

## 科学の探求過程を重視した中学校理科実験ワークシートの研究

著者	織田 寛嗣, 山崎 豊
雑誌名	教育工学研究 = Studies in educational technology
巻	1
ページ	59-69
発行年	1976-03-15
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/24931">http://hdl.handle.net/2297/24931</a>

# 科学の探究過程を重視した 中学校理科実験ワークシートの研究

織田 寛嗣\*・山崎 豊

## I はじめに

理科教育の現代化の一環として、「探究方法の習得」と言う問題が提起されてから、これまで教育現場では数多くの実践研究がなされている。この形式陶冶面に関しては、発見学習が有効な方法であることが、一般に認められているが、中学校でのその実践は容易ではない<sup>1)</sup>。

著者(織田)は、中学校レベルにおける「探究方法の習得」には、「実践ワークシート」<sup>(注1)</sup>の利用が有効であろう<sup>2),3)</sup>と考え、永年これを採用して授業を進めてきたが、今回その実践例を報告する。

これまで提案されたワークシートには、種々のものがあるが<sup>(注2)</sup>、これらは概して、印刷記述が詳細であって、教師の意図がかなり強く現わされている。水越敏行氏<sup>4)</sup>は〈制御—発見〉の2観点から、学習方式の分類を試みているが、これに従えば、従来のものはプログラム学習の線に沿ったもので、制御の強い方式と言える。

著者は、従来のシートと併行して、一方ではもっと制御の手を緩め、できるだけ探究のプロセスを重視したワークシートが必要であり、特に実践教材にはこれが望ましいと考える。このような考えに基いて、次章のようにワークシートの形式について改良を試みた。

(注1) 実験ワークシートとは、実験・観察・実習の際に、授業ガイドとして生徒が利用するため教師が立案作成したシート(紙片)で、これを使用することによって、著者は次のような効果をねらった。

① 生徒が自主的に問題意識をもって学習する。

② その教材の探究過程を、生徒が知らず知らずの間に会得するようになる。

(注2) これまで下記の学校・機関から、ワークシートの実例が研究提案された。

石川県美川中学校(1970)<sup>5)</sup>

東京都立教育研究所科学研究部(1972)<sup>6)</sup>

京都市青少年科学センター(1971)<sup>7)</sup>

金沢大学教育学部附属中学校(1974)<sup>8)</sup>

以上のワークシートは、それぞれ工夫のあとがみられ、われわれも学ぶところがあった。

## II 実験ワークシート形式の改良

著者らの提案しようとするワークシート(図7~14)は、永い実践期間中において、少しずつ改良され現在のものに到達したのである。その経過を次に記す。

### (1) 昭和42年~昭和43年

著者らのワークシート研究の出発点は、授業中ノートをとる時間の節約と、無関心児への対策にあった。授業前に補助資料として、市販「理科ノート」の形式の紙片——表1「ワークシート(その1)」——を生徒に与え、すこしでも関心を引き、また授業中ノートをとる時間を省こうと考えた。しかしながら、この種のワークシートは、単に実験結果を記録することにとどまり、テスト式・注入式であって、探究的態度は一向に芽生えないことが、だんだんと判った。

\* 金沢市立小将町中学校教諭(金沢大学教育学部教育工学センター研究員)

表1 ワークシート (その1)

水の電気分解 1. 水を電気分解すると正極、負極にはそれぞれ何が発生しましたか。又どんな割合で発生しましたか。 正極 ( ) 負極 ( ) 割合 ( ) 2. 発生した気体について実験したら次のような結果になった。それぞれ気体の名まえを書きなさい。 実験1. 発生した気体に火をつけたら、ポツと音をたて青白い炎をあけて燃えた。 (気体の名まえ ) 以下省略
--

(2) 昭和44年～昭和45年

表1のワークシートを使用しているうち、上述の問題点に気づいた著者は、偶然石川県石川郡美川中学校にて、西川毅教諭のワークシートに接する機会を得た。西川氏のワークシートは、探究過程のルールが設定されこれに沿って学習が進められる方式のものであった。言いかえる

と単線型で、かなり制御の強いものと言える。著者はこれを参考にして、印刷部分をより簡略化することによって、探究的態度を伸ばそうと考え、図1「ワークシート(その2)」を考案した。これを生徒1人当り年間7～11枚与え、実験の都度記入させることにした。

この実験用シートは、全ての教材に対し、同種のシートを使用するのであるが、記入例(図2)から判るように、次の諸点が新たな問題点として起った。

- ① 記入するスペースが多く、生徒は授業中シートの記入に追われ、また時間内に記入できないため家庭学習にまわすこともしばしばである。
- ② 探究のプロセスが、生徒に明確に把握されないままに、授業が終わってしまう。
- ③ この形式の実験シートは、利用できる教材が限られる。

図1 ワークシート (その2) 用紙

理科実験カード		No.	
題目			
氏名		月日	
目 標	目 的	仮 説	説 明
結 果	結 果	グ ラ フ	説 明

図2 ワークシート (その2) 記入例

理科実験カード		No.11	
題目 III エネルギーとそのうつりかわり			
氏名 ○ ○ ○ ○		月日 昭和45年1月17日(土曜日)	
目 標	目 的	仮 説	説 明
結 果	結 果	グ ラ フ	説 明

物体の速さとエネルギーの関係を調べる。

物体のする仕事は速さに比例する。

仕事	260	650	780	1170	3900
距離	2	5	6	9	30
速さ	54	60	84	174	204

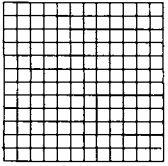
実験結果のグラフより、物体のした仕事は、速さの二乗との間に比例関係があることが実証された。

仕事 vs 速さ (曲線)

仕事 vs 速さ<sup>2</sup> (直線)

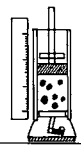
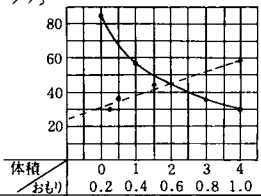
グラフをつくる基礎ができていないため、いらぬ時間を費やしてしまい、時間のむだであった。

図3 ワークシート（その3） 用紙

実験ワークシート		No.	
昭和 年 月 日	年	氏名	
〔目標〕気体の圧力と体積の関 ※ 係を分子運動から知る		〔単元〕 ※物質の三態	
〔実験法〕			
〔予想〕			
〔データー〕			
〔グラフ〕		〔解釈〕	
		〔仮説〕	
〔反省〕		〔評価〕	

※印は時前記入

図4 ワークシート（その3） 記入例

実験ワークシート		No.8			
昭和49年9月4日	中学 年	氏名 ○ ○ ○ ○			
〔目標〕気体の圧力と体積の関 係を分子運動から知る		〔単元〕 物質の三態			
〔実験法〕					
		○ 電圧を一定にし同じ回転数にする。 ○ おもりの数をかえる（圧力）			
〔予想〕 反比例する					
〔データー〕					
おもり	0	1	2	3	4
体積	85	58	42	36	30
逆数		1	0.5	0.3	0.25
〔グラフ〕		〔解釈〕			
		原点をとらないわけ ○ピストンの重さ ○まさつ力			
		〔仮説〕 体積と圧力は反比例する。			
〔反省〕 逆数の線が、うまくかけなかった。		〔評価〕 ○			

(3) 昭和46年～昭和49年

前述のワークシート（図1）を利用した際の反省から、次の視点に立ってワークシートの改善を図った。

- ① 種々の教材に合致するよう、ワークシートに若干のヴァリエティをもたせる。そして印刷部分をやゝ多くする。
- ② 探究の過程に沿った欄作りをし、「科学の方法」を正確に会得できるようにする。

このようにして作成されたものがワークシート（その3）（図3）である。このものは生徒にとり、ワークシート（その2）より記入が容易であるが、それでも生徒の記入したワークシート（図4）をみると、実験法の説明不足、データーの単位不明、不完全なグラフ化、解釈の非論理性などが指摘できる。この問題点を克服するため、探究プロセスの解明とこれをふまえた、ワークシートの作成をめざして、次章のような考察をほどこした。

III 探究のタイプとワークシートの実例

前節図3のワークシートでは、探究の各プロセスが総花的に盛り込まれている。これでは生徒が各プロセスを差実に身につけることができない。著者らは探究過程をいくつかの単位プロセスにわけた。そして教材によってそれぞれ知識内容が異なるように、教材を通じて習得するのに適合した探究の単位プロセスも異なるものと考えた。この検討の結果、探究のタイプを次のような11の類型に分類し、それに応じてヴァリエティのある実験ワークシートを作成した。

1 探究のタイプ

探究の過程は、一般に①問題の把握、②情報収集、③情報処理、④法則性の発見、の順序をとると言われるが<sup>9)</sup>、具体的な探究過程においては、さまざまな類型ができる。

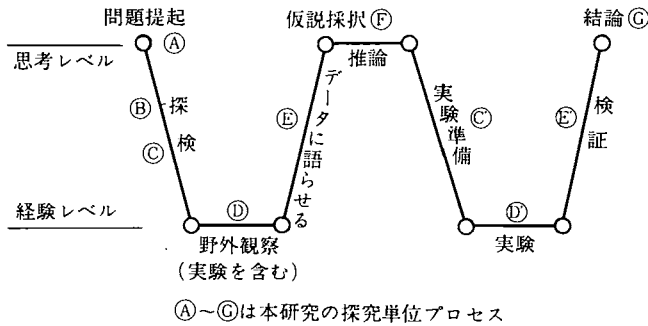
表2 ワークシートに採用した探究過程のタイプ

探究の過程 探究のタイプ	探究過程										
	A	B	C	D	E	F	(C)	(D)	(E)	G	
①*	●			●	●						単純実験型
②	●		●	●	●						帰納型(1)
③*	●	●	●	●	●						帰納型(2)
④	●		●	●		●					
⑤*	●			●	●	●					
⑥*	●	●		●	●	●					
⑦	●	●	●	●	●	●					
⑧*	●						●	●	●	●	演習型
⑨	●					●	●	●	●	●	
⑩*	●	●	●	●	●	●	●			●	完全探究型
⑪*	●		●	●	●	●					分類型

表3 作成したワークシートの数(探究タイプ別)

学年 類型	1 年 年		2 年		3 年	
	1 分野	2 分野	1 分野	2 分野	1 分野	2 分野
①	3	13	4	6	1	14
②	5	3	4	5	0	
③	1	1	0	0	3	3
④	2	0	1	4	3	3
⑤	4	0	2	1	1	0
⑥	2	0	2	1	1	0
⑦	2	0	7	1	3	1
⑧	0	1	1	0	0	0
⑨	4	0	1	1	1	0
⑩	2	0	0	0	5	0
⑪	1	4	1	1	0	0
計	26	22	22	19	23	21

図5 川喜田の探究過程図



本研究では、探究の全過程を下表のように(A)~(G)の単位プロセスに区分し<sup>(注3)</sup>、各実験教材についてそれぞれの教材がどの単位プロセスを重点的に指導すればよいかを考察した。この結果、選抜した単位プロセスの組合わせによって、実験教材の指導に関し、下の表2のごとく11通りの探究のタイプに類別された。(なお、著者の作成したワークシートが、各類型にそれぞれ何枚が属するかを表3に、学年別・分野別に表示

した。)

(注3) 表2の(A)~(G)の単位プロセスを川喜田二郎氏<sup>10)</sup>の探究図表と対照させると、図5のようになる。

## 2 探究タイプ別ワークシートの実例

著者は、前述のような研究経過をたどり、逐次シートを改良した。この結果、探究タイプ別ワークシートを作成した。このものの代表的なものをつぎに例示する(図7~14)

これらのものの特徴は



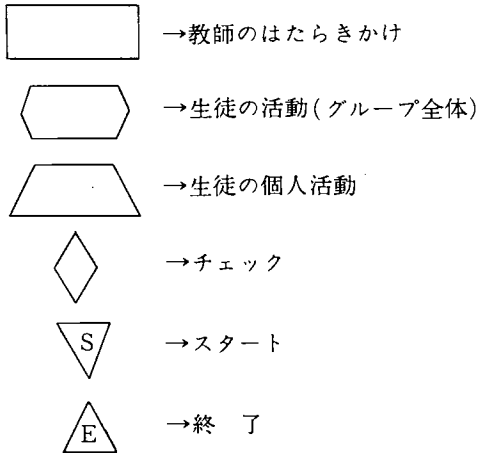
- ① ワークシートは教科書（東京書籍）の実験教材全部について、その内容に合わせて作成してある。
- ② ワークシートには指導略案を付記した。
- ③ 効果的・能率的な授業をするため、実験に使用する物質の量、実験所要時間等について予備実験データを付記した。
- ④ 学年が進むにつれて、易から難へ移るよう（単位プロセスの数が増す）に配慮してあるので、空欄が多い割りに、生徒にとって記入は困難でない。
- ⑤ フローチャート記号は次の通りである。これは、金沢市中学校理科部会のものを参考にした。
- ⑥ 指導案の文中  が探究過程の重点目標で、 はその過程中で会得させたい科学的技能である。

図6 フローチャート記号



なお、全学年の単元について、ワークシートを作成したのであるが、各ワークシートの単元名、探究の過程を一覧表にして巻末に付した。(表4, 5)。

#### IV ま と め

昭和42年からワークシート利用の実践研究

を始めた。数回の試行経験(表1, 図1, 図3)を経て、探究タイプ別ワークシート(135種)を作成した。その一覧表を巻末に、またその代表例を図7~14に示してある。

これを授業に使用した際の利点として、次のことがあげられる。

- ① 生徒が教材の目標を正確につかむことができる。
- ② 技能目標の評価が容易である。
- ③ 授業の能率化を図ることができる。

ことに、帰納・演習各タイプのシートを併用することによって、学習の最適化を図ることができることはその最も大きな特長と言えよう。

#### 付 記

本研究を行うにあたり、直接ご指導下さった石川県教育センター井下実研修指導主事、実験観察にご助言を頂いた同センター第二研修課所員各位に謝意を表します(織田記)。

#### 引 用 文 献

- (1) 山崎 豊・平岡 弘：金沢大学教育学部紀要, 第24号, p.71 (1975)。
- (2) 板倉聖宣, 上廻 昭：「仮設実験授業入門」明治図書(1965)。
- (3) Sund, R. B., Trowbridge, L. W.: Teaching Science by Inquiry in the Secondary School, Merrill Pub. Co., Ohio, U.S.A. 2nd. Ed. p. 111 (1973)。
- (4) 水越敏行：「発見学習の研究」明治図書(1975)。
- (5) 西川 毅：織田宛の私信による,(西川氏はその後、改良型シートを工夫された)。
- (6) 総合カリキュラム班都研グループ：「融合カリキュラムの研究(1)(2)」東京都立教育研究所科学研究部,(1972)。
- (7) 京都市青少年科学センター：「ワークシート」(1971)。
- (8) 川口嘉夫：金沢大学教育学部付属中学校研究紀要, 第20号, p.40 (1974)。
- (9) 文部省：「中学校指導書 理科編」p.35, 大日本図書(1970)。
- (10) 川喜田二郎, 牧島信一：「問題解決学」講談社(1970)。

図7 タイプ別ワークシート(1) (探究のタイプ①単純実験型)

実験ワークシート 1年1分野 P8 実験3 No3

昭和 年 月 日 組 番 氏名

【題材】 測定値はいつも同じか 【目標】 結果の解釈

【準備】 金属3種類、メスシリンダー、スポイド、紙コップ、上皿てんびん

【実験】  
 (1)水50cm<sup>3</sup>の質量の測定 (2)ちがう体積の水中で同じ金属を測る

50cm<sup>3</sup>測る 30cm<sup>3</sup> 50cm<sup>3</sup> 80cm<sup>3</sup>

【データ】(1) (2)体積のちがう水中で同じ金属を測る

(1)水50cm<sup>3</sup>の質量

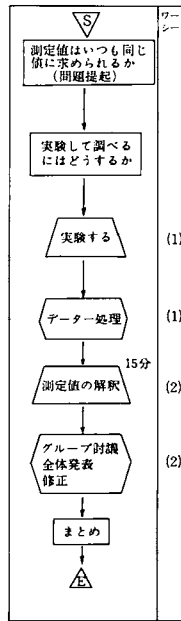
	1回	2回	3回	4回
本人				
A				
B				
C				

【データの解釈】(2)

(1)測定値がらうのは

(2)

(3)



学習指導案

- 単元 II物質の体積と質量
- 題材 測定値の誤差
- 目標 測定値は誤差がつきものであることをはっきりつかませる。
- 方向目標と位置づけ

問題発見 → 情報収集 → データ処理 → 結果の解釈

- 指導計画
  - 体積や質量は物質を知る手がかりとなるか ……8時間
  - (1)固体や液体の体積が測定できる。 ……
  - (2)物質の種類と1cm<sup>3</sup>の質量 ……
  - (3)測定値と誤差 ……本時
- 物質の量はどのように表わすか

- 教材構造と位置づけ

物質1cm<sup>3</sup>の質量 → 測定値と誤差 → 密度

図8 タイプ別ワークシート(2) (探究のタイプ③帰納型I)

実験ワークシート 1年1分野 P27 実験6 No8

昭和 年 月 日 組 番 氏名

【題材】 物質の水に対するとけかたと温度の関係調べる 【目標】 予想、データの解釈

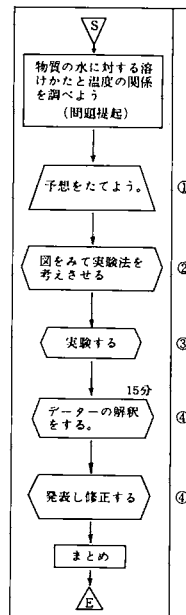
【予想】①

【実験法】② 温度計 (図をみて実験法を考えよ)

【データ】③

物質	溶けのこった高さ	Aの高さ	Bの高さ	Cの高さ
ホウ酸	3.0g			
塩化カリウム	5.0g			

【データの解釈】④



学習指導案

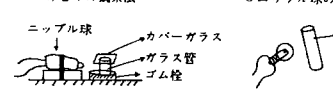

- 単元 II物質の特性
- 題材 物質のとけかたと温度
- 目標 ホウ酸と塩化カリウムについて、水の温度のちがいにによる、とけかたのちがいを見つける。
- 方向目標と位置づけ

問題発見 → 予想する → 情報収集企画 → 情報収集 → データの解釈

- 指導計画
  - 二つの液体はどのように区別するか。 ……4時間
  - 二つの固体はどのように区別するか。 ……25時間
  - 液体に対するとけかたで区別できないか。 ……5.5時間 本時4時目
- 教材構造と位置づけ

融点 → 溶解度 → 結晶

図9 タイプ別ワークシート(3)帰納型II (探究のタイプ⑤)

実験ワークシート		2年1分野	P 190 観察1	Na11
昭和 年 月 日	組 番	氏 名		
〔題材〕けむりを顕微鏡で観察しよう		〔目標〕推論する、モデル化		
目的 けむりの粒を観察して気体の分子のようすを考える				
観察法 <準備> ○けむり観察装置○顕微鏡観察用具○線香 ○スポイド○電源装置 ○けむりの観察法 ○ニップル球の代用  ニップル球、カバーガラス、ガラス管、ゴム栓、ガラス棒 ○顕微鏡倍率70~150倍でニップル球には2.5V~3Vかける				
データ①		〈分子の動きかた推論〉		
○けむりの動きのスケッチ				
解釈(考案)② 1. けむりの動きかたからまわりの気体の分子の状態を考えよう。 2.		気体のモデル③ 		評価 T S
仮説				

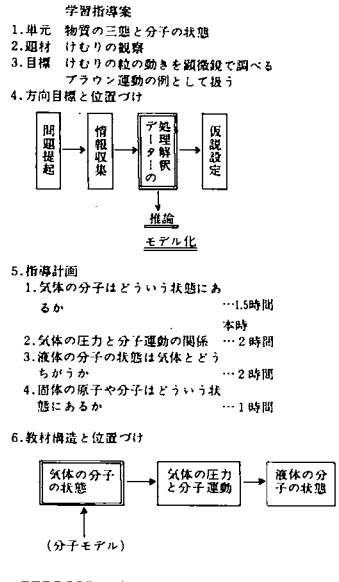
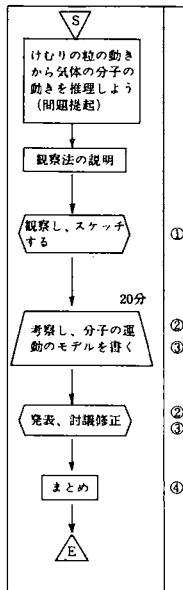


図10 タイプ別ワークシート(4) (探究のタイプ⑥)帰納型

実験ワークシート		2年1分野	P 3 演習	Na14の1													
昭和 年 月 日	組 番	氏 名															
〔題材〕面の明るさはなにに関係があるか		〔目標〕グラフ化、仮説設定															
面の明るさに関係あると思われる因子とその予想 ① 〈因子〉 〈予想〉 1. 光源からの距離 → 2. 3.																	
データ② 1. 光源からの距離の関係																	
電圧(V)	距離(cm)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
100W																	
60W																	
20W																	
グラフ③																	
仮説④																	

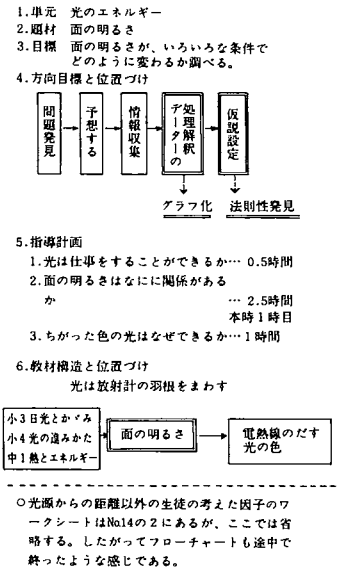
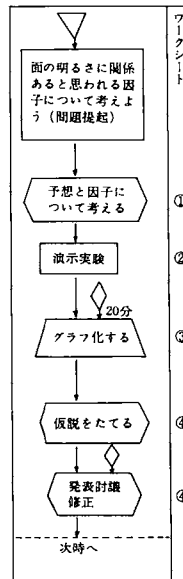




図11 タイプ別ワークシート(5) (探究のタイプ⑧演繹型)

実験ワークシート 2年1分野 P154 No.6  
観察1

昭和 年月日 組番 氏名

【題材】 炎色反応を観察しよう 【目標】 観察する

【観察法】 <準備> ○次の元素の化合物 Na, Cu, Ca, Sr, K のヒーター  
○白金線 ○加熱器具 ○簡易分光器

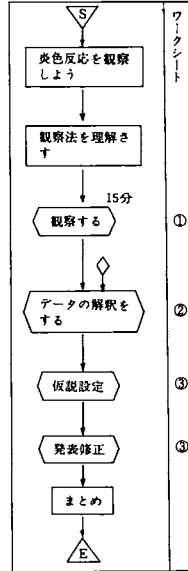
○A法 ○B法  
(1) 白金線にアルコールをしみこませる。 (2) 白金線の上に化合物をのせ火をつける。

白金線 元素の化合物 アルコール 化合物 白金線

データ①	化合物	炎色	解説②
	Na		T
	Ca		S
	Sr		
	Cu		
	K		

仮説③

注 ①. 都市ガス、プロパンは空気を充分に入れ無色炎にする  
②. アルコールランプは芯を切って新しい芯にする



学習指導案

- 単元 物質の変化と質量
- 題材 炎色反応
- 目標 元素には炎色反応があることを確める
- 方向目標と位置づけ
 

問題発見	情報収集	データ理解解釈	法則性の発見
------	------	---------	--------

観察する

- 指導計画
  - 化学変化の前後で物質の質量はどうか。 ……5時間
  - 物質はいつも一定の割合で結びつくか。 ……5時間
  - 酸化物から酸素をとり除けるか。 ……1時間
  - 水はほかの物質に分けられるか。 ……3時間
 本時3時目
- 化学変化はエネルギーとどんな関係があるか。 ……1時間
- 教材構造と位置づけ
 

水の分解合成	物質を元素と化合物に分解
--------	--------------

図12 タイプ別ワークシート(6) (探究のタイプ⑨演繹型)

実験ワークシート 2年1分野 No.4

昭和 年月日 組番 氏名

【題材】 亜鉛と塩化亜鉛の質量関係を調べる 【目標】 検証実験、仮説修正

【仮説】 金属と酸素は一定の割合で結びつく

【予想】 金属と酸素以外の場合、亜鉛と塩酸が化合して塩化亜鉛ができる。とき亜鉛と塩酸が結びつく割合は。

【検証法】 ② <準備> ○塩酸 ○亜鉛粒 ○試験管 ○上皿てんびん ○カセロール ○加熱器具 ○試験ばさみ

(1) 亜鉛をとく (2) カセロールに水で2-3回あらし (3) 蒸発させ固体をとりだす

塩酸 亜鉛

<注意>

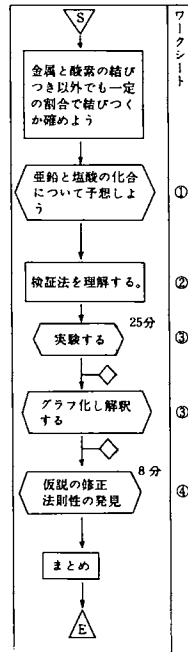
データ③	亜鉛の質量g	塩化亜鉛の質量g	解説④
	0.5		
	1.0		
	1.5		
	2.0		
	2.5		
	3.0		

グラフ

6						
5						
4						
3						
2						
1						

0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 亜鉛 g

仮説の修正④



学習指導案

- 単元 物質の変化と質量
- 題材 亜鉛と塩化亜鉛の質量関係を調べる
- 目標 金属の酸化物以外の化合物についても前の仮説が適用するか検証する。
- 方向目標と位置づけ
 

問題提起	予想する	情報収集	データ理解解釈	法則性の発見
------	------	------	---------	--------

検証実験 法則性の発見

- 指導計画
  - 化学変化の前後で物質の質量はどうか。 ……5時間
  - 物質はいつも一定の割合で結びつくか。 ……5時間
  - 酸化物から酸素をとり除けるか。 ……1時間
  - 水はほかの物質に分けられるか。 ……3時間
  - 化学変化はエネルギーとどんな関係か。 ……1時間
- 教材構造と位置づけ
 

酸化銅還元	銅と酸素の結合比	塩化亜鉛の成分の結合比	反応生成物の成分の比一定
-------	----------	-------------	--------------

図13 タイプ別ワークシート⑦ (探究のタイプ⑩完全探究型)

実験ワークシート		1年1分野	P75 実験1	No16																
昭和	年	月	日	組番 氏名																
【題材】3力とつり合いの条件を調べよう			【目標】予想する、定義する																	
【予想】① <どんな3力がつりあうか>		<ばねばかりの補正值>																		
		<table border="1"> <tr> <td>鉛直方向の重さ</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="3">平均 (g重)</td> </tr> <tr> <td>水平方向の重さ</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>補正值の重さ</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		鉛直方向の重さ				平均 (g重)	水平方向の重さ				補正值の重さ							
鉛直方向の重さ				平均 (g重)																
水平方向の重さ																				
補正值の重さ																				
【実験法】② <準備> ○ばねばかり○はりがねの小さい輪○糸○白紙																				
【データ】③		【解釈】④																		
<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				
【仮説】⑤		【検証】⑥ <次の3力はつりあっている。これを確かめよう>																		
【法則】⑦																				

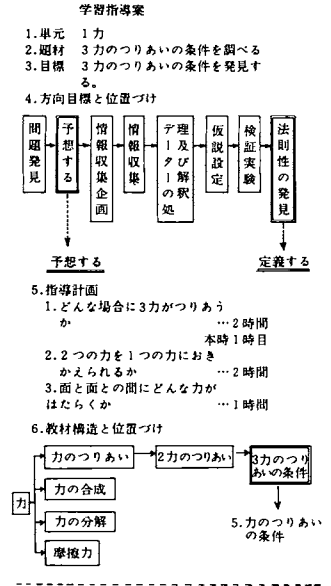
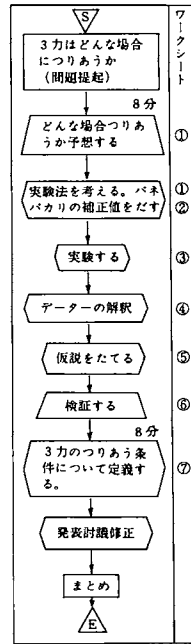


図14 タイプ別ワークシート(8) (探究のタイプ⑪分類型)

実験ワークシート		1年2分野	P52 実習1	No15																																																																																																				
昭和	年	月	日	組番 氏名																																																																																																				
【題材】カエル、フナ、ハト、ネコ、トカゲの共通点と相違点を考えよう			【目標】基準をおき分類する																																																																																																					
【分類項目】①																																																																																																								
【分類表】②																																																																																																								
<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																																																																																								
【解釈・まとめ】③																																																																																																								

