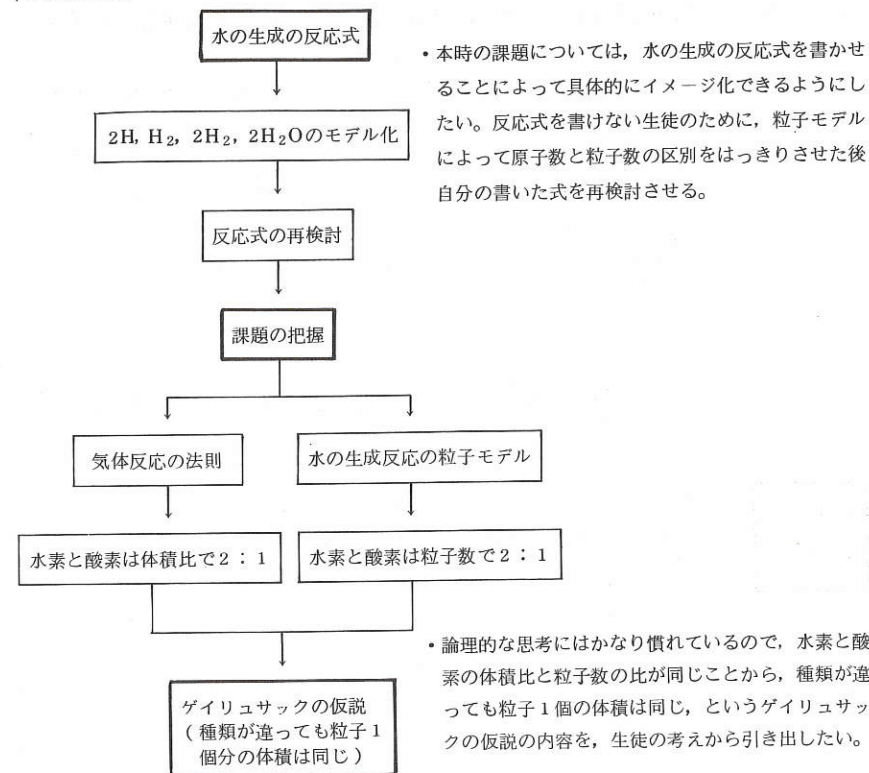
〈Z高等学校〉

- 授業のはじめに行う演示実験から、生徒の考えをうまく引き出せるように工夫し、その思考活動を中断させないように、教師の援助を適切に組み入れる。
- 落着きのない生徒を演示実験で手伝わせるなどして授業に引き入れていく。
- 発問や板書などはできるだけ平易な言葉で具体的に表現する。考えたことを的確に表現できない生徒もいるので、指名した生徒の答については、その生徒の様子を見ながら考えたことを言葉で引き出すように誘導していく。
- 論理的な思考を必要とする部分については、思考をすすめるための前提となる事項を整理してやる。
- ものごとに集中できる時間が短いので、演示実験を随時取り入れ、新たな動機づけをしながら興味をつないでいく。

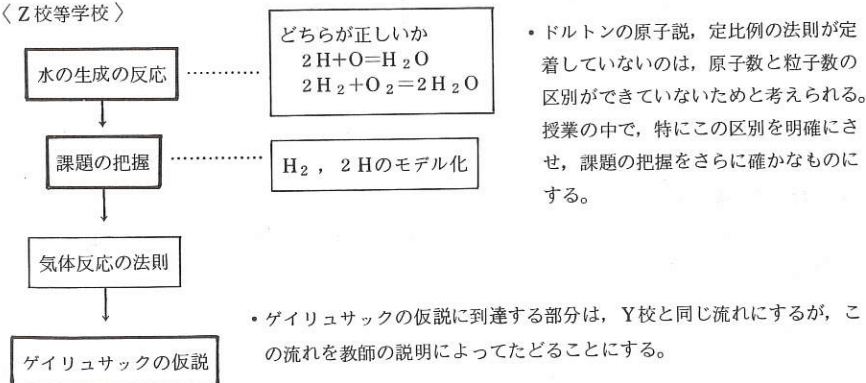
イ 授業過程の組立て

想定した授業過程の中で、実態に応じて組み立てた部分を示す。両校に共通しているところは別に示した。なお、太枠で示した部分が想定した授業過程に示してある項目に対応するところである。

〈Y高等学校〉

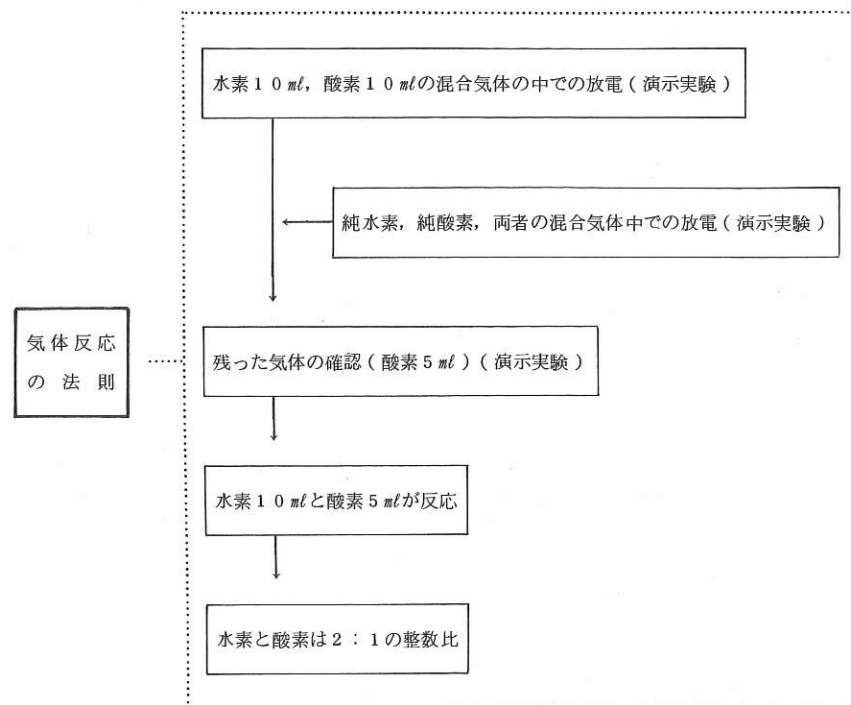


〈Z校等学校〉



〈両高等学校に共通〉

- 気体反応の法則は具体的な事象を提示しないと把握されにくいと考えたので、水素と酸素が2 : 1の体積比で反応することを調べられるような演示実験を取り入れた。
- 純粋な酸素やプロパンガスの中で放電すれば気体は燃えると考えている生徒が多いので、純水素、純酸素および混合気体の中で放電させてその誤りを正す。



(4) 授業過程

とらえた生徒の実態に応じて構成した授業の過程を、Y校とZ校を対比させながら次に示す。
特に両校で違いがある部分には下線を付した。

〔Y校〕 分節の目標	過 程 (※教師の指示)	〔Z校〕 分節の目標	過 程 (※教師の指示)	留 意 事 項
1. 気体の水素、酸素はどうして二原子分子でなければならないか、という本時の課題をとらえる。	* 水素と酸素から水ができるときの反応式を書かせる。 * 2H , H_2 , 2H_2 , $2\text{H}_2\text{O}$ についてモデルで表させ、原子数と粒子数について正しくとらえさせる。 * 反応式を再検討させる。 * 気体の水素や酸素は、なぜ二原子の結合した形をしていると考えられるようになったかという本時の課題をとらえさせる。	1. 気体の水素、酸素はどうして二原子分子でなければならないか、という本時の課題をとらえる。	* 水素と酸素から何ができるかを考えさせる。 * 教師の板書した二つの反応式のどちらが正しい式かを判断させる。 [板書] (a) $2\text{H} + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ (b) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ * 正しいのは(b)の式だが、なぜ(a)は正しくないのかという本時の課題を与える。	* 化学反応式については、Y校では半数以上の生徒が正しく書けるが、Z校では殆んど書けない。Y校では水の生成する反応式を生徒に書かせることにしたが、Z校では生徒に書かせることは要求せず、教師が正しい式と単原子の式を示し、どちらが正しい式かを判定させることにとどめた。
2. 演示実験から水素と酸素が反応するときのそれぞれの気体の体積を言うことができる。	[演示実験] 水素 10 ml, 酸素 10 ml を封じこんで水上に逆さに立てたビニール管の中で放電によって点火する。 * 水が侵入したのは反応した水素と酸素が液体の水になったからということを明確に認識させる。 * 残りの気体の体積を読みとらせる。(5 ml) * 残った気体は水素か酸素のいずれかであることを気づかせる。 [演示実験] 純水素、純酸素、混合気体の中で放電させる。 * 演示実験から混合気体中での放電のときのみ反応することを確認させる。 * 残った気体の確認に水素または酸素を入れて放電する方法もあることに気づかせる。 [演示実験] 残った気体に水素を入れて放電させる。 * 残った気体は酸素であることを明示させる。 * はじめ水素と酸素が 10 ml ずつあったことから、反応したのは水素 10 ml と酸素 5 ml であることを明示させる。	2. 水素と酸素を単原子分子として、二つの反応を粒子モデルで書き表し、水素と酸素が 2 : 1 の比で反応することが指摘できる。	* 2H と H_2 をモデルで表させる。 * $2\text{H} + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ を粒子モデルで表させる。 * 水素と酸素が何個と何個反応するかを判断させる。 * 100個の水素は何個の酸素と反応するかを考えさせる。 * 水素の粒子と酸素の粒子はどんな割合で反応するかを考えさせる。 [演示実験] 水素 10 ml, 酸素 10 ml を封じこんで水上に逆さに立てたビニール管の中で放電によって点火する。 * 水が侵入したのは中の気体が減少したからということを明確に認識させる。 * 常温で水は液体であることを考えあわせて、減少分は反応した水素と酸素の分であることを明確にさせる。(5 ml) * 残った気体の体積を読みとらせる。(5 ml) * 残った気体は水素か酸素のどちらかであることを気づかせる。 * 残った気体は水素か酸素のどちらかを調べるのにマッチで火をつける方法があることを思い出させる。 [演示実験] 純水素、純酸素にマッチで点火する。 [演示実験] 純水素、純酸素、混合気体の中で放電させる。 * 演示実験から、残った気体の確認に水素または酸素を入れて放電する方法もあることに気づかせる。 [演示実験] 残った気体に水素を入れて放電させる。 * 残った気体は酸素であることを明示させる。 * はじめ水素と酸素が 10 ml ずつあったことから、反応したのは水素 10 ml と酸素 5 ml であることを明示させる。	* 両校ともに原子数と粒子数の区別があいまいである。特にZ校ではドルトンの原子説や定比例の法則が定着していないのは、ここに原因があると考えられる。そこでZ校では、特にこの区別をつけるための分節(第2分節)を設けた。Y校では第1分節でその区別を明確にさせてから、前に書いた水の生成の反応式を再検討させる。
3. 水素と酸素の反応で気体の種類が異なっても粒子数と体積が比例することからゲリュサックの仮説が成り立つことを知り、それを応用できる。	* 反応する水素と酸素の体積は 10 ml と 5 ml であることから、体積比は 2 : 1 であることを明示させる。 * $2\text{H} + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ を粒子モデルに表させる。 * 水素と酸素は粒子数でも 2 : 1 で反応することを確認させる。 * 反応する水素と酸素の体積は 10 ml と 5 ml であることから、体積比は 2 : 1 であることを明示させる。 * 水素と酸素は粒子数、体積比ともにちょうど 2 : 1 で反応することから、二種の気体は種類は異なっても各 1 個分の体積は同じであることを指摘させる。 * 見方を変えれば、気体の種類は異なっても同じ体積には同じ数の粒子が含まれることになることに気づかせる。 * 100万個の水素と 100万個の酸素の体積について考えさせる。 * このことはどんな種類の気体についても成立し、ゲリュサックの仮説と言われることを知らせる。 * 水素と酸素から水蒸気ができるときの反応の体積比は 2 : 1 : 2 であることを前提として 100万個の水素は何個の酸素と反応して何個の水蒸気を生じるかを考えさせる。	4. 水素と酸素の反応で気体の種類が異なっても粒子数と体積が比例することからゲリュサックの仮説が成り立つことを知りそれを応用できる。	* 反応する水素と酸素の体積は 10 ml と 5 ml であることから、体積比は 2 : 1 であることを明示させる。 * 水素と酸素は粒子数、体積比ともにちょうど 2 : 1 で反応することから、二種の気体は種類は異なっても各 1 個分の体積は同じであることを説明し、見方を変えれば同体積には同数の粒子が含まれることを理解させ、これはどんな気体についても成立し、ゲリュサックの仮説と言われていることを知らせる。 * 5 l の酸素と 5 l の二酸化炭素の中の各粒子数は同じことに気づかせる。 * 水素と酸素から水蒸気ができるときの反応の体積比は 2 : 1 : 2 であることを前提として 100万個の水素は何個の酸素と反応して何個の水蒸気を生じるかを考えさせる。	* Z校では、放電による酸素の確認の方法を思いつくのは容易でないことも考慮して、過去の体験と結びつけて考えられるように、マッチで点火する方法も取り入れた。Y校では、放電による方法のみとした。
4. 水素、酸素、窒素の粒子を単原子と考えて反応を粒子モデルで表すと、原子を分割しなければならないことから、それらの粒子を二原子が結合したものと考えればよいことを指摘できる。	* 水素、酸素を単原子分子として、水素と酸素から水蒸気が生ずる反応について、粒子数に注意しながら粒子モデルで表させる。 * ドルトンの原子説を考えあわせると、水素、酸素ともに二原子の結合したものと考えなければならないことに気づかせ、それを指摘させる。 * 窒素と酸素から一酸化窒素ができる反応は体積比 1 : 1 : 2 ということを前提として同様に考えさせる。 * このような考えを提唱したのがアボガドロという人で、このことに基づいてゲリュサックの仮説は一部訂正されアボガドロの法則となっていることを知らせる。	5. 水素、酸素を単原子分子と考えて水素と酸素から水蒸気が生ずる反応を粒子モデルで表すと、原子を分割しなければならないことから、水素と酸素の粒子を二原子が結合したものと考えればよいことに気づく。	* 水素、酸素を単原子分子として、水素と酸素から水蒸気が生ずる反応について粒子数に注意させながら粒子モデルで表させる。 * ドルトンの原子説を考えあわせると、水素、酸素ともに二原子の結びついたものと考えなければいけないことに気づかせる。 * このような考えを提唱したのがアボガドロという人で、このことに基づいてゲリュサックの仮説は一部訂正され、アボガドロの法則となっていることを知らせる。	* 論理的な見方や考え方については、Y校ではかなり慣れているが、Z校では強い抵抗がある。ゲリュサックの仮説の内容については、Y校では生徒の思考から引き出すことにしたが、Z校では教師の説明により理解させることにした。 * 水素、酸素が二原子分子だという結論は、生徒の考えから引き出したところだが、論理的思考の苦手なZ校では教師の説明によって理解させることもやむを得ない。 * Y校では、二原子分子という考えは水の生成以外の反応からいえることを理解させるため、一酸化窒素の生成反応についても考えさせる。

水素と酸素が 2 : 1

多いので、純水素、

験)

電(演示実験)

ながら次に示す。

3 授業の分析と考察

(1) 授業を分析し考察する視点

生徒の実態に応じた授業の組立てを考え、実践してきたが、ここでは、授業における生徒の反応や授業後の意識調査の結果を基にして、次の視点から授業を分析する。

- ① 本時の学習課題を把握させ主体的に学習しようとする意欲をもたせたか。
- ② 発問や演示実験など、生徒へのはたらきかけが妥当であったか。
- ③ 生徒が主体的に考え活動する場面の設定は良かったか。
- ④ 授業のなかでの評価がうまく機能していたか。

以上の分析から、生徒が意欲的に取り組める授業の流れであったか、及び、生徒の実態に応じた授業の組立てになっていたかを判断する。

(2) 実践の記録

ア. 授業の記録

Y校及びZ校での授業から、本時の目標と直接かかわりのある「学習課題をとらえる」「水素と酸素が反応するときのそれぞれの気体の体積を言うことができる」「水素や酸素の粒子を二原子が結合したものと考えつく」の三つの分節についての授業の記録を示す。

このなかの抽出生徒A, B, C, Dはそれぞれ次の基準で抽出し、観察した生徒である。

抽出生徒A：普段の理科の成績が比較的良好な生徒

抽出生徒B：普段の理科の成績が中くらいで、授業中の活動が目立つ生徒

抽出生徒C：普段の理科の成績が中くらいで、授業中の活動が目立たない生徒

抽出生徒D：普段の理科の成績が比較的低い生徒

〈Y高等学校〉

教師のはたらきかけ	生徒の反応
〔第1分節〕 T ₁₋₁ 水素が燃えるときの反応式をノートに書いてみてください。	P ₁₋₁ 抽出生徒A, C, Dをはじめ半数くらいの生徒が $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ と正しく書く。抽出生徒Bは板書の写しとりが遅く書かないでしまう。
T ₁₋₂ いろんな式を書いていますね。それらの違いをはっきりさせるために 2H と H_2 のモデルと原子の数、粒子の数を考えて書いてみてください。	P ₁₋₂ 抽出生徒A, Dをはじめ7～8名がモデルを正しく書く。粒子数、原子数はほとんどの生徒が書けない。Aは書けないのではなく、教師の指示が分からなかったようである。

教師のはたらきかけ	生徒の反応
T₁₋₃ (生徒MとNに指名して黒板に書かせる。) こう書いた人は? T₁₋₄ (2HとH₂の違いをモデルで説明する。) では、2H₂と2H₂Oをモデルに書き、原子の数、粒子の数も書いてみてください。 T₁₋₅ (生徒Yに指名して黒板に書かせる。) Y君と同じに書いた人は? T₁₋₆ 反応式で左辺と右辺の原子の数が同じになるように式を書くと、 (2H+O→H₂O, 2H₂+O₂→2H₂Oの二つの式を板書し)この二つが考えられますね。 2H+O→H₂Oと書いた人は? T₁₋₇ 2H₂+O₂→2H₂Oと書いた人は? T₁₋₈ 実は、原子の考え方を初めてだしたドルトンも2H+O→H₂Oのように考えたのです。それが後で2H₂+O₂→2H₂Oのように書くのが正しいことが分かったのです。どんな道筋を経てそうなったのか。この時間はそこを考えてみたいのです。 (本時の学習課題を板書する。)	P₁₋₃ MとNはともに全部を正しく書く。 手を挙げたのは数名である。 P₁₋₄ 抽出生徒A, B, Dをはじめ半数くらいの生徒が正しく書く。抽出生徒Cは原子数を両方とも2と書き、指名された生徒が黒板に「4,6」と書いたのを見て、「アッ」と言って書き直す。 P₁₋₅ Yは正しく書く。 抽出生徒A～Dをはじめ半分ほどの生徒が挙手する。 P₁₋₆ 挙手した生徒はいない。 P₁₋₇ ほとんど全員挙手する。 P₁₋₈ 板書した課題をノートに写す。
[第2分節] T₂₋₁ これに、反応式を書いてもらった水素と酸素を入れて実際に反応させてみようと思います。(管の中に酸	

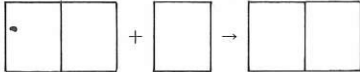
教師のはたらきかけ	生徒の反応
素と水素を10mlずつ入れ、点火する。) T₂₋₂ ああびっくりした。何ml残った? T₂₋₃ どうして15ml減ったのでしょうか。 T₂₋₄ 水になるとどうして減るの? T₂₋₅ つまり、水の状態は? T₂₋₆ (水は液体であり、管に残っているのは気体であることを指摘し)ここに残っているのは何だろうか。二酸化炭素だと思う人は? T₂₋₇ どうして二酸化炭素でないことが分かるの? T₂₋₈ (二酸化炭素でないわけを炭素原子から説明し)だとすると、可能性があるのは何だろうか。 T₂₋₉ 水素の可能性もあると思う人は? T₂₋₁₀ どうすれば、酸素か水素かを調べられるだろうか。 T₂₋₁₁ (残った気体に点火し、火がつかないことを確かめる。さらに、純粋な酸素と水素にそれぞれ点火し反応しないことを確かめる。)これでは分からないね。もっと別の方法はないだろうか。 T₂₋₁₂ (生徒の発表どおりに演示する。) T₂₋₁₃ 管の中に残っているのは酸素であることが分かりましたね。とすると水素と酸素はどんな割合で反応したことになりますか。	P₂₋₁ 全員が真剣に見ている。点火した瞬間に「おー、うわー。」の音があがる。 P₂₋₂ 「5mlです。」 P₂₋₃ 「酸素と水素が反応して水になったからです。」 P₂₋₄ 「……………」指名されても答えられない。 P₂₋₅ 「液体です。」 P₂₋₆ 挙手なし。二酸化炭素でないことはほとんどの生徒が分かっているようである。 P₂₋₇ 「……………」指名されても答えられない。 P₂₋₈ 「酸素です。」抽出生徒A～Dをはじめほとんどの生徒は酸素であることを感じとっていたようである。 P₂₋₉ 反応した生徒はいない。 P₂₋₁₀ 「もう1回点火してみたらよいと思います。」 P₂₋₁₁ 抽出生徒B「酸素であるとするれば、水素を入れてやれば点火するはずです。」 P₂₋₁₂ 点火した瞬間「うわー。」 P₂₋₁₃ 「水素10ml, 酸素5mlです。」 「2:1の割合です。」

教師のはたらきかけ	生徒の反応
〔第4分節〕 T₃₋₁ この場合の反応についてモデルで考えてみましょう。最初ドルトンが考えたように(図1を示し), こういう反応式を考えたらどうなるでしょうか。 T₃₋₂ 水も二つできなければならない。そうすると酸素が半分に分かれなければならないくなります。 T₃₋₃ これはドルトンの原子説と矛盾することになります。では, どうすればよいでしょうか。自分で書いてみてください。 T₃₋₄ だいたい書けましたね。(図2を示し) こういうふうにつく結びついていると考えれば矛盾が解決するわけです。	図1  図2  P₃₋₃ 抽出生徒Aはすぐ正しいモデルを書く。抽出生徒B, Cも正しく書く。抽出生徒Dは自分では書けず, 板書したのを見て書く。数名を除き, ほとんどの生徒は自力で書けた。

〔Z 高等学校〕

〔第1分節〕 T₁₋₁ 水素の原子記号は何だっけ。 E君。 T₁₋₂ 酸素は? T₁₋₃ 水素と酸素を反応させたら何になるの。 T₁₋₄ (反応式を $H+O \rightarrow H_2O$ と板書し) ちょっとおかしいかな。水素は何個いるの。 T₁₋₅ どこに書けばいいの? T₁₋₆ (前の式のHを2Hとした後, $H_2+O \rightarrow H_2O$ と板書し) こんな書きかたもあるかもしれませんね。これでいいかな? T₁₋₇ 実は正式に書くと, ($2H_2+O_2 \rightarrow H_2O$ と板書し) こう	P₁₋₁ 「Hです。」 P₁₋₂ 「Oです。」 P₁₋₃ 「水です。」抽出生徒A~Dをはじめほとんどの生徒は知っていたようである。 P₁₋₄ 「二つです。」 P₁₋₅ 「Hの前で, 2Hです。」 P₁₋₆ 抽出生徒D「前にモデルなどを書いたとき, 水素を二つ, 酸素を一つ書きましたので, $2H+O \rightarrow H_2O$ でよいと思います。」 「わたしもそう思います。」
---	---

教師のはたらきかけ	生徒の反応
なるのです。だけど, いきなりこんな式でできたって, なぜこうなるのか分からない。それで今日は, なぜこうなるのかを勉強してみたいのです。 (本時の学習課題を板書する。)	P₁₋₇ 板書した課題をノートに写す。
〔第3分節〕 T₂₋₁ 水素と酸素を反応させてみたいと思います。(管の中に酸素と水素を10mlずつ入れ点火する。) T₂₋₂ 何ml残った? T₂₋₃ どうして水が上っていったの。 T₂₋₄ 何ができたのだろう。 T₂₋₅ 水はどこにいったの。 T₂₋₆ (水が上ったわけを説明し), じゃ, 残った気体は何だろう。酸素だと思う人? T₂₋₇ 水蒸気だと思う人は? T₂₋₈ 入れたのは酸素と水素だから, それ以外には考えられないね。(純粋な酸素と水素をそれぞれ管に取り, 点火しても反応がないことを演示して示す。) T₂₋₉ 酸素か水素かを調べるにはどうするんですか。(水素はマッチで, 酸素は線香で調べる方法を演示しながら説明する。) T₂₋₁₀ いよいよ残った気体は何であるかが分かる瞬間です。(マッチの火を	P₂₋₁ 点火するように言われた生徒W「うわあー, おっかない。」と言いながらスイッチを押す。点火したとたん「わあー」という声があがる。W「おれ見ていなかった。」全員大笑いする。 P₂₋₂ 「5mlです。」 P₂₋₃ 抽出生徒B「……………」指名されたが答えられない。 P₂₋₄ 抽出生徒A「水です。」 P₂₋₅ 「……………」 P₂₋₆ 挙手した生徒はいない。 P₂₋₇ これにも挙手した生徒はいない。 P₂₋₈ 全員の視線が教師の手元を集っており, 真剣に見ている。 P₂₋₉ 「マッチで火をつけると分かります。」

教師のはたらきかけ	生徒の反応
近づけて反応がないことを確かめる。)水素ですか。 T₂₋₁₁ 今度は線香を入れる。炎をあげて燃えだす。 T₂₋₁₂ そうすると10 ml ずつ入れたうち燃えたのは水素10 ml, 酸素の方は? T₂₋₁₃ そうだよ, 水素10, 酸素5が反応したのだよ。何対何になる?	P₂₋₁₀ 全員真剣に見ている。 「違います。」 P₂₋₁₁ 燃えた瞬間「うわあー」 P₂₋₁₂ 「5 ml です。」抽出生徒A~Dをはじめ多くの生徒が理解したようである。 P₂₋₁₃ 「2 : 1 です。」
〔第5分節〕 T₃₋₁ 酸素, 水素, 水蒸気を粒子モデルで書いてみましょう。 (図1を示し)この中にモデルを書いてください。 (図2のように板書し, 右辺を示して)ここはどうしたらよいと思う? T₃₋₂ これドルトンの原子説に合わせるとどうですか。 T₃₋₃ (図3を示して)これでよいかなこれはH₂O じゃなくて, HOの2倍になるからだね。 T₃₋₄ じゃ, どうするか。(図4を示して)こう考えればうまく説明できますね。	図1  図2  P₃₋₁ 抽出生徒A「酸素を半分の黒丸で書けばよいと思います。」 P₃₋₂ 「あわない。」 図3  P₃₋₃ 抽出生徒B~Dをはじめ多くの生徒は板書事項をノートに写している。 図4 

イ. 授業後の調査とその結果

次の表は, Y校及びZ校において, 授業直後に生徒を対象として実施した調査の内容と結果である。この調査の8~12の設問は, 分節の目標が達成されているかどうかをみるために, Y, Z両校の授業の分節の目標に対応させてある。また, 13, 14の設問は本時のねらいとしたことを理解しているかどうかをみるためのものである。1~8は両校に共通した設問である。9以降はY校とZ校で設問の内容が多少違っているため設問の初めにY校またはZ校と記した。

なお, 設問1~12の回答欄の1は「はい」, 2は「どちらともいえない」, 3は「いいえ」と答えた生徒の割合(%)であり, 設問13, 14の回答欄の1は正答者, 3は誤答者, 無答者の生徒の割合(%)である。また, A~Dは抽出生徒である。

設 問	学 校 名		Y 校			Z 校		
	回 答		1	2	3	1	2	3
1. この時間はおもしろかったですか。			91 A, B C, D	7	2	97 A, B C, D	3	0
2. この時間で勉強したことを, もっとくわしく調べてみたいと思いますか。			25 A	43 B	32 C, D	29 D	58 A, B C	13
3. この時間では考える時間がありましたか。			68 A, B C	20 D	11	55 A, C D	35 B	10
4. 先生の説明したことを理解することができましたか。			98 A, B C, D	2	0	87 A, B C, D	13	0
5. やる気をもって勉強することができましたか。			77 A, C	16 B, D	7	90 A, B C, D	10	0
6. 先生の説明したことをじっくり考えることができましたか。			70 B	27 A, C D	2	58 A, B C, D	35	6

設 問	学 校 名 回 答	Y 校			Z 校		
		1	2	3	1	2	3
7. この時間に勉強した内容を理解することができましたか。	91 A, B C	9 D	0	81 A, B C, D	19	0	
8. 今日の勉強のはじめに、「水素や酸素が二つの原子の結合したものと考えられるようになった理由がわかればよい。」ということをつかむことができましたか。	82 B, C	7 A, D	11	74 A, C D	19 B	6	
9. Z校: $2\text{H} + \text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ を粒子モデルで書き、水素100個と何個の酸素が反応するのかがわかりましたか。				97 A, B C, D	3	0	
10. Y校: 実験で5 mlの酸素が残ったことから、水素と酸素はそれぞれ何mlずつ反応したかを言うことができましたか。 Z校: 実験で5 mlの酸素が残ったことから、水素何mlと酸素何mlが反応したのかがわかりましたか。	91 A, B C, D	7	2	93 A, C D	6 B	0	
11. Y校: 水素と酸素の反応は、粒子数が2:1、体積比も2:1ということから、気体の種類が違っていても同体積には同数の粒子が含まれていることが理解できましたか。 Z校: 100万個の水素は何個の酸素と反応して何個の水蒸気ができるかを言うことができましたか。	82 A, B	11 D	7 C	77 A, C D	23 B	0	
12. Y校: 気体の水素や酸素が一つの原子ではなく、二つの原子の結合したものと考えられるようになった経過がわかりましたか。 Z校: 気体の水素や酸素が一つの原子ではなく、二つの原子が結合したものであると考えられた理由がわかりましたか。	86 A, C D	9 B	5	58 A, C D	35 B	6	
13. Y校: 5 lの酸素と2 lの二酸化炭素がある。この酸素が、30万個の酸素分子を含むとすれば、2 lの二酸化炭素には何個の分子が含まれているか。 Z校: 2 lの酸素と1 lの二酸化炭素がある。この酸	55 B, C		45 A, D	71 A, B		29 C, D	

設 問	学 校 名 回 答	Y 校			Z 校		
		1	2	3	1	2	3
素が40万個の分子を含むとすれば、二酸化炭素の分子数はいくらか。							
14. Y校: 水素と酸素から水蒸気が生ずる反応を水素、酸素を一つの原子と考えてモデル化すると、どんな問題が生ずるか、また、その問題を解決するにはどう考えればよいか。 Z校: 次の()をうめよ。 ドルトンの考えた(ア)は、それ以上分けることのできない粒子である。水素と酸素の粒子を一つの原子と考えると、水蒸気のできる反応をモデルであらわすと(イ)原子を分割しなければならないので、はじめから酸素を(ウ)個の原子の結合した形をしていると考えればよい。	68 A, B C		32 D	(ア) 87 A, B C		13 D	
				(イ) 52 A, C		48 B, D	
				(ウ) 61 A, C D		39 B	

(3) 授業の分析

ア. 学習課題の把握について

Y校では、第1分節において「 2H 」と「 H_2 」の意味を粒子モデルでおさえさせてから本時の学習課題を提示した。授業の記録のP₁₋₆、P₁₋₇の反応からほとんどの生徒が正しい反応式を知っていたことがうかがえる。また、授業後の意識調査の設問8「勉強のはじめに(本時の学習課題を)つかむことができましたか」に対して82%の生徒が「はい」と答えており、ここでねらった「単原子分子と二原子分子の違いを知り、なぜ二原子分子でなければならないのか」を学習するのだということを大部分の生徒は意識したものとする。

Z校の授業の記録でP₁₋₆(抽出生徒D)の発言は、なんとなくそんな式を見たことがある、という程度のものであろうが、これに対しての賛成意見もあり、このクラスの代表的な考え方であると思われる。この式と、T₁₋₇で教師が示した式との違いを意識させたかったところであるが授業ではその場面があまりはっきりしなかった。しかし、意識調査の設問8「(本時の学習課題を)つかむことができましたか」に対して、抽出生徒のA、C、Dをはじめ74%の生徒が、「はい」と答えており、反応式の違いに目を向けさせるというこの分節のねらいには多くの生徒が達したものとする。

以上のことと、意識調査の設問5「やる気をもって勉強したか」に対して、Y校77%、Z校

90%の生徒が「はい」と答えていることをあわせて考えれば、本時の学習課題を把握させ、主体的に学習しようとする意識をもたせることにはほぼ成功したものと判断する。

しかし、Y校の抽出生徒A、D、Z校の抽出生徒Bなどが、意識調査の設問8「(本時の学習課題を)つかむことができましたか」に「どちらともいえない」と答えており、課題を意識させる手だてにもう工夫ほしかったところである。また、Y校の抽出生徒D、Z校の抽出生徒Bはともに設問14にも誤って答えていることから、本時の目標に達しなかったものと判断される。何を学習するのかの意識がないままに過ごしてしまったので、断片的な知識の習得だけになってしまったものと思われる。学習課題をきちんと把握させることが、授業の目標に到達させるためにいかに重要であるかが分かる。

イ 発問や演示実験について

授業の記録から分かるように、Y、Z両校とも、教師の問いに生徒が答えるという形で授業がすすめられている。Z校の授業の記録で見ると、例えばT₂₋₆「残った気体は何だろう?」のように最初に比較のおおまかな発問をし、生徒の反応をみながら、T₂₋₇からT₂₋₁₁までのように小さいステップで発問をしながら、答を導いていった。このとき、どの程度の発問をするかは、生徒の実態に応じて決めなくてはならない。

Z校の場合、意識調査の設問5「やる気をもって勉強したか」に90%の生徒が「はい」と答えている反面、設問3「考える時間があつたか」、設問6「じっくり考えられたか」に「はい」と答えた生徒が、それぞれ55%、58%だけである。抽出生徒A～Dの回答をみても普段の成績にかかわらず、どのレベルの生徒にとっても考えるゆとりがなかったことがわかる。発問の吟味、精選とともに、発問後の問のとり方についての工夫が必要であったと思われる。

Y校の場合もZ校とほとんど同じステップで発問している。管の中に残った気体が酸素であることをほとんどの生徒が気づいていたことがP₂₋₈の反応から察知できる。したがって、T₂₋₆の後半からT₂₋₉までの発問をT₂₋₆の前半の発問にしほべきであったと思われる。

Y校のT₂₋₁₀からT₂₋₁₃に対するP₂₋₁₀、P₂₋₁₁(抽出生徒B)の反応は教師の予期した発言であり、その考えに従って授業が展開できたことは、まさに生徒の実態に即していたといえよう。

Z校で、演示実験を中心にしてすすめた第3分節は、抽出生徒A～Dをはじめ全ての生徒が学習に集中していた場面であることが、P₂₋₁、P₂₋₈、P₂₋₁₀、P₂₋₁₁の反応からも読みとれる。このことはY校でも同様であり、理科の授業では、Z校のP₂₋₁₁で思わず「酸素だった!」という言葉がでてきたように、自然の事象から学び取らせることの大切さを痛感させられる。

以上のことから、演示実験は生徒の生き生きとした活動を引き出しており、特に有効なものはたつきかけであったと判断できる。また、発問がやさしく、考えるゆとりが少ないという傾向はあったにしても、ほぼ妥当であったと考えられる。

ウ 学習活動について

この授業では、最後の分節が本時の学習課題を解明する場面であり、特に生徒に考えさせなけ

ればならない場面であるが、十分な時間がとれなかったのが残念である。

Y校の授業の記録のT₃₋₁からT₃₋₄までの発問はほぼ予定したとおりである。P₃₋₃で、抽出生徒A、B、Cをはじめほとんどの生徒に正しい粒子モデルを書かせることはできたが、時間にゆとりがあれば、T₃₋₁の答も引き出したかったところである。Z校の場合も同じことが言える。ただ、P₃₋₁(抽出生徒A)、P₃₋₂の答を出させることができたのは、生徒の実態からみて大きな収穫であったと言えよう。

授業全体をとらえてみても行動として表れたもの以上に生徒の内面的な活動は活発であったといえる。しかし、生徒どうしが討議したり、じっくりとモデルを考えたりするなどの場面を設定する工夫が必要であったものと考えられる。

エ 授業のなかでの評価について

Z校の第3分節は、「実験の結果をもとにして、水素10mlと酸素5mlが反応した」ことを分からせるのがねらいである。そのために、T₂₋₁で水素と酸素の反応を演示し、T₂₋₁₁までのはたらきかけで、残ったのは酸素であることを確かめさせた。そのうえで、T₂₋₁₂の発問をしたがこれは評価のための発問である。P₂₋₁₂の反応からほとんどの生徒がこの分節の目標に到達したものと判断した。この判断が正しかったことは、意識調査の設問10「水素何mlと酸素何mlが反応したか」に93%の生徒が「はい」と答えていることからもうかがえる。

同じZ校の第5分節の場合、T₃₋₁の発問に対してP₃₋₁の反応は得たが、それが成績の良い抽出生徒Aの答であり、他の多くの生徒も同様に考えていたかどうかは疑問である。さらに、T₃₋₄については生徒の反応を見極めぬまま過ぎてしまっている。意識調査の設問12「二原子分子となる理由が分かった」に「はい」と答えた生徒が58%だけであることや、設問14の(イ)、(ウ)に正しく答えた生徒が、それぞれ52%、61%と比較的少ないのはそのためであると考えられる。抽出生徒Bはこの場面の学習内容が「わかりましたか」という設問12に、「どちらともいえない」と答えており、設問14の答も間違っている。この生徒のつまずきの原因はこの場面にもあったのではないかとと思われる。時間があれば、P₃₋₁に対する他の生徒の賛否を問うとか、図3が悪くて図4が良いわけを、生徒との話し合いの中から引き出すとかの手だてを講じたかったところである。

しかも、そのような学習活動の成果を見極め、一人ひとりの生徒を確実に分節の目標に到達させる手だて、すなわち、評価の計画をより綿密に立てるべきであったと思われる。

(4) 考 察

Y、Z両校とも、生徒は最後まで授業に集中していたことが観察され、各分節でもほぼ予期した反応を引き出すことができた。また、Y校の77%、Z校の90%が「やる気をもって勉強することができた」と答えている。学習課題を把握させることにも成功したことなども考えあわせると、生徒が意欲的に学習に取り組める授業であったと判断できる。

授業を組み立てるにあたって特に配慮したことは、生徒が「おもしろかった」「よく分かった」といえる授業にしたいということである。その結果、Y校の91%、Z校の97%が「この時間はおもしろかった」と答え、Y校の91%、Z校の81%が「本時の学習内容が理解できた」と答えている。また、意識調査の設問14から本時の目標とした知識を習得した生徒は70%くらいいると推定される。発問や演示実験が妥当なものであったことなども考えあわせると、生徒の実態を考慮した授業の組立ては、生徒の思考過程に合うものであり、大筋においては良かったものと判断できる。

しかし、両校とも抽出生徒Dなど、ほぼ30%の生徒が目標に達していない。その主な原因は学習活動のさせ方と評価の仕方にあったものと考えられる。このことから、二つの授業をとおして反省すべき点をまとめると次の2点になる。

その一つは、発問後に考える時間的なゆとりをもたせるとともに、生徒どうしが練り合い高め合える場を工夫すべきであったということである。そのような場を確保するためには、本時の中心となる学習内容が何であるかを常に意識して授業をすすめるとともに、授業の目標に即して発問や指示を精選することが必要である。また、生徒の主体的な学習活動を中心にして展開する授業のすすめ方に教師自身が慣れるとともに、生徒の学習訓練を積み上げていくことが大切であろう。

もう一つの反省点は、授業の中での評価をもっと大切にすべきであったということである。分節の目標に到達させるために、授業のどの場面でどう評価するかを計画しておかなければならない。そのまま授業をすすめたのでは目標に到達しないと思われる生徒に、どんな手だてを講ずるのかをさらに吟味して実践することが必要であった。

生徒の実態が正しく把握されていなければ、授業を成功させることはできない。上にあげた二つの反省点は、授業の展開の仕方からきたものであり、生徒の実態のとらえ方は良かったものと考えられる。したがって、意欲をもたせ主体的に取り組ませる授業に成功したことからも、生徒の実態把握の方法や内容は正しく、生徒の実態に応じた授業になっていたものと結論づけられる。

真の学力をつけさせるために、課題解決的な授業は有効な方法の一つであると思われる。ここでは、特に論理的な思考を積み重ねていく授業を実践したが、ある特定の授業の形態にこだわるのではなく、教材と生徒の実態の接点から、最も効果的な授業過程を工夫すべきである。

なお、「生徒の実態の把握」と「生徒の実態に応じた授業の組立て、授業の分析と考察」をそれぞれ別の実践を例にして述べてきたので、一つの題材をとおして読み取れるように、W校(第1学年男25、女20、計45名)での実践例を「VI 資料」として示すことにする。

V 研究のまとめと今後の課題

1 生徒の実態把握の仕方について

(1) 観察する観点

本研究で試みたように、①生徒の活動状況 ②理科の学習への取り組み ③本時の学習に関するレディネス、の三つの観点に整理することが効果的である。また、生徒中心の授業とするためには学習に対する意欲や態度など、生徒の情意的な面を見落してはならない。

(2) 把握する内容

授業の目標から、三つの観点についてどんな内容を調査すべきかを吟味する。授業にあたっての必要な実態は、本研究で試みた内容でとらえられたものとする。特に、目標を分析することは、レディネス調査の内容を洗い出すのに極めて有効である。

(3) 調査方法

本研究では、普段の授業の観察、研究協力者からの聴き取り、生徒へのアンケート調査、及びレディネス調査で実態をとらえたが、いずれも無理のない効果的な方法であった。特に情意的な面の把握では、日常の生徒の観察や、生徒をよく知る者からの聴き取りが有効である。

2 授業の組立て方について

(1) 授業過程

目標を分析することは、授業の流れを、生徒の思考過程に合った組立てとするのに、極めて有効である。

(2) 学習課題の把握

生徒の実態に合った復習や演示実験などとおして、学習の課題を生徒に確実に把握させる。このことが、主体的に課題を解決しようとする意欲を、生徒にもたせることにつながる。

(3) 生徒へのはたらきかけ

発問や指示の難易度を生徒の実態に応じて変えたり、生徒の関心を引きつけ、課題解決に役立つ演示実験を取り入れるなど、生徒の主体的な学習活動をうながすはたらきかけを工夫する。

(4) 生徒が活動できる場

生徒の実態に応じて、発問後の考える場、生徒どうしの討論の場、実験の導入や実験結果の整理と考察の場など、生徒が自分で考えたり活動したりできる場面を確保する。

(5) 授業過程での評価

生徒が、授業の節目ごとにねらいとしたこと(分節の目標)に達したかどうか、を確かめながら授業をすすめる、目標に達しない生徒へはその手だてを講じ、生徒のつまづきを防ぐ。

3 今後の課題について

今後、さらに次の二つの点について明らかにしていきたい。

- (1) 生徒がゆとりをもって考えたり、高め合ったりする場を授業の中にどう構成するか。
- (2) 授業の中での評価をどう機能させていくか。

VI 資 料

1 題 材

摩 擦 角

2 本 時 の 目 標

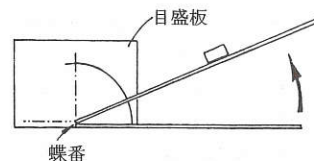
斜面上の物体は、斜面の傾き（高さ／底辺）の値が静止摩擦係数 μ の値に等しくなった時に動き出し、その時の斜面の角度を摩擦角ということ、及び摩擦角は物体の重さに関係しないことが説明できる。

3 目標の分析と授業過程の想定

① 第1分節

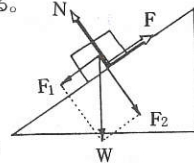
- 斜面上に種類の違う物体を置き、斜面の傾きを変えて動かす。（演示実験）
 - 物体によって動きはじめる角度が違う。
 - 動きはじめる角度は、何によって決まるのだろうか。〔本時の学習課題〕

〔演示装置：斜面〕



② 第2分節

- 物体には重力がはたらいている。
 - 重力を二つの方向に分解し、それぞれの分力のはたらきを考える。
 - 摩擦力と垂直抗力の関係がわかる。
 - 斜面上の物体にはたらく力の関係が総合的にわかる。

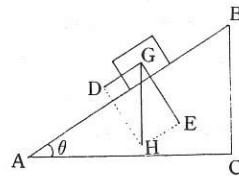


③ 第3分節

- 摩擦力がはたらいているときは、斜面上でも $F = \mu N$ の関係がある。
 - $F = F_1$, $N = F_2$ の関係にある。
 - μ は、 F_1 / F_2 で表される。

④ 第4分節

- $\triangle ABC$ と $\triangle GHE$ とは相似である。
 - μ は、 BC / AC で表される。
 - BC / AC は斜面の傾きである。
 - 「摩擦角」を説明できる。〔本時の目標〕
 - 斜面上の物体は、斜面の傾きが μ の値と等しくなったとき動き出すこと。
 - このときの斜面の傾きを摩擦角ということ。
 - 摩擦角は物体の重さに関係しないこと。



ア. 演示実験で気づいたことから、学習課題が把握できる。 (第1分節の目標)

イ. 物体が斜面上で動きはじめる時は、何の関係するかを予想して言える。

ウ. 斜面上の物体にはたらく力の関係を見つけることができる。 (第2分節の目標)

エ. F_1 が物体を動かす力で、その反作用として、摩擦力が物体にはたらいていることが言える。

オ. 作用・反作用の法則を説明することができる。 (R-1)

カ. 摩擦力の向きとはたらいているところを説明することができる。 (R-2)

キ. F_2 が物体を斜面に押しつける力で、その反作用として、垂直抗力が物体にはたらいていることを説明することができる。

ク. (R-1)

コ. 垂直抗力の意味を説明することができる。

ケ. 重力を、斜面上に平行な方向 (F_1) と斜面上に垂直な方向 (F_2) に分解できる。

コ. 力を二つの方向に分解できる。 (R-3)

サ. 重力は物体の中心に、鉛直下方にはたらくことが言える。 (R-4)

シ. 斜面上の物体には、重力がはたらいていることが言える。

ス. 静止摩擦係数 μ を、 F_1 と F_2 で表すことができる。 (第3分節の目標)

セ. $F_1 = \mu F_2$ の関係を導き出し、 $\mu = F_1 / F_2$ と表すことができる。

ソ. 文字式の計算ができる。 (R-5)

タ. 物体が動きはじめるとき、 $F = F_1$ 及び $N = F_2$ の関係にあることが言える。

チ. 力のつりあいを説明することができる。 (R-6)

ツ. 物体が動きはじめるときは、 $F = \mu N$ の関係にあることが言える。

テ. 物体を動かす力と最大静止摩擦力の関係を説明することができる。 (R-7)

ト. 静止摩擦係数とはどんなものかを説明することができる。 (R-8)

ナ. 静止摩擦係数 μ を斜面の傾きで表わし、摩擦角を説明することができる。 (本時の目標)

ニ. BC / AC は斜面の傾きであることが言える。

ヌ. 三角形の、高さ／底辺 の計算ができる。 (R-9)

ネ. F_1 / F_2 と表わした μ を、 BC / AC と表すことができる。

ノ. $\triangle ABC$ と $\triangle GHE$ とが相似であることが言える。

ハ. 二つの三角形の相似の条件が言える。 (R-10)

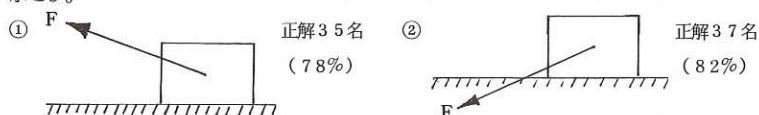
ヒ. F_1 / F_2 は分力の比であり、分力の大きさは斜面の傾きによってきまることに気づく。

4 レディネスの調査

洗い出したレディネスのうち、授業中の発問や、それ以前の授業で把握できると考えられる項目を除き調査した。設問とその結果は次のとおりである。

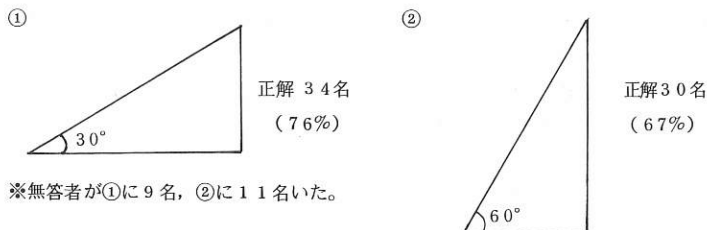
摩擦角に関するレディネス調査 番 氏名 45名(男25, 女20)

1 次の図のようにはたらいっている力Fを、面に平行な方向と、面に垂直な方向とに分解し、図示せよ。



※①, ②とも、誤答者は「つりあう力」と混同している様子である。

2 次の三角形の、高さ/底辺 の値を求めよ。ただし、 $\sqrt{3}=1.73$ とする。



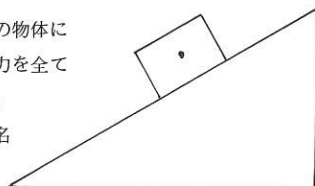
※無答者が①に9名、②に11名いた。

3 次の力につりあう力を1つ作図せよ。



4 斜面上の物体にはたらく力を全て図示せよ。

正解3名
(7%)



※正解を期待して出題したものではない。
厳密な意味のレディネス問題ではないが、授業のすすめ方の参考にするためである。教科書にこんな図があったな、という感じで書いている者が多い。

5 2つの三角形が相似になる条件を3つあげよ。

正解39名(87%) 2つ正解6名(13%)

5 生徒の実態と授業に反映させるべき事項

(1) 生徒の実態

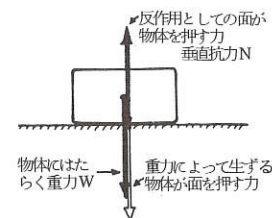
- ホームルームの集団としての意識は強く、学校行事などでのまとまりは大変良い。
- 自分の考えなどを積極的に発言しようとする姿勢は余りないが、指名されれば真面目に考えて発言しようとする。
- 授業態度もよく、特異な言動で教室を乱す生徒もいないので、良い雰囲気での学習ができる。
- 積極的、自主的に学習に取り組む姿勢に欠ける者がいるので、学力差は広がる傾向にある。
- 計算力は数式、文字式とも問題はないが、抽象的な思考力は弱いようである。
- 理科の成績(平均点)は他の教科に比べると低いが、実験は一生懸命やっている。
- 理科の日常的な復習をしないためか、前時までの学習内容の定着の度合いは余り良くない。
- 力学関係の内容は、比較的理解している様子だが、力の分解とつりあいを20%程度の生徒が混同している。
- 斜面上の物体にはたらく力の関係は、ほとんどの生徒が理解していないが、これまでの学習内容を考えるとやむを得ないことである。
- 本時の内容を理解するのに必要な数学の力には、問題はないと思われる。

(2) 授業に反映させるべき事項

ほぼ想定したとおりに授業を展開してよいものと判断されるが、授業にあたっては、次の点に留意する必要があると考えた。

① 全体的には、前時までの学習内容の復習を要所々々に取り入れ、レディネスの確認や考え方の参考にしながらすすめること。

- 力の分解……分解の方向を、物体が水平面上にあり、斜めに力がはたらく場合と比較する。分解とつりあいを混同している生徒も、復習する中で比較的早く間違いに気づくものと考えられる。
- 垂直抗力……物体が水平面上にあるときの力の関係(右図)と対比して考えさせる。



• 力のつりあい • 摩擦力 • 作用と反作用 • $F = \mu N$ の関係と μ など

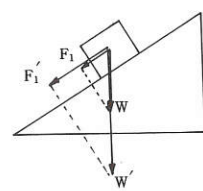
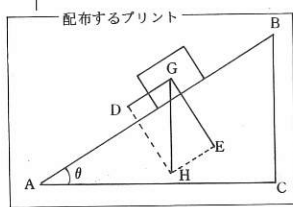
- ② 生徒が考える時間を確保するため、プリントを用意し、板書事項を精選する。
- ③ 第2分節の重力のはたらく点と向きは本時の出発点である。生徒に答えさせる。
- ④ 第2分節の斜面上の物体にはたらく力の関係は、教師の発問をつなげることで見つけさせる。
- ⑤ 第3分節、 $\mu = F_1 / F_2$ を導くことは次節の導入でもある。生徒に考えさせる。
- ⑥ 第4分節、 $\mu = F_1 / F_2$ を斜面の傾きで表す、という発想は生徒からは出にくいと考える。したがって、分力の大きさは斜面の傾きで表せることを手がかりに、無理なく「相似形を考えること」に結びつける。これができれば、後の計算(式の代入と変形)は困難でないと判断される。

6 指導過程

分節の目標	過程 ○教師の活動 ・生徒の活動
① 斜面上で物体が動きはじめるとき、何が関係するかを予想し、学習課題を把握できる。	○「前の時間は摩擦について学習しました。水平な面上で物体が動きはじめるときの力から、最大静止摩擦力や静止摩擦係数 μ が求められました。」 ○「今日は同じく摩擦に関係したことです。斜面上で物体が動きはじめる時のことを見てみます。」 (斜面と乗せるものについての説明) ○演示実験：木、金属、プラスチックを斜面にのせ、傾きを変えて動き出させる。 ○「何か気がついたことはありませんか。」 ・「動きはじめる傾きが、物によって違う。」 ○「そうですね。(再度斜面を傾ける。) 木はここ(目盛板に印をつける。) 金属はここ、プラスチックはここで動きはじめます。なぜ、動きはじめる傾きはものによって違うのだろうか。」 ・「物の重さの違い」、「面の状態」、「静止摩擦係数」など ○「いろいろな条件が考えられますが、それを見つけるのが今日の課題です。」
② 斜面上の物体にはたらく力の関係を見つげることが出来る。	○「斜面を傾けると物体は動き出しました。動き出した、ということは、力がはたらいているはずです。その力を考えてみます。」 (斜面上に物体を置いた図のプリントを配布する。同じ図を板書する。) ○「物体にはどんな力がはたらいていますか。」 ・「重力がはたらいている。」 ○「どこにどうはたらいているか、図にはどんなふうに表せばいいでしょう。」 ・「真下の向きにはたらいているから、物体の中心から真下に向けた矢印で表す。」 ○「そうですね。重力は物体全体にはたらいていますが、代表して中心にはたらいていると考えます。これを重力の中心、重心といいます。」(板書の図中に書き入れる。) ○「それではもう一度見て下さい。」(演示：同じ傾きの斜面上で、動かないもの(木片)と動き出すもの(プラスチック)をのせる。) ○「木は動きませんが、プラスチックでわかるように動かそうとする作用はあるのです。この作用はどこから生まれてくるのでしょうか。」 ・「重力の、斜面に平行な方向の分力が物体を動かそうとする。」 ○「そうですね。物体が斜面にあるからこの分力が生じるのです。これを F_1 とします。(F_1 図示) 水平な面では、このような分力はありませんね。」 ○「こうすると、何かもう一つ分力が考えられませんか。」 ・「斜面に直角な方向の分力がある。」 ○「そうです。この分力は、物体を斜面に押しつけています。斜面から物体が離れないのはこのためです。これを F_2 とします。(F_2 図示) この分力は斜面を傾け直角にするとゼロになります。だから物体は、斜面から離れてしまうのです。」 ○「F_2 が面を押すので、その反作用として、面は抗力を物体にはたらかせます。」 ・「反作用というのはどんな力ですか。」 ・「はたらいた力に対してはたき返す、大きさが同じで向きが反対の力。」 ○「そうです。抗力は面に直角にはたらくので垂直抗力 N といいます。」(N 図示) ○「そこで、もう一つ物体にはたらいている力が考えられますね。何でしょう。」 ・「F_1 の反作用の摩擦力が物体と面の間に、斜面上向きにはたらく。」 ○「そうですね。それを F とします。」(F を板書) ○「それでは以上をまとめてみます。」(板書①～⑤の力を説明する。)

板書事項等	評価 ○観点・補充	留意点
〔演示装置：斜面〕 摩擦角 動きはじめる角度は何でできるのか。	○動き出す傾きの差に気がつくか。 ・どの角度で動きはじめたか？	・斜面はゆっくりあげる。 ・思いつくまま発表させる。
配布するプリント (板書も同じ) ①重力 W ②重力の、斜面に平行な分力 F_1 (物体を動かす。) ③重力の、斜面に垂直な分力 F_2 (物体を斜面に押しつける。) ④ F_2 の反作用(垂直抗力) N ⑤ F_1 の反作用(摩擦力) F	○重力が言えるか。 ・地上の物体にはどんなものにもはたらいている力がありますね。 ○物体の中心にはたらいていることが言えるか。 ○重力の分力が言えるか。 ・物体に斜めに力がはたらくとき、力の作用はどをな方向に現れるだろうか。 ○「作用・反作用の法則」が思い出せたか。 ○垂直抗力の「垂直」の意味がわかったか。 ・水平面上にあるときの力の関係を復習する。	・プリントは、後でノートに貼らせる。 ・重力のはたらく位置と向きを確認する。 ・「作用・反作用の法則」の説明でもよい。 ・垂直の意味が理解できるように、水平な面上の場合を説明する。

分 節 の 目 標	過 程 ○ 教師の活動 ・ 生徒の活動
	○「このように、重力がはたらくことによって、斜面に平行な方向と垂直な方向とで力が作用しあい、動かないときはつりあっているのです。」
③ 静止摩擦係数 μ を F_1 と F_2 で表すことができる。	○「物体には摩擦力がはたらいています。斜面の上にあります、水平面にある時と同じに、摩擦力 $F = \mu N$ の関係があります。」 ○「μ は何でしたか。どんな性質がありますか。」 ・「静止摩擦係数。物質の種類や面の性質でさまなり、面の大きさには関係しない。」 ○「垂直抗力 N は、水平面では重力の大きさに等しいですが、斜面では違いますね。」 ○「それでは、斜面の傾きを大きくしていった物体が動きはじめるとき、力の関係はどうなりますか。」 ・「物体を動かそうとする F_1 の大きさが、最大静止摩擦力 F と同じ大きさになったとき動き出す。」 ○「そうです。 $F_1 = F$ の関係があります。ほかに言えることは何でしょう。」($F_1 = F$ を板書) ・「垂直抗力 N は F_2 と同じ大きさ。」 ○「そうですね。($N = F_2$ を板書) これらの式から、 μ を別な文字で表すとどうなりますか。」 ・「 $F_1 = \mu F_2$ となり、 μ は F_1 / F_2 と表せる。」 ○ $F_1 = \mu F_2 \quad \therefore \mu = F_1 / F_2$ を板書
④ 静止摩擦係数 μ を斜面の傾きで表し、摩擦角を説明することができる。	○「いま、 μ を F_1 と F_2 の比で表したのですが、 F_1、 F_2 の大きさは、斜面の傾きによって変わってくる値です。ですから、今度は F_1、 F_2 と斜面の傾きの関係を調べてみます。」 ○「手がかりはこの図です。(プリントを配布) この図から、 F_1、 F_2 の関係を斜面の傾きと関係させるにはどうしたらよいでしょうか。」 ・「 $\triangle GHE$ と $\triangle ABC$ が相似になることを証明すればよいのではないかな。」 ○「相似ならば F_1 と F_2 を斜面の高さと底辺の比で表すことができますね。それでは $\angle A$ を θ とし $\angle C$ と $\angle E$ が直角であることに注意して、二つの三角形が相似であることを証明して下さい。」 ・「 $\triangle ABC$ と $\triangle GHE$ はともに直角三角形、 $AB \parallel DG$、 $BC \parallel GH$ だから $\angle ABC = \angle DGH$ だから $\angle BAC = \angle EGH = \theta$、従って2つの三角形は相似形となる。」 ○「相似ならば、 F_1 / F_2 と表した μ は別な表し方ができますね。」 ・「 BC / AC です。」 ○「そうですね。これは斜面の傾きを表していますね。」(板書追加) ○「ここまでのことは、斜面上で物体が動きはじめるとき、という場合から考えをすすめてきたのですから、物体が斜面を動きはじめるときは、 $\mu = BC / AC$、すなわち斜面の傾きが静止摩擦係数の値に等しくなったときである、ということを示しています。」(「このとき動きはじめる」を板書) ○「そして、このときの傾きの角度を摩擦角といいます。」(板書) ○「摩擦角は重さに関係なくさまなります。摩擦力は垂直抗力に比例するので、重さとかかわりがあるようですが、なぜなのでしょう。」 ・「重力が大きくなると F_2 も大きくなり、垂直抗力も大きくなるが、分力 F_1 も大きくなるから結局傾きだけの問題になる。」(図を板書) ○「そうです。斜面では重さに関係なく、傾きだけですべり出すかどうかが決まるのです。(「物体の重さに無関係」を板書)そこで、今日の課題が解決されたことになります。」

板 書 事 項 等	評 価 ○ 観点 ・ 補充	留 意 点
	○力が対になって作用しあうことが理解できたか。	
$F = \mu N$ $F_1 = F$ $N = F_2$ $F_1 = \mu F_2 \quad \therefore \mu = \frac{F_1}{F_2}$	○動きはじめる時の力の関係が思い出せたか。 ○文字式の計算ができたか。	・ μ と N について、確認のため復習する。 ・ 垂直抗力 N の意味を繰り返す。
$\mu = \frac{F_1}{F_2}$ $= \frac{BC}{AC} \quad (\rightarrow \text{斜面の傾き})$ このとき 動きはじめる $\frac{BC}{AC} \text{ の角度} = \text{摩擦角}$ ↓ 物体の動きに無関係 	配布するプリント  ・重くなる＝重力が大きくなる。 分力はどうなるか。 ○摩擦角の説明ができるか。	・プリントには、矢印を書かず、図形を単純化する。 ・「相似になればよい」が生徒から出ないときは、説明する。 ・分力の比で表されることの意味に注意させる。

参 考 文 献

- 山形県教育センター 高等学校における授業改善のため一つの試み 昭和60年
- 山形県教育センター 授業過程における形成的評価の研究(1)~(3) 昭和57~59年
- 文部省 高等学校学習指導要領解説 総則編 大日本図書 昭和55年
- 文部省 高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編 大日本図書 昭和54年
- 文部省 中学校指導書 理科編 大日本図書 昭和53年
- 河野重男, 西村三郎編 改訂高等学校学習指導要領の展開 総則編 明治図書 1978年
- 石黒浩三, 大塚誠三編 改訂高等学校学習指導要領の展開 理科編 明治図書 1978年
- 山形県教育委員会 高等学校生徒指導要録取扱いの手引 昭和57年
- 前田 博 教育の本質 玉川大学出版部 1983年
- 栗田一良, 山極 隆編 理科教育改善の基礎的理論 明治図書 1984年
- 授業研究 16245 特集「目標分析が授業をどう変えるか」 1983年1月号 明治図書
- 八杉, 森川, 武村編 現代理科教育学大系 第5巻 自然の探究 第一法規 昭和49年
- 梶田敏一, 植田 稔編 形成的評価による完全習得学習 明治図書 1980年
- B. S. ブルーム他著 梶田敏一他訳 教育評価法ハンドブック 第一法規 昭和48年
- 天城 薫, 奥田真丈, 吉本二郎編 現代教育用語辞典 第一法規 昭和56年
- 岩手大学教育学部附属中学校 ひとりひとりの認識を高める形成的評価を生かした授業 明治図書 1980年
- 日本理科教育学会 現代理科教育学大系 第5巻 東洋館出版 昭和54年

昭和61年3月20日 印刷

昭和61年3月25日 発行

発行所 山形県教育センター

天童市大字山元字犬倉津2515

☎ 0236(54)2155

印刷所 中央印刷株式会社 天童営業所

天童市久野本四丁目15-27

☎ 0236(54)6263