

中学校理科における授業の設計・実施・評価に関する実践研究（第2報）： <中1（第1分野）「物質の特性」 >

著者	平岡 弘, 山崎 豊
雑誌名	教育工学研究 = Studies in educational technology
巻	1
ページ	39-57
発行年	1976-03-15
URL	http://hdl.handle.net/2297/24930

中学校理科における授業の設計・実施・評価 に関する実践研究(第2報)

〈中1(第1分野)「物質の特性」〉

平岡 弘*・山崎 豊

はじめに

われわれは教育工学的手法を中学校理科に応用し、一連の授業研究を行っている。前回¹⁾は中2「化学変化と物質の量」の題材をとりあげ、認知面を主に三つの立場(授業者、観察者、学習者)からする評価による授業分析によって、探究的授業のあり方を求めた。今回はさらに中1第1分野「物質の特性」の題材をとりあげ、つぎの四つの視点にたって実践した。

(1) 技能面の評価に重点をおいた

これまで多くの授業研究では認知面の評価が主になされ、技能面の評価が軽視されているが、今回の「物質の特性」における実験では、安全で高い精度が要求されるため、技能面での目標を重視した。

(2) 二者(授業者、学習者)による授業評価の方法を求めた。

三者による授業評価は、客観性は高いが、実施が困難であるため一般化されにくい。平素の授業で、いつでも誰でもできる授業評価をめざして、その方法を「物質の特性」の授業の中で追求し一般化を試みた。

(3) 基礎的な学習をふまえて主体的な学習の成立をはかった²⁾。

生徒の主体的な学習は、われわれ教師の望むところであるが、これははじめから形成されるものでなく、基礎的な学習(確かな学習)をふまえて主体的な学習(豊かな学習)へと発展さ

れるべきものであろう。今回の「物質の特性」の授業実践によって、基礎的な学習を通して主体的な学習へのアプローチを試みた。

(4) 成績群別の評価による授業分析を行った。

授業においては、個々の生徒の最も好ましい学習の進め方をはからねばならないが、その糸口として成績群別(上位・中位・下位)にその学習の変容を把握し、授業分析を行った。

I 授業設計について

1 教材の構造化

生徒の主体的な学習をめざすためには、先づ基本的な学習が出発点であるという視点にたち

①学習させることは何か

②どういう教材や、どんな方法を用いて学習させたらよいか

③学習したということをどうやって知ることができるか

の3点について、目標の評価の一貫した考え方を通して、教材の構造化をはかった。「物質の特性」の単元について、中学校理科第1分野および小学校教材との関連を考察し、単元での内容要素の順次性を検討した上で、図1・2のような教材構造を設定した。

2 目標分析

学習の目標を明確にするために、単元「物質の特性」にふくまれる要素を、内容面、行動面から分析によってとりだし、その要素の組み合

* 金沢市立泉中学校教諭(金沢大学教育学部教育工学センター研究員)

図1 第1分野における単元のつながりと学年の関連

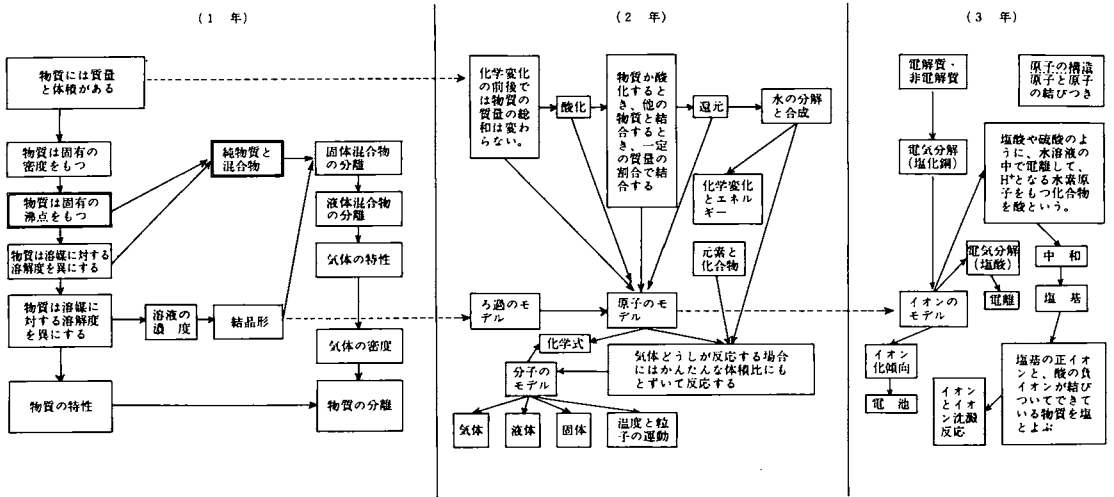
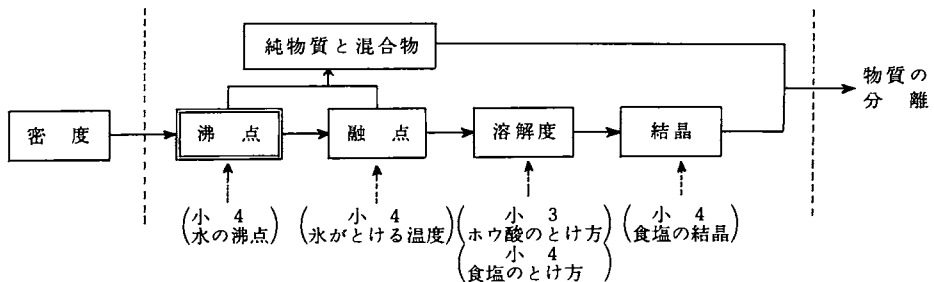


図2 単元「物質の特性」の内容のつながりと小学校との関連



わせによって単元目標を表わした。その表現では、評価のことを考慮して、なるべく観察可能なことばで記入した。これが表1である。

3 レディネス調査と単元構成

目標分類に続いてレディネス調査を行った。調査の内容と結果についてはII章で述べるが、この調査は授業をはじめ前の子供の既有知識や技能面について把握するために行ったものである。その結果をもとに表1をねり直し、単元目標を設定した。また単元の学習課題についても検討し、学習内容の順次性とねらいを表2に示した。

4 「物質の沸点」の学習の流れと評価方法

表2の2次に示してある「物質の沸点」(4時限)の題材をとりあげ、その1・2・3限で基礎的な学習(確かな学習)を、4限で主体的な学習(豊かな学習)をねらった。「物質の沸点」の学習の流れについては、図3に示すように過程の評価を重視する立場から、評価の内容方法、時期等を考慮し、事前事後における個人のチェックや成績群の比較検討を行い、その学習における定着度を確かめた上で、第4時限の主体的学習をめざすものにした。

表1 目標内容分析表(中学校1年理科第1分野 単元「物質の特性」)

単元内容		単元目標	単元目標	単元目標
認 知 理 解 探 究 過 程 技 能 操 作 情 意	用語	沸点, 仮説, 沸とう石	融点	溶液, 溶質, 溶媒, 濃度, 飽和, 溶解度, 結晶
	事実 事象	<ul style="list-style-type: none"> 水・アルコールなどの純すいな液は, 沸とうすると温度はそれ以上上昇しない。 混合液はある温度で沸とうしはじめ, そのあと沸とうしながら温度は上昇する。 	<ul style="list-style-type: none"> ナフタリンやパラジクロルベンゼンなどは, 融解している間, 加熱しても温度は上昇しない。 融解したナフタリンやパラジクロルベンゼンは, 冷やすと全部固まるまで温度は下らない。 	<ul style="list-style-type: none"> 溶液の濃度は一般に重量パーセントで表わされる。 溶質と溶媒の種類によって溶ける量にちがいがある。 水に対する物質の溶解度はその種類によってきまっいて, 温度によっても異なる。 食塩・ホウ酸などは水によくとけるが, ナフタリンは水にとけない。 ナフタリンはアルコールによくとけるが, ホウ酸はわずかにとける。 塩化カルシウムは温度が高いほど水によくとける。 硫酸銅をよくとかした水溶液を冷却すると結晶ができ, その形は物質によって異なる。
	原理 法則	<ul style="list-style-type: none"> 純すいな液の沸点は体積に関係なく一定している。 純すいな液の沸点は物質の種類によって一定している。 混合物の沸点は一定していない。 	<ul style="list-style-type: none"> 純すいな物質の融点は質量に関係なく一定している。 混合物の融点は一定していない。 	<ul style="list-style-type: none"> 同じ量で同じ温度の水にとける量は, 物質によってちがう。 一定量の水には温度が高いほどよくとける。 温度の高い, 濃い溶液を冷やすと結晶ができ, その形は物質によって一定している。
	観 測 定	<ul style="list-style-type: none"> 液体を加熱して沸とうさせそのときの時間と温度を測定できる 	<ul style="list-style-type: none"> 固体を加熱冷却して, 融解凝固するときの時間と温度を測定できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 一定量の溶媒の中にとける溶質の量をはかりとることができる。 観察することによって結晶の形が比べられる。
	問 題 と 解 法	<ul style="list-style-type: none"> 沸点を測定する方法がいろいろ 	<ul style="list-style-type: none"> 融点を測定する方法がいろいろ 	<ul style="list-style-type: none"> 固体の溶媒に対する溶け方や, 析出する結晶について調べる方法がいろいろ
	デ ー タ の 解 釈 と 帰 納	<ul style="list-style-type: none"> 加熱曲線から純すいな液かそうでない液かを操作的に定義できる。 加熱曲線から沸点について操作的に定義できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 冷却曲線から, 純物質・混合物かを操作的に定義できる。 冷却曲線から融点(凝固点)について操作的定義ができる。 	<ul style="list-style-type: none"> 溶解度曲線から, 濃い溶液を冷却していくときの各温度における析出量を読みとることができる。 結晶の形から物質名について説明できる。
	応 用	<ul style="list-style-type: none"> 他の液について純すい液か混合液か同定でき, 識別できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 他の物質について純物質か混合液か同定でき, 識別できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 他の物質について, 溶解性や結晶の形をしらべ識別できる。
	実 験, 観 察 の 技 能	<ul style="list-style-type: none"> 沸点を調べる実験に必要な器具をえらび正しく装置できる。 メスシリンダーで必要な量を正しくはかりとれる。 時計・温度計を正しく使用でき, 読みとることができる。 時間と温度の記録からグラフ化の作業ができる。 	<ul style="list-style-type: none"> 融点を調べる実験に必要な器具をえらび, 正しく装置できる。 上皿天秤で必要な量を正しくはかりとれる。 時計・温度計を正しく使用でき, 読みとることができる。 時間と温度の記録からグラフ化の作業ができる。 	<ul style="list-style-type: none"> メスシリンダーで必要な量を正しくはかりとれる。 溶けにくくなったとき, 溶質を少しずつ溶かしていろいろ 顕微鏡を正しく操作できる。
	安 全 操 作	<ul style="list-style-type: none"> ガスバーナーの操作が安全にできる。 引火に留意して実験操作ができる。 鉄製スタンドをしっかり固定して装置できる。 沸とう石を使用し, 事故防止に留意できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ガスバーナーの操作が安全にできる。 	<ul style="list-style-type: none"> ガスバーナーの操作が安全にできる。 ヨウ素に手が触れないようにとくことができる。
	実 験, 観 察 の 役 割 興 味 ・ 関 心 ・ 態 度	<ul style="list-style-type: none"> 純すいな液が沸とうしているとき, 温度計の目盛がそれ以上上昇しないことに注意深く観察できる。 混合液が沸とうしているときの温度計の目盛がしだいに上昇することに注意深く観察できる。 予想をたてることの興味と, 必要性を感じる。 他の液について純物質か混合液かを見分ける関心がもてる。 	<ul style="list-style-type: none"> 純すいな固体が融解(凝固)しているとき, 温度計の目盛がそれ以上上昇(下降)しないことに注意深く観察できる。 予想をたてることの興味と必要性を感じる。 他の固体についても純物質か混合液かを見分ける関心がもてる。 	<ul style="list-style-type: none"> 条件統一に注意がなされ, 実験がすすめられる。 溶ける限界を予想しながら慎重に実験がなされる。 物質による特有の結晶の形に注意深い観察がなされる。

5 指導細案の作成 (第4時限)

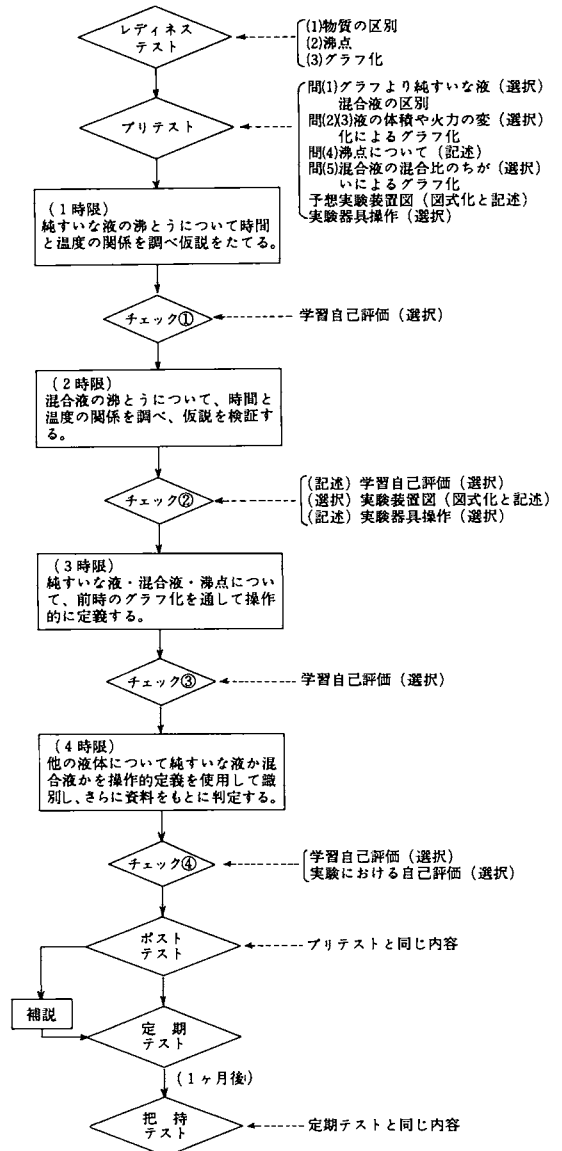
生徒の主体的な学習をめざした指導案(第4時限)は、表3に示してある。授業の流れについては内容を簡潔に記入したチャートにして、1目でとらえやすいように図示した。生徒の行動、指導の留意点の欄は、生徒の主体性を重視する考えに立って表わしている。

指導計画については、前時の基礎学習(3時限)における評価分析にもとづき、また理科指導書³⁾、「理科パフォーマンステスト」⁹⁾および表1の目標内容分析を参考にして作成した。

表2 「物質の特性」の単元構成

1. 単元名 物質の特性		
2. 単元目標 (1)物質の特性として、五感に訴えて調べる方法もあるが、この単元を通して、沸点・融点・溶解度・結晶形などがあることを見つけてさせる。 (2)物質の沸点・融点・溶解度が測定できるようにする。		
3. 単元の流れとその主なねらい(総時数……15時限)		
単元の流れ	配時	学習の主なねらい
事前調査	1次 2時限	・物質の特性に関する既習知識を確認し学習計画の確立をはかる
2つの液体はどのようにして区別できるか	2次 4時限	・純粋な物質の沸点は、物質によって一定の値をもつことが、実験を通して見つけられる。 ・液体の沸点を測定することができる。 ・定義を使用して、純物質・混合物を見分けることができる。 ・沸点の定義ができ、これが物質の特性であることが説明できる。 ・未知の液体を定義を使用して純物質か混合物か識別できる。
2つの固体はどのようにして区別できるか	3次 4時限	・固体の融点を測定することができる。 ・融点の定義ができ、これが物質の特性であることが説明できる。 ・純粋な物質・混合物の沸点や融点のグラフが見分けられる。 ・未知の固体を定義を使用して純物質か混合物か識別できる。
液体に対するとけかたのちがいで区別できるか	4次 5時限	・溶ける現象を観察し、溶解・溶液について説明できる。 ・条件を統一して、物質の溶け方をしらべ、そのちがいが物質の特性であることを説明できる。 ・溶液から析出する結晶を観察し、結晶の形や色が物質によって特有であることを説明できる。

図3 「物質の沸点」の学習の流れにおける評価方法とその内容



II 授業実施

「物質の沸点」の授業実施に先立って、「物質の特性」について調査したレディネステストの結果について考察した。このレディネステストは生徒のもつ概念の実態を少しでもとらえるために、学年にまたがって実施した。

1 レディネステストの結果とその考察

レディネス(1)では、①②③の物質に共通して、「手でさわる」の区別方法が、低学年に多くみ

られる。これは小学校では、五感に訴える学習が推進され、これがそのまま結果に現れたためと考えられる。物質の①の「味」②の「火をつける」、③「火でとかす」が、各学年を通して多いのは、体験がそのまま現われているといえる。「結晶」「溶解」「沸とう」等は学習経験に基づくため、高学年に進むほど高いのは当然であるが、それに反して「重さ(密度)」について低いのは、二元的要素(質量と体積)のからみあうためによるものと考えられる。

レディネス(2)の①については日常経験から高

表3 学習指導案(単元「物質の物性」2次の第1限)

理 科 学 習 指 導 案 (「物質の特性」の2次の第4時限)

1. 学習題目 未知の液体を見分ける
※
2. 授業目標 未知の液体を定義を使用して、純物質か混合物かを識別し、さらに物質名を判定することができる。
3. 行動目標
 1. 未知の液についての測定方法を計画することができる。
 2. グラフの横軸に時間、たて軸に温度をとり、折れ線にならないように測定値をグラフに、かき表わすことができる
 3. グラフから、物質の沸点を読みとることができる。
 4. グラフから、純物質、混合物を見分け、資料をもとに判定できる。
 5. 他のグループの測定データを解釈できる。
 6. 危険防止に留意し、安全に実験できる。
 7. グループ実験での役割を果し、みんなと協力して実験ができる。
 8. 他の物質について、さらに操作定義を使用して識別したい意欲がもてる。

4. 準備するもの

- ・未知の液体

}	A……エチルアルコールと水(混合比7:3)
	B……エチルアルコール
	C……エチルアルコールとブチルアルコール(混合比7:3)
	D……イソプロピルアルコール
	D……ブチルアルコール
- 5種類……
- ・実験器具(10グループ4人編成)
 - 枝つきフラスコ(10)、試験管(10)、金鋼(10)、砂皿(4)、
 - 鉄製スタンド(10)、ガスバーナー(10)、ピーカー500cc用(6)
 - ピーカー100cc用(10)、ガラス管(10)、温度計100℃用(6)、150℃(4)
- ・記録用紙等
 - TPグラフシート(10)、水性ペン(10)、OHP
 - 物質の沸点資料、記録用紙、グラフ用紙
 - (※未知…この場合は既習や資料にのっている物質である)

5. 指導過程

学習過程	学習の流れ	資料器具	生徒の行動	指導上の留意点	時間
問題提示	<p>始</p> <p>これらの未知の液体を見分けるよい方法はないか (全体)</p>	未知の液体5種類	<ul style="list-style-type: none"> 既習の沸点を調べる方法をもとに話しあう。 	<ul style="list-style-type: none"> 既習の情報をもとに考えさせる 1グループ1種の液を調べる 	5分
学習計画	<p>学習計画を立てる (全体)</p>		<ul style="list-style-type: none"> 未知の液を調べる計画をたてる。 	<ul style="list-style-type: none"> 学習の順序立てについて話しあう。 生徒の発表した学習計画を列記する。 	5分
実験準備	<p>実験方法・実験準備手順の確認 (グループ)</p> <p>実験が準備されたか</p>	実験器具	<ul style="list-style-type: none"> 実験の準備をする 必要な実験器具 注意すべきこと 実験の役割 	<ul style="list-style-type: none"> ブチルアルコールの班は砂皿を使わせる 実験準備ができたことを確認させる。 各グループの学習段階をそのつどチェックする 	
実験	<p>実験と結果の記録 (グループ)</p> <p>実験ができ結果が記録されたか</p>	記録用紙	<ul style="list-style-type: none"> 実験の割役で活動する。 実験の結果を記録用紙に記入する。 	<ul style="list-style-type: none"> 机間巡視し、役割で活動しているか気づかせる。 	15分
結果処理	<p>データのグラフ化 (グループ)</p> <p>グラフが正しくかけたか</p>	グラフシート 水性ペン	<ul style="list-style-type: none"> 実験のデータをグラフ化する。(TP用紙に記入) 	<ul style="list-style-type: none"> 机間巡視し、グラフの線の引き方に留意させる 	10分
結果推論	<p>グラフ化からどんな液体か話しあう (グループ)</p> <p>定義を使用して識別できたか</p>	沸点資料	<ul style="list-style-type: none"> グラフ化から未知の液について推論する。 	<ul style="list-style-type: none"> グラフの形と資料をもとに、純物質・混合物、さらに物質名について判定させる 	5分
問題解決 まとめ	<p>見分けた理由について話しあい。結果についてまとめる。(全体)</p>	OHP グラフシート まとめ表	<ul style="list-style-type: none"> 各グループのグラフシートを重ねそれをもとに話しあう 	<ul style="list-style-type: none"> 他のグループのデータを解釈させる。 	10分
次習課題	<p>次習課題について話しあう (全体)</p> <p>終</p>	ノート	<ul style="list-style-type: none"> 未知の液について純物質・混合物に分け、物質名についてまとめる。 	<ul style="list-style-type: none"> 未知の液5種について識別したのをまとめさせる。 	

いのは当然であるにしても、中1が小6より「アルコール、食用油」の認知が低いことや、②の3が高学年に低いことに疑問がもたれる。

レディネス(3) (正解①) では未習のため小4の結果は当然としても、既習の学年においても一般に低く定着していない。これは水の実験における融点の結果がはっきりととらえにくい点によることも考えられる。

この調査に現われた生徒の実態をもとに、授業設計をはかり表2や図3にしたがって授業実施をした。

2 基礎的な学習(2次1・2・3限)の授業実践

「物質の沸点」の授業には4時間を配当し、そのうち1・2・3時間の学習は、次の第4時

限の学習(生徒の主体性をねらった学習)を支えるものとした。

この学習では、生徒によるアルコールなどの危険性を伴ふ液の加熱実験がなされ、測定・グラフ化・データ解釈の学習がとられるため、生徒の認知面はもちろん技能面が強く要求される。事前調査(図7, 図8(a))による生徒の実態をふまえ、生徒の実験操作や実験器具の扱い、グラフの書き方、グラフの解釈等に留意し、授業実践した。生徒の学習による目標到達度は、図7や図8の事後のチェックで指導者の期待する到達度をもとに確認した。

この学習における生徒実験の結果については、図4に示してある。混合物の混合比によって沸点が変わることを調べる実験では、混合比の差が小さいととらえにくいことを予備実験で

レディネス(1)-物質の区別(記述)

質問内容	物質	方法	学 年				
			小4	小6	中1	中2	中3
物質にはその物質だけしか持たない性質があるよいか。このことを利用して	①食塩とホウ酸	1 味	96%	65	85	65	84
		2 つぶ(手ざわり)	35	29	5	6	2
		3 結晶	17	7	18	39	59
		4 重さ	9	0	5	2	10
		5 溶解(とがす)	4	26	53	57	71
	②アルコールと水	1 火をつける	30	61	60	51	58
		2 重さ(密度)	13	0	28	0	13
		3 におい	30	3	33	15	29
		4 味(のむ)	17	6	23	16	28
		5 手ざわり	9	68	25	9	10
6 沸とう		9	16	38	59	67	
③ロウと石灰石	1 かたさ(さわる)	21	68	75	37	47	
	2 燃やす	9	6	35	26	36	
	3 火でとがす	26	68	33	54	41	
	4 塩酸	0	23	10	12	24	
	5 密度	0	0	0	0	8	

調査人数 小4(23名)小6(31名)中1(40名)中2(77名)中3(84名)

レディネス(2)-沸点について(選択肢)

質問内容	学 年	小4	小6	中1	中2	中3
		①	39(%)	80	68	86
①	1 アルコールは100°Cより低く沸とうする	60	90	98	95	100
	2 水は100°Cで沸とうする	34	83	68	84	80
	3 食用油は100°C以上で沸とうする	0	6	5	2	2
②	1 アルコールより低い	0	0	13	13	14
	2 アルコールと同じ	8	64	40	60	14
	3 アルコールと水の間である	8	0	5	13	9
	4 水と同じ	4	19	20	4	4
	5 水と食用油の間である	30	0	10	2	0
	6 食用油と同じ	21	0	5	0	0
	7 食用油より高い	0	0	0	0	0

レディネス(3)-グラフ化について(記述) %

質問内容	0°Cの水100gを熱したら5分でとけてしまい、10分で沸とうした。さらにそのまま、15分まで熱した。その時の時間と温度との関係をグラフに表わせ				
	①	②	③	④	⑤
学 年	①	②	③	④	⑤
小4	0	4	26	30	0
小6	32	32	6	16	3
中1	30	17	0	7	12
中2	45	25	0	6	7
中3	67	20	3	0	1

確認したので、差の大きい混合比を用いることによってとらえさせた。一応このグラフの結果(図4)から、生徒の各グループとも、実験操作に留意でき、測定が正しくなされ、グラフの解釈などの基礎的な学習ができたものと思われる。

3 主体的な学習(2次の4時限)の授業実践

前時(1・2・3限)の学習における生徒の到達度をとらえ、生徒の実態をふまえて計画した第4時限の指導案は、表3に示してある。

これは「未知の液体の識別」の学習題目で、用意された未知の液体資料を与え、前時で学習した科学の方法によって生徒自身が発見していく学習であって、生徒の探究心を高めることをねらっている。

この授業では、生徒の前時からの学習で、加熱実験の操作になれ、どのグループも測定や記録が円滑に進められ、興味をもって探究的に学習にとりくんだことは、表6の自己評価からも

うかがわれる。

生徒の実験結果については、図5に示してあり、どのグループも一応未知の液について識別でき、第4時限の学習目標がほぼ達せられた。このことは、前期の1, 2, 3限を基礎学習として学習の充実をはかり、実施したからであると思う。

III 評価について

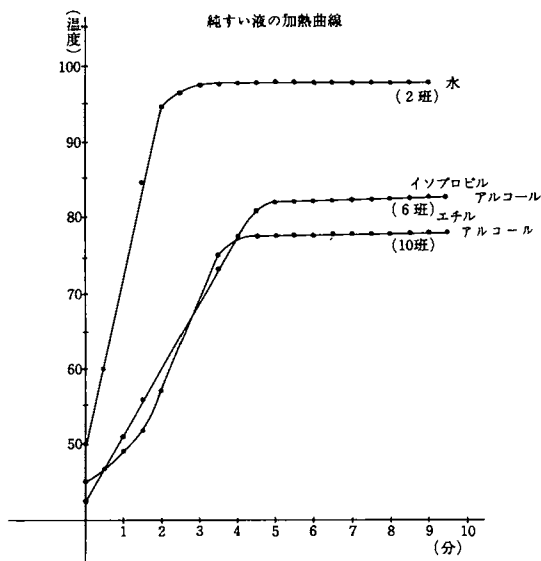
「物質の沸点」の学習について第1限, 2限, 3限は、予想, 実験, グラフ化, グラフの解釈を通しての基礎的な学習をとり、第4限はこれをふまえての発見的な学習を展開し、図3の過程評価によって生徒の到達度をとらえながら授業を進めた。過程評価における各評価の結果については、紙面の都合上主なものについて記述した。

1 プリテスト・ポストテストの問題と結果

プリテストは、これから学習する「物質の沸

図4 生徒実験結果

(a) 純すい液の加熱曲線(第1限)



(b) 混合液の加熱曲線(第2限)

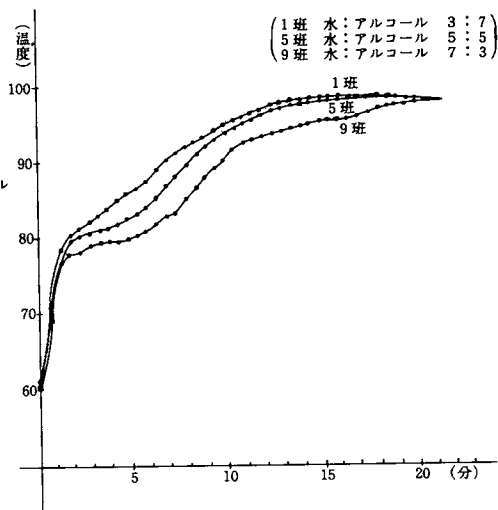
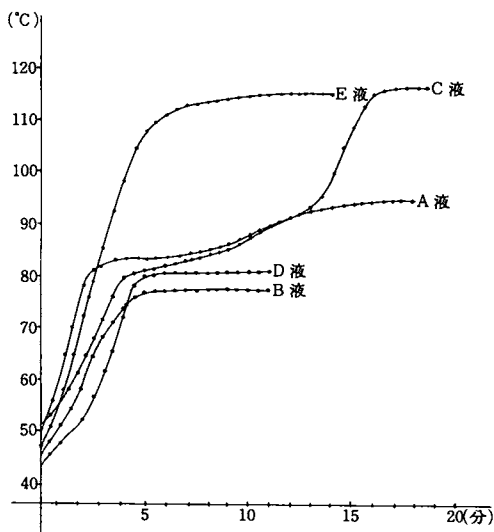


図5 未知の液の識別における加熱実験の結果とそのグラフ化(第4時限)

(a) 生徒実験の結果の測定値

未知液	班	30秒ごとに加熱したときの液の温度																				
		51.0	53.5	56.5	58.0	65.0	68.0	71.0	76.0	80.0	80.5	81.0	81.5	82.0	82.5	82.9	83.4	83.9	84.5	85.3	86.2	
A	1	87.0	88.1	89.2	90.3	91.4	92.0	92.2	92.9	93.4	94.0	94.0	94.1	94.4	94.5	94.5						
		44.0	46.1	49.0	52.0	57.1	62.3	69.0	74.1	76.0	76.5	77.0	77.0	77.0	77.0	77.0						
C	3	87	88	88.5	90	91	92	94	95	100	105	109	113	115	116	116	116.5	116.5				
		50.0	56.0	65.0	70	78	81	82	83	83	83	83	83	84	84	84	84.5	84.5	85	86	86.2	
D	4																					
		45.0	48.0	51.0	54.0	58.0	65.0	68.0	71.0	74.0	78.0	79.7	80.2	80.4	80.5	80.6	80.7	80.8	80.8	80.8	80.8	
E	5	114.4	114.6	114.9	115	115	115.2	115.3	115.5													
		45	51	58	65	72	79	85	92	98	104.5	108	109.8	111	112	112.9	112.9	113.1	113.6	114	114.1	

(b) 未知の液の加熱曲線



点」についてどの程度理解しているかを知るために行い、ポストテストは、学習してどの程度理解したか、学習の伸び率をみるために同じ内容で行った。問題の内容とテストの結果については、図6および表5に示してある。

「物質の沸点」での学習目標をもとに作成したテストの結果(表5(a)(b))について検討すると、問1の(1)が事前から高いのは、小学校で学習したことによると思われる。学習目標から(1)(2)(3)とも正答の場合を完全正答として扱った。

問2, 3, 4においては、事前テストから高い値を示した理由は、既習の関連内容からの転移によるものと考えられる。

2 事中テストと結果

学習の過程の評価は、図3に示すように授業が終わる直後にチェックを行い、1時間の授業について教師がわの評価だけでなく、生徒側からみた自己評価もとらえた。また「物質の沸点」の学習は、引火性の液を加熱沸とうさせ、その時の温度と時間との関係を測定し、グラフ化する実験である。ここでは計量器具、加熱器具を用いるため、正しい扱い方や、安全な実験装置の組み立てなど、生徒の技能面が学習の基本とされる。学習前の生徒の技能面での実態をとらえ、授業中には実験技術の側面からの指導を行った。さらに第2限後に学習前と同じ内容のチェックによる生徒の到達度を確認し、第4限の主体性をめざす学習にえなえた。調査の内容と事前、事後の生徒の到達度については、図7, 8に示してあり、それぞれの結果について考察し述べてみる。

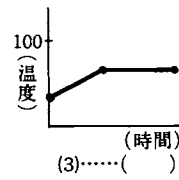
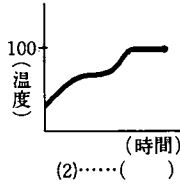
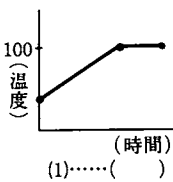
(1) 加熱器具操作のチェックと考察(第2時限)

「物質の特性」の単元では、加熱実験が多くアルコールランプやガスバーナー等の加熱器具が使われるため、実験の安全性から加熱器具の

図6 プリテスト・ポストテストの問題内容

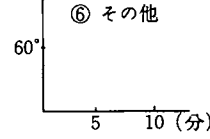
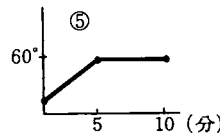
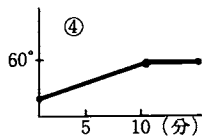
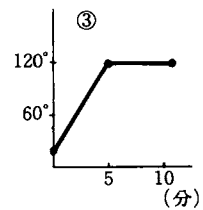
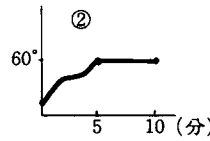
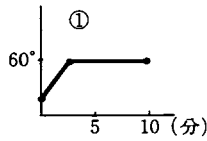
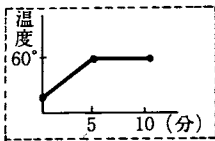
問1

(a)アルコール、(b)水、(c)アルコールと水の混合液をそれぞれ同じようにして加熱したところ、つぎのようなグラフになった。()の中に何を熱したグラフか記号でこたえよ。(答に自信があるときは○で番号をかこめ)



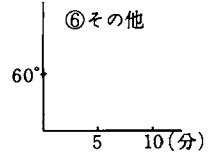
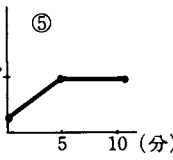
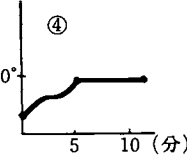
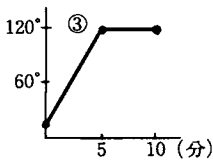
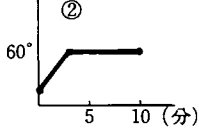
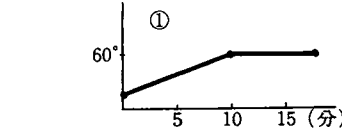
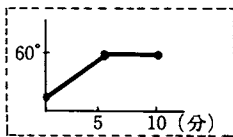
問2

ある純粋な液を加熱し、時間と温度の関係をグラフに表わしたのが左の図である。つぎに同じ液について、体積を2倍にし、他は同じ条件で加熱するとそのグラフはどうなるか番号でこたえよ(その他はグラフ化してこたえる)



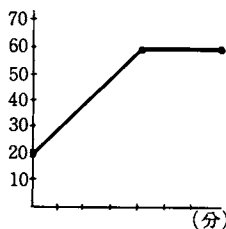
問3

ある純粋な液を加熱し、時間と温度の関係をグラフに表わしたのが左の図である。つぎに同じ液について、火力を2倍にして、他は同じ条件で加熱すると、そのグラフはどうなるか番号でこたえよ(その他はグラフ化してこたえよ)



問4

ある純粋な物質を加熱したときの時間と温度の関係をグラフに表わしたこの物質の沸点はおよそ何度ぐらいか



問5

水とアルコールの混合液(1:1)がある。これを加熱したときの時間と温度との関係のグラフは②のようになった。つぎに、水とアルコールの混合液(7:3)にして同じ量にして熱したときの結果はグラフのどの曲線になるか(答に自信があるときは答えを○でかこめ)

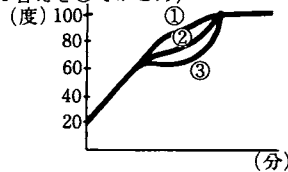
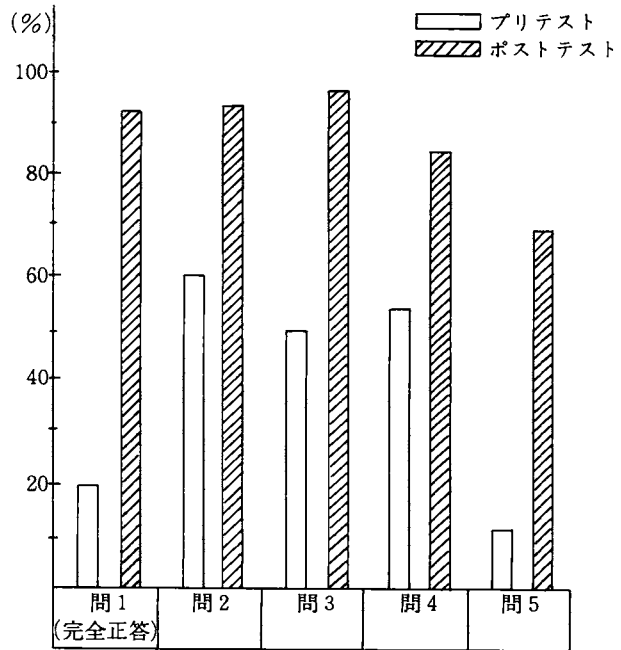


表5 プリテスト・ポストテストの結果と比較

(a) プリテスト・ポストテストの結果 (%)

問題	対象		級全体	上位群	中位群	下位群
	1	2				
1	(1)	P ₁	95	100	100	90
		P ₂	100	100	100	100
	(2)	P ₁	27	30	50	20
		P ₂	95	100	100	90
	(3)	P ₁	29	50	50	10
		P ₂	97	100	100	90
	完全正答	P ₁	20	30	40	10
		P ₂	93	100	100	90
		差	73	70	60	80
	2	P ₁	61	70	70	40
P ₂		95	100	100	90	
差		34	30	30	50	
3	P ₁	49	60	70	40	
	P ₂	97	100	100	90	
	差	48	40	30	50	
4	P ₁	56	80	40	50	
	P ₂	85	90	78	80	
	差	29	10	38	30	
5	P ₁	12	30	0	0	
	P ₂	69	90	89	50	
	差	57	60	89	50	
学習伸(平均)		48	42	49	52	

(b) プリテスト・ポストテストの比較



操作について重視せねばならない。このため、図7(1)(2)(3)(4)(5)(6)の内容で事前事後のチェックを行った。アルコールランプは「物質の沸点」の実験では直接使用しなかったが、ガスバーナーの操作と併せて指導を行った。

チェックの結果を考察してみると、内容(1)については②の事前の数値が低い値を示している。このことは、マッチを実験でよく使っているが、その使い方が正しく守られていないことを物語っている。アルコールランプについては、特に内容(2)では、③の事前値が非常に低く、加熱実験では殆どどの生徒は正しく点火していないことが考えられる。また内容(4)の③の事前値が少ないのは、ビン内のアルコールの量が極端に少なくないならば加熱には関係がないと考え

ているようだ。

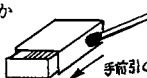
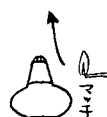
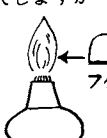
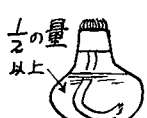
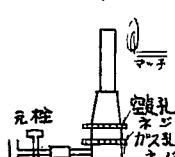
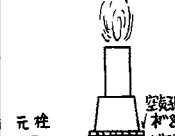
(2) 計量器具操作のチェックと考察(第2時限)

「物質の沸点」の学習では、一定量の液について加熱実験を行うため、計量器具の操作が重要視されることから、図7, Bの(1)(2)(3)(4)の内容で事前事後のチェックを行った。結果をみると内容(1)(2)については②③の事前値が高く、小学校で扱かわれ大体身についているといえる。内容(3)(4)については、③②の事前値はともに、かなり低い。このことは、誤差を少なく正しくはかりとるための、メスシリンダーの選び方やはかり方について、殆ど無関心であるといえる。

以上が、加熱器具や計量器具の操作の事前のチェックの結果から、生徒の実態を把握し、そ

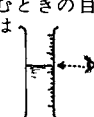
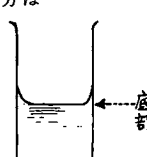
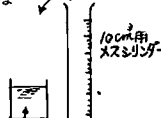
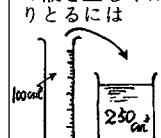
図7 実験器具操作のチェックの内容と結果

(A) 加熱器具の操作のチェック内容と結果

質問と操作の内容	選択 チェック 自信	①手前引く(手前頭薬あり)			②手前引く(手前頭薬なし)			③手前引く(手前頭薬なし)							
		事	前	事後	事	前	事後	事	前	事後					
(1)マッチはどのようにしてつけますか 	有 無	20 2	46 15	20 15	有 無	0 0	93 7	0 0	有 無	0 0	93 7	0 0			
(2)どのようにして点火しますか 	有 無	15 12	10 32	7 24	有 無	0 0	0 0	95 5	有 無	0 0	95 5	0 0			
(3)どのようにして消火しますか 	有 無	0 0	5 5	63 27	有 無	0 0	0 0	95 5	有 無	0 0	95 5	0 0			
(4)点火しても良いアルコールの量は 	有 無	3 15	13 33	8 28	有 無	0 0	10 0	88 2	有 無	0 0	88 2	0 0			
(5)ガスバーナーの点火の順序は 	方法 チェック	① 2→3 →1→5 →4	② 2→3 →5→1 →4	③ その他	事 前	22	20	58	事 後	32	54	14			
(6)ガスバーナーの消火の順序は 	方法 チェック	① 2→5 →4	② 5→4 →2	③ 4→5 →2	④ その他	事 前	41	17	17	25	事 後	0	2	98	0

備考 1. マッチを近づける 2. 元栓をひねる
3. マッチで点火する 4. 空気孔ネジをひねる
5. ガス孔ネジをひねる

(B) 計量器具の操作のチェック内容と結果

質問と操作の内容	選択 チェック 自信	①上から			②ま横から			③下から				
		事	前	事後	事	前	事後	事	前	事後		
(1)読むときの目の位置は 	有 無	0 2	93 5	0 0	有 無	2 0	93 0	0 0	有 無	0 0	93 0	0 0
(2)読みとる液面の部分は 	有 無	2 0	2 0	73 23	有 無	0 0	0 96	有 無	2 0	0 2	96 2	0 0
(3)15cm ³ の液をはかりとる適当なメスシリンダーの種類は 	有 無	0 3	25 50	5 17	有 無	0 0	3 89	有 無	0 0	3 5	89 5	0 0
(4)100cm ³ 用メスシリンダーで250cm ³ の液を正しくはかりとるには 	有 無	22 33	5 35	0 5	有 無	10 0	83 7	有 無	0 0	7 0	0 0	0 0

備考① 1, 2回目とも目分量で加減し 100cm³をはかりとり、3回目は目分量で加減し50cm³をはかりとる。
② 1, 2回目とも 100cm³近くの適当な量を目分量ではかりとり、3回目は残りの量を目分量ではかりとる。
③ 1, 2, 3, 4, 5回目とも目分量で加減して50cm³をはかりとる。

れをふまえて学習したことにより、事後のチェックの結果が全般に高くなったものと判断できる。

(3) 蒸留装置のチェックと考察(第2時限)

安全に実験を行い、しかも精度が高いデータを得るためには、実験装置にも焦点をあてねばならない。まず「物質の沸点」の実験装置について生徒の理解度を知るため、事前に「アルコー

ルの沸とうについて、時間と温度の関係をしらべる実験装置を工夫し、図で表わしなさい」と発問し、生徒に装置を自由に図示させ、併せて留意することがらについても付記させた。これが図8(a)である。それによって、生徒の理解度や操作面での問題点を見出し、それをふまえて学習を行った。ついで2限後、再び同じ発問を試み生徒に図示させたのが図8(b)である。

その評価の方法については、図9(a)に示すように、評価の観点として沸点の実験装置における必要な器具や、実験上留意せねばならない箇所を9つにしぼり、それにもとずいて生徒の書いた図8(a)(b)についてチェックした。また図8(a)(b)の下に付記した留意事項について、分類を行ない、その結果については図9(a)(b)に示した。

チェックの結果(図9(a))を考察すると、級全体として①～⑨の評価観点で事前から高いものについては、①③⑦⑧があげられる。これらについては、平素よく実験で体験していること

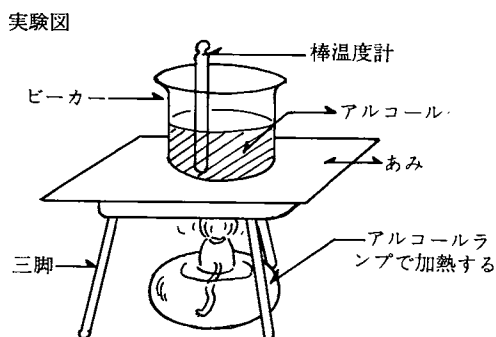
ろであり、発問の内容からもヒントを得て図示できたものと考えられる。事前で低いものには、②④⑤⑥⑨があげられるが、②は実験経験が少なく、④⑤⑥⑨については殆んど経験がないものである。成績群別の結果についても下位群の①⑦以外は、全般に同じことがいえる。

次に事前と比べて事後の伸び率の著じるしいものについて見ていくと、級全体としては、②④⑤⑥⑨があげられ、成績群については、どの群も同じことがいえる。

図9(b)の調査は、図9(a)の裏づけにしようと考えたもので、図9(a)と関連させながら考察してみると、図9(a)の評価観点については図9(b)では留意される点として、殆んどが付記されている。事前、事後ともあまり変わらない図9(a)の評価観点①③⑦⑧について、図9(b)の級全体欄でみると、内容がそれらと関連している番号(1, 2, 3, 5)でも同じことが見られた。図9(a)の事前で著じるしく低かった評価観点②

図8 アルコールの沸点を調べる生徒のかいた実験装置図(原図はトレースの際書きされた)

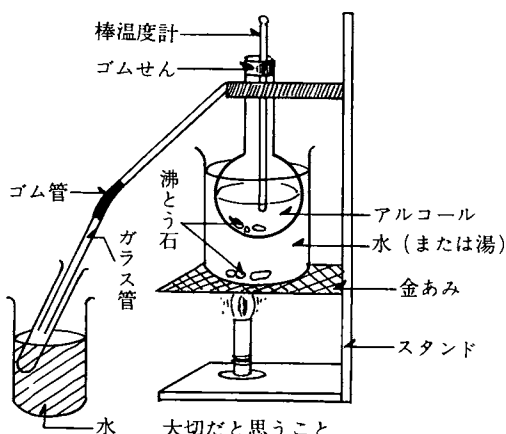
(a)生徒の学習前の実験装置(予想図)



大切だと思うことから

- ・ 1 棒温度計をビーカーにあてない
- ・ 2 アルコールがふっとうする時をうまくとらえる
- ・ 3 棒温度計を正しい位置でよみとる
- ・ 4 アルコールランプの強さにきをつける
- ・ 5

(b)生徒の学習後の実験装置図(2限後)



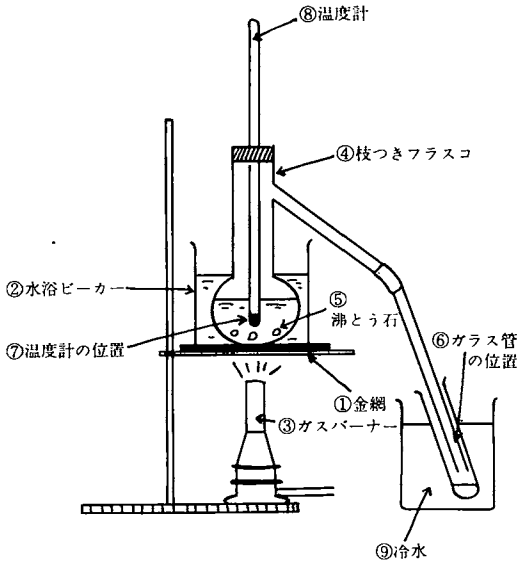
大切だと思うこと

- (1) ガラス管は流れしてきた液体につけないように(逆流防止)
- (2) ゴムせんは特にしっかりしておく
- (3) 沸とう石は必ずフラスコ、ビーカーにそれぞれいれておく
- (4) 金あみは必ずおいてやる

図9 実験装置図の評価による内容分析と結果

(a)実験装置における評価観点と結果

アルコールの沸点を調べる実験装置図



評価観点	級全体		成績群					
			上位		中位		下位	
①金網	事前	73	前	80	前	90	前	60
	事後	95	後	100	後	100	後	90
②水浴装置	事前	27	前	40	前	30	前	40
	事後	98	後	100	後	100	後	100
③熱源	事前	95	前	100	前	100	前	90
	事後	100	後	100	後	100	後	100
④蒸留装置	事前	10	前	10	前	0	前	0
	事後	98	後	90	後	100	後	90
⑤沸とう石	事前	2	前	10	前	0	前	0
	事後	93	後	100	後	90	後	100
⑥試験管内のガラス管の位置	事前	2	前	0	前	0	前	0
	事後	90	後	90	後	100	後	80
⑦温度計の位置	事前	78	前	100	前	90	前	60
	事後	95	後	100	後	100	後	90
⑧温度計	事前	93	前	100	前	100	前	80
	事後	100	後	100	後	100	後	100
⑨冷水	事前	2	前	0	前	0	前	0
	事後	100	後	100	後	100	後	100

(b)実験装置での留意点についての生徒の記述内容

(数字は%を表わす)

番号	内 容	級 全 体		上 位 群		中 位 群		下 位 群	
		事 前	事 後	事 前	事 後	事 前	事 後	事 前	事 後
1	温度計の読み方	37	48	50	60	70	60	0	20
2	温度計の球部の位置	32	35	40	50	50	60	20	20
3	ガスバーナーの使い方	22	20	20	10	30	50	30	20
4	炎の位置	0	12	0	20	0	20	0	0
5	炎の強さ	15	15	10	10	10	10	0	0
6	アルコールの純液	7	5	10	10	0	0	0	0
7	メスシリンダーの使い方	7	20	0	20	20	20	0	10
8	金網	5	33	0	50	10	30	0	0
9	沸とう石	2	53	10	90	0	60	0	20
10	蒸留装置	0	8	0	10	0	10	0	10
11	時間のはかり方	22	30	20	50	30	30	20	30
12	スタンドの固定	20	15	30	20	20	20	10	0
13	燃焼物をおかない	34	25	60	20	20	40	40	30
14	正しく記録	10	10	10	0	0	0	10	10
15	ガラス管の先端の位置	0	70	0	70	0	70	0	70
16	ゴム管のねじれ	0	5	0	0	0	0	0	0
17	水浴装置	20	28	0	40	0	40	10	0
18	冷却装置	0	15	0	30	0	20	0	0
19	条件統一	22	33	10	10	0	0	0	0

表6 生徒の自己評価結果(第4時限)

数字は%

	評価項目	級全体		上位		中位		下位	
		○	×	○	×	○	×	○	×
認知	1 グラフから純粋な液と混合液を見分けることができたか。	100	0	100	0	100	0	100	0
	2 グラフから物質の沸点を読みとることができたか。	98	2	100	0	100	0	100	0
	3 他のグループの測定データを解釈できたか。	95	5	100	0	100	0	80	20
技能	4 温度計の読みは $\frac{1}{10}$ の目盛まで読んだか。	100	0	100	0	100	0	100	0
	5 グラフの横軸に時間を、たて軸に温度の目盛をとったか。	100	0	100	0	100	0	100	0
	6 グラフで折れ線にならないように引いたか。	90	10	100	0	80	20	80	20
	7 やけどや、けががなかったか。	100	0	100	0	100	0	100	0
情意	8 自分の役割を果たしたか。	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 65 & 35 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 80 & 20 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 80 & 20 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 50 & 50 & 0 \end{array}$				
	9 協力して実験をしたか。	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 58 & 40 & 2 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 60 & 40 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 80 & 20 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 40 & 50 & 10 \end{array}$				
意	10 実験に興味をもてたか。	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 78 & 22 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 80 & 20 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 80 & 20 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 70 & 30 & 0 \end{array}$				
	11 未知の液体についてもっと調べてみたいと思ったか。	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 68 & 30 & 2 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 80 & 20 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 60 & 40 & 0 \end{array}$	$\begin{array}{ccc} a & b & c \\ & & \\ \hline 70 & 20 & 10 \end{array}$				

④⑤⑥⑨について、図9(b)の関連している番号をみると、9、15、18とあげられる。成績群の上位・中位下位群(例外なものもあるが)についても、このことが大体いえるようである。以上、図9(b)の関連から図9(a)の評価観点3、5、6、7、9については、生徒に実験装置では留意され、定着していると考えられる。

以上の図9(a)(b)の考察から蒸留実験での技能面や留意点についての生徒の実態が把握できた。

(4) 主体的学習の評価とその考察(第4時限)

「物質の沸点」の学習は、1、2、3限を基礎学習として、技能面に重点をおいて実施し、過程評価により学習到達度を把握し、第4限の主体的学習をめざして実践した。実践については、図5で述べたが、授業の評価については、理科学習指導案での授業目標、行動目標をもとに表6を考察してみる。

授業目標については、まず図5での生徒の実験記録や加熱曲線から、探究的に学習がなされたことが考えられる。また表5(a)の間1の完全正答率での学習の伸び率は、級全体・成績群

とも高く、目標が達せられたものと思う。

行動目標について、表6の認知・技能面では、級全体、成績群ともかなり高い数字を示し、目標が到達されたと考えられるが、情意面では全般に良いとはしても、数にバラツキがみられることからとらえにくい。

以上、授業目標、行動目標について評価の結果から、学習の目標が達せられ生徒の主体的な学習がとられたものと思う。

IV 考察

1 生徒の意欲の変化について

「物質の沸点」の学習を実施し、評価によって生徒の学習の到達度を把握することにつとめたが、授業の評価をできるだけ客観性のあるものにするため、授業の終るごとに図10により生徒自身にチェックさせ、それによってもとらえてみた。評価段階のaを3点、bを2点、cを1点に換算して平均を出し、時限別・成績群別の集計によって各評価項目をグラフ化したのが、図11(a)(b)である。

これによって「物質の沸点」の学習における

生徒の学習意欲の変化をとらえてみると、各時限ごとについて図11(a)では、全般に1, 2, 4限と授業が進むにしたがい、各評価項目とも少しずつ高くなっている。特に実験計画, 実験についてはかなりの差がみられる。このことは意欲をもって基礎学習がなされ、4限が主体的に学習がなされたものと思われる。たゞ2限のグラフ化において、低い値を示したのは、純すいな液と比べて混合液のグラフ化の複雑さに原因があると考えられる。(第3限は評価項目が異なるために除外した)

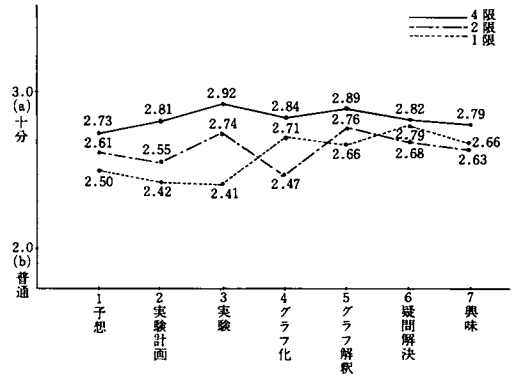
つぎに図11(b)では、上位・中位・下位群とも第4限の評価が高い。興味をもって主体的に学習がとられたからであると思う。評価項目のグラフ化では、上位・中位・下位群とも第2限での落ちこみがみられ、特に上位群が著しい。これは純物質と比べ混合物のグラフ化の複雑さと、作業にきちょう面さが要求されることが原因となっていると考えられる。下位群についてみると評価項目の評価にバラツキがあり不安定である。上位・中位群と比べ、生徒の思考が浅く、単純な点も考えられ、下位群については、今後もっと多面的に評価をはからねばならない。

図10 生徒の学習自己評価表

学習 題目 評価 項目	1限 純すいな 液の沸と うする温 度につい て	2限 混合液の 沸とうす る温度に ついて	3限 グラフか ら純物質・ 混合液の ちがいに ついて	4限 未知の液 の識別に ついて
1 予想をた てること ができた か	a b c	a b c	1. グラフのちがいに気がついていたか a b c	a b c
2 実験計画 ができた か	a b c	a b c	2. 沸点量は時間だけ変わるかわかったか a b c	a b c
3 実				

図11 生徒の学習自己評価集計と学習意欲の変化

(a) 各時限の学習自己評価集計による比較表



(b) 成績群別学習自己評価での各時限比較表

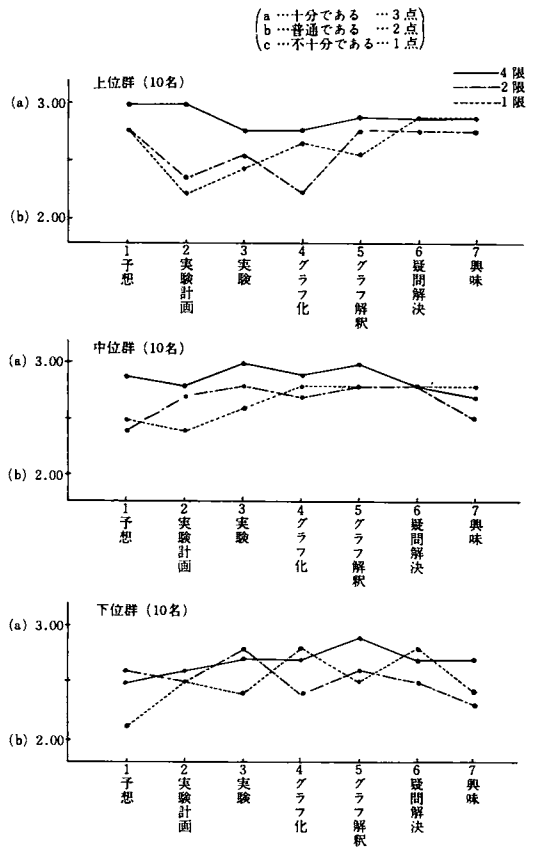
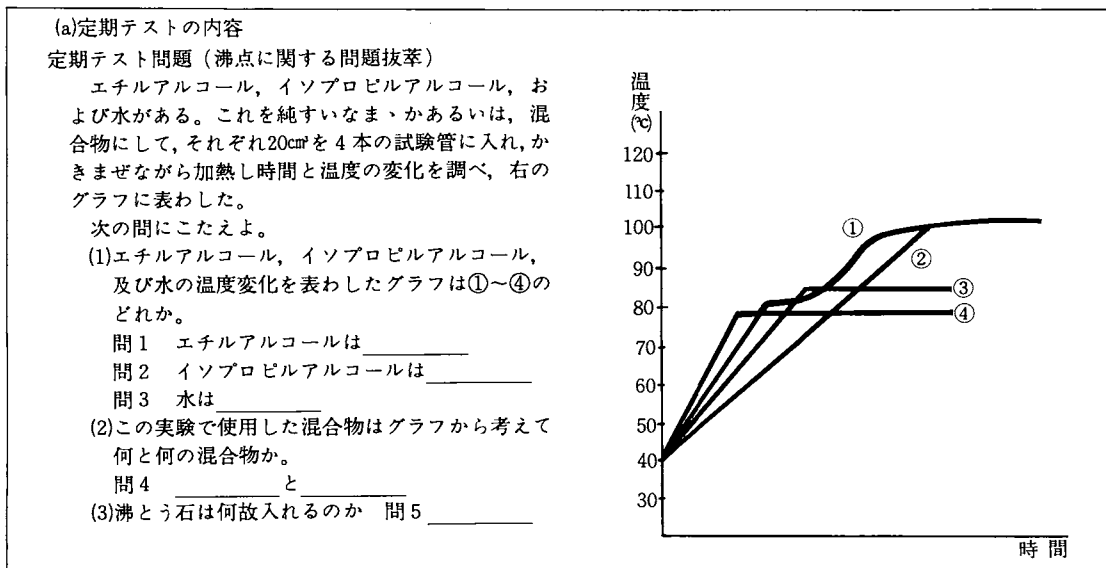


図12 定期テストの内容と結果および把持テストの結果との比較



(b)定期テストの実験級・対照級の結果と有意差検定 (人数)

問題	問1	問2	問3	問4	問5
級					
実験級	33	33	41	32	36
対照級 (5クラス平均)	22	23	35	23	18
有意差検定	6.7	5.6	6.5	4.5	17.6
備考	・知能偏差値級平均…実験級 (53.7) 対照級 (54.2) ・検定計算はカイ二乗検定式 $\frac{n(ad-bc)^2}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}$ を用い信頼度95%, 3.84≤で差があると判定する				

(c)定期テストと把持テスト（その1ヶ月後）の比較表 (%)

問題	問1	問2	問3	問4	問5	
級						
級全体	定期テスト	80	80	100	78	88
	把持テスト (定期テスト 1ヶ月後)	78	76	98	90	95
把持テスト	上位群	80	90	100	100	100
	中位群	80	80	100	100	100
	下位群	60	60	100	70	90

2 定着テストについて

授業を実践して2週間後に、定期テストが実施された。出題者は他教師で、本研究の学習に関係ある問題内容については、図12(a)に示してある。これによって実践した「物質の沸点」の学習の定着度を把握することが可能である。

実施した実験クラス、及び他の対照級(5級)のテスト結果や有意差検定結果について、図12(b)に示した。図12(b)のデータでは、各問について実験級・対照級の間にかかなりの差がみられるが、その差は有意差検定によって検討した。実験級、対照級の知能においては学級差が殆んどなく、したがって有意差検定では3.84より大であれば、95%の確率で学級間に能力差があるといえる。図12(b)に示すように、各問いずれも3.84より大きな差を示し、問5では特に差が大である。

以上、テストの結果では、実験級・対照級に差があり、前者の学習の定着度が高いということがいえる。図2の授業設計で実施したことが、学習の定着度を高くしたものと考えられる。

つぎに同じ定期テストの内容で更に1ヶ月後実施した把持テストの結果は、図12(c)である。定期テストと比較し、全体として学習が定着していると思われる。

以上定期テストや把持テストの結果から、図3の授業設計で実施したことが、沸点の学習の定着度を高くしたものと考えられる。

V ま と め

本報告は中学校理科「物質の特性」の単元における「物質の沸点」について、基礎学習技能面の重視をふまえ、生徒の主体的学習をはかった授業実践例である。その概略を設計、実施、評価の各プロセス毎に記す。

授業設計

教材分析、単元目標分析、生徒の実態調査(学年にわたる)、行動目標の設定等を経て、主体的な学習をねらう指導細案を作成した。そのため

基礎学習技能面が重視され、学習の定着をはかる過程の評価を計画した。

授業実施

生徒の学習の到達度を知り、基礎学習(1, 2, 3限)の充実をはかるため、学習の事前・事後のチェックをいろいろ行った。授業当初はチェックを嫌う姿の者もみられたが、次第に到達度を意識することによって、自己認識が深まり、意欲的に学習にとりくまれ、基礎学習の充実によって、第4限の授業は自主的、探究的に進められた。学習における技能面を重視したことはよかったが、生徒による混合液の加熱実験では、予備実験などから混合比の差を大きくして行ったが、適切な混合液については、今後なお検討の必要がある。

授業評価

授業者と学習者の両者のみで、第三者を混えないため、平素でも実施できる過程評価を企図した。一方客観性を増すため、できるだけ多くの観点と記述による評価法を採用した。技能面の評価は事前のチェックをふまえ、学習後のチェックから到達度をはかったが、これはあくまでレポートによる評価である。実験操作途中の過程にポイントをおく評価—パフォーマンステストなどについては、実施に困難性はあるが、とりくまねばならないことがらであると思う。このほか過程の評価については、生徒の学習を中断しないで、授業にとけこんで評価する方法を見出したい。また平素の授業では、授業観察者による評価は望めないため、できるだけ録音による方法をとるなど、多面的評価を考えていきたい。

付記

本報の研究を進めるにあたり、研究の機会を与えられた石川県教育委員会、金沢市教育委員会のご好意に感謝申し上げます。

また実践の場を与えて下さり、終始ご激励下さった金沢市泉中学校伊東平俊校長、ご協力下さった泉中学校理科教諭ご一同、ご助言をい

たぐいた金沢市教委木村道夫指導主事，金沢科学教育研究会員各位に深い謝意を表します（平岡記）

文 献

- (1)水越敏行・金沢市理科教育研究グループ：「理科発見学習における設計・実施・評価の実証研究」（第1報—第3報），金沢大学教育学部紀要，22号，p.41（1973）；24号，p（1975）。
- (2) 水越敏行・金沢市理科教育研究グループ：「授業研究の方法論」，現代教育工学，No.40,p.144（1974—5）。
- (3) 坂元昂：「教育工学の原理と方法」明治図書（1974）。
- (4) 山崎豊・水越敏行（編）：「小・中・高をつなぐ理科教育の構造・過程・評価」，黎明書房（1973）。
- (5) 文部省：「中学校指導書（理科編）」（1970）。
- (6) 森川久雄：「行動目標の設定と評価」明治図書（1972）。
- (7) 小金井正己・武田一美・森川久雄：「中学理科探究過程の構成（第1分野II）」明治図書（1973）。
- (8) 金沢市中学校理科部会：「理科教材精選案」，理科部会資料，（1974）。
- (9) 湊昭雄・武田一美・佐久間光一・大野正雄共編「理科パフォーマンステスト」中学校第1分野 東洋館出版社（1975）。
- (10) 日俣周二・：横浜市立街小学校「学習目標の明確化と形成的評価」—マスタリー・ラーニング方式の実践— 東洋館出版社（1974）。
- (11) 中獄治磨「最適学習方式」三見書房（1973）。