

高等学校理科「化学基礎」における 学習指導要領に対応したサポート資料の作成

【研究の概要】

高等学校において、生徒の化学的に探究する能力と態度を育成するために、目的意識をもって行われる観察、実験の充実を図ることを目的とした。その手段として、導入の工夫や薬品の取り扱いなどの観察、実験に関する情報を集約した理科教員向けの「化学基礎」のサポート資料を作成した。さらに、サポート資料に基づき授業実践を行い、導入の工夫が目的意識の形成に効果的であること明らかにし、その結果をサポート資料に反映させた。

キーワード：高等学校，化学基礎，サポート資料，観察，実験，目的意識，導入

平成 28 年 3 月
岩手県立総合教育センター
長期研修生
所属校 岩手県立北上翔南高等学校
平 松 訓 子

《目次》

I	研究主題	1
II	主題設定の理由	1
III	研究の目的	1
IV	研究の目標	1
V	研究の見通し	1
VI	研究構想	2
1	研究についての基本的な考え方	2
(1)	観察, 実験の重要性	2
(2)	目的意識をもった観察, 実験について	2
(3)	高校理科の現状	2
(4)	これまでのサポート資料の活用状況および有用性	3
(5)	生徒が目的意識をもった観察, 実験を行う手立て	4
(6)	サポート資料について	4
2	研究の授業実践計画	9
3	研究の検証計画	9
(1)	導入の工夫の効果についての検証	9
(2)	サポート資料についての検証	9
4	研究構想図	10
VII	授業実践	11
1	授業実践日程	11
(1)	授業実践の対象	11
(2)	授業実践の内容	11
2	授業実践構想	11
3	授業実践と結果の分析および考察	11
(1)	実験「分子の極性」	11
(2)	実験「化学結合と物質の性質」	15
(3)	2つの実験を通して	19
(4)	サポート資料についての検証	20
VIII	研究のまとめ	20
1	全体考察	20
2	研究の成果	20
3	今後の課題	21
	<おわりに>	21
IX	引用文献及び参考文献	21

I 研究主題

高等学校理科「化学基礎」における学習指導要領に対応したサポート資料の作成

II 主題設定の理由

平成21年に告示された高等学校学習指導要領（文部科学省，2009）では理科の目標において、「目的意識をもって観察，実験などを行い」と記されている。これは，単に指示されたとおりに操作を行うのではなく，生徒自らが考え，見通しをもって主体的に観察，実験などに取り組むことを示している。観察，実験などは化学的に探究する能力と態度を育成するものであり，化学に対する興味・関心は，しっかりとした目的意識をもって行われる観察，実験によって，より一層高めることができる。生徒が化学的事象を前にして，関心を高めたり，疑問をもったりした上で，意欲的に取り組むことが重要である。

しかし，科学技術振興機構理科教育支援センター（以下JST）（2010）と高校2年意識調査結果（岩手県教育委員会，2015）によると，観察，実験が十分に行われているとはいえない状況が見られる。これは，教科書準拠の指導書においても基礎知識や基本技能までは触れられていないものが多く，理科教員が，観察，実験を行う際の情報の収集に困難をきたしているため，授業経験の乏しい領域の観察，実験を敬遠してしまいがちであることが原因として考えられる。一方，生徒が与えられた指示に従うだけの，受け身的で作業的な観察，実験を行っている姿も見受けられる。

このような状況を改善するには，生徒に目的意識をもたせるための手段を含めた，観察，実験に関する情報を集約してサポート資料としてまとめる必要があると考えた。

III 研究の目的

化学基礎のサポート資料を作成し，目的意識をもって行われる観察，実験の充実を促すことで，生徒の化学に対する興味・関心を高め，化学的に探究する能力と態度の育成に資する。

IV 研究の目標

当センターで研究されてきた「生物基礎」（千田，2013），「地学基礎」（小松原，2015），「科学と人間生活」（石塚，2015）のサポート資料を踏襲し，「化学基礎」のサポート資料を作成する。サポート資料の内容の中で，導入の工夫や薬品・器具の取り扱いに重点を置く。さらに，導入の工夫を行うことが，生徒の目的意識の形成につながることを，授業実践を通して明らかにする。

V 研究の見通し

目的意識をもって行われる観察，実験の充実を図るため，化学領域の授業経験が乏しい教員にとっても指導しやすいサポート資料を作成する。導入の工夫や化学領域を指導する際に特に必要となる安全面での留意点，薬品・実験器具の取り扱い方法，準備や手順の詳細など，実験に関する情報を集約した内容とする。導入の工夫としては，各実験に適した演示実験や発問，身近な物質や事象の提示，事象のモデル化を取り扱う。これらの導入の工夫が，生徒の化学に対する興味・関心や疑問を喚起し，目的意識の形成に効果的であるかを授業実践によって検証する。

VI 研究構想

1 研究についての基本的な考え方

(1) 観察，実験の重要性

学習指導要領はそれぞれの時代に合わせて改訂が行われてきた。しかし、どの時代の学習指導要領にも、理科教育の目標の一つとして、観察、実験などを行い科学的に探究する能力と態度を育成することが掲げられている。つまり、科学的に探究する能力と態度を育成する手段として、観察、実験は必要不可欠といえる。化学領域では、原子や分子といった極々小さい粒子から、様々な現象を考えなければならない。目に見えないものをイメージし、理解を深めるためにも、観察、実験は重要である。

(2) 目的意識をもった観察，実験について

現行の高等学校学習指導要領（2009年告示）では、「目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てる」と記され、物理、化学、生物、地学それぞれとその基礎を付したすべての科目において目標として掲げられている。また、高等学校学習指導要領解説理科編（文部科学省、2009）では「『目的意識をもって観察、実験などを行い』とあるのは、科学的に探究する能力や態度を身に付けたり、自然の事物・現象についての体系的な知識を得させたりするため、生徒が目的意識をもって観察や実験などを行うように配慮し指導することを示している。観察や実験の目的を一人一人の生徒が明確に把握し、見通しをもって観察、実験などを主体的に行うように指導することが大切である」とある。このように、目的意識をもって観察、実験を行うことが重視されている。本研究では、「目的意識をもった観察、実験」を「何を明らかにするために行う実験か十分に理解し、見通しをもって行われる観察、実験」ととらえた。もちろん、教員主導の観察、実験であっても、体験的学習は科学に対する興味・関心や探究心を高めるには、大変有効である。しかし、科学的に探究する能力や態度を身につけるためには、プリントに記された手順に沿って淡々と操作的に行われる観察、実験では不十分である。生徒が目的を明確に意識し、興味・関心をもち、どのような結果が得られるか見通しをもって主体的に行われる観察、実験を通してこそ、身に付けられると考えられる。教員はこれらのことを踏まえた観察、実験になるよう工夫する必要がある。

(3) 高校理科の現状

JST（2010）によると、児童、生徒による観察や実験の頻度に関する問いに対して、月に1回以上行っている教員の割合は、小学校、中学校ではどちらも95%以上であるのに対して、高校の理科では25%に満たない現状が報告されている。一方、高校2年意識調査（岩手県教育委員会、2015）では、「理科で、観察、実験など体験を重視した授業を受けたいですか」という問いに対して、「そう思う」「どちらかと言えばそう思う」と答えた生徒の割合が80%以上で、生徒の意識と実態に大きな差があり、観察、実験が十分とはいえない現状が見られる。また、JSTと国立教育政策研究所（2009）によると、「実験の手順を生徒自身によく考えさせている」と思う教員の割合は30%未満であった。これは、教員主導であり、目的意識が不十分なままに観察、実験が行われている実態があることを示している。

前述のJST（2010）によると、観察、実験を行うにあたっての障害を、回答数の多かった順にあげると、「授業時間数の不足、大学入試への対応のための指導に時間を取られる、設備備品の不足、準備や片付けの時間の不足、消耗品の不足など」がある。また、「授業を充実させるためには、教材研究の時間の確保、備品や消耗品の充実、準備や片付けの時間確保、優れた

教材や指導法に関する情報が必要だ」と感じている教員が多かった。観察、実験が十分に行えない原因として、時間的な要素が大きいことが読み取れる。

一方、筆者が化学領域以外を専門とする教員で化学基礎や化学を担当している教員に聞き取りを行ったところ、「薬品の取り扱いへの不安、安全面への不安、実験器具の使用方法や実験方法の詳細が教科書に記載されていないなどの理由から実験を敬遠してしまう」といった声が聞かれた。

現行の高等学校学習指導要領では、生徒は、物理、化学、生物、地学の4領域から3領域以上を選択しなければならず、そのため専門外の科目を担当する教員が増えている。平成21年度の岩手県内における化学Iの開設状況は全日制小学科中約54%であるのに対し、平成24年度の化学基礎開設状況は約70%となっており、今まで化学を担当したことのない教員が化学をもつ場面が増えていると考えられる。

(4) これまでのサポート資料の活用状況および有用性

専門外の領域を担当する理科教員のニーズに応え、当センターでは「生物基礎」(千田, 2013)、「地学基礎」(小松原, 2015)のサポート資料、また、4領域全ての内容を取り扱う「科学と人間生活」(石塚, 2015)のサポート資料を作成している。

「地学基礎」「科学と人間生活」については、発行後まだ1年を経過しておらず、普及途中であるため、「生物基礎」のサポート資料について、活用状況と内容に関する聞き取りを行った。その結果、サポート資料の存在を知っている教員の多くには活用されており、活用内容として【資料1】、優れている点として【資料2】のような声が聞かれた。また、「改善が必要な点があるか」との問いには、「現状のままで良い」「内容としては良いが周知方法に問題があるのではないか」との声が聞かれた。

【資料1】「生物基礎」サポート資料の活用内容

- ・実験前に材料の購入先や、準備にかかる日数等を参考にする。
- ・実験時に必要な用具・薬品の確認に活用する。
- ・パワーポイントで手順説明を作成する際に活用。
- ・プリントをアレンジして使用。
- ・生徒に対して、実験時に写真やイラストなどをスクリーンに投影して説明する。
- ・生徒に対して、実験時の失敗例や不具合を口頭で説明する。

【資料2】「生物基礎」サポート資料の優れている点

- ・自分は「目的意識」ということに留意して観察、実験をしているが、特に専門外の先生にとって、生徒に何を見るべきか、何を考えるべきか、ということ伝えるのは難しい。教員自体も明確に理解できないまま実験してしまう場合もある。サポート資料には「目的・内容」から「まとめ」まであるので、「目的意識」という点でもしっかりしている。
- ・専門の先生でも、専門外の先生でも活用できる内容である。
- ・実験に特化している。
- ・Wordファイル、PowerPointファイル、PDFファイルとも保護をかけずに提供されているので、自分なりに変更・改訂しやすい。
- ・情報量が豊富。

「生物基礎」のサポート資料は、2013年5月の岩手県高等学校教育研究会(以下高教研)理科部会総会において出席者に配付されたほか、高教研生物部会が編集発行している「生物実験書」を購入している学校には、2014年版からサポート資料のDVDが添付されている。また、現在では当セ

ンターのWebページで全資料を公開している。しかし、実験書を購入しない学校があることや、実験書のDVDと2枚組になっていることから見過ごされていることもあり、サポート資料がまだ周知されていない現状がある。

このように普及活動に課題はあるが、サポート資料の存在を知っている教員には好評であり活用されている。また、サポート資料に関する問い合わせが、Webページ掲載後はないものの、それ以前は、他県からもあったことや、サポート資料を活用している教員が専門、専門外を問わず、20年以上の経験を持つ教諭や講師、実習教諭と幅広いことから、ニーズは大きいといえる。これらのことから、これまでのサポート資料は理科教員にとって有用であるといえる。

(5) 生徒が目的意識をもった観察、実験を行う手立て

宮城県教育研修センター（2011）では、見通しや目的意識をもつことに深くかかわる過程として、「自然事象と出会う」「問題を見いだす」「予想や仮説をもつ」「方法を考える」の4つの過程に着目し、児童生徒の意識の流れを踏まえながら、教師のかかわりとして事象提示と働きかけの工夫を行っている。その結果、4つの段階が見通しや目的意識をもって観察、実験を行うことと深くかかわりあっていることを明らかにした。目的意識を十分にもたせるためには、「疑問を検証可能な問題に高める働きかけ」が重要であり、特に「事象を引き起こす要因」を意識させる発問や説明、既習事項を想起させる発問や説明、それらに関連づける発問、説明を行い、そこから得られた情報を児童生徒の発表や板書を通して整理させることが効果的であることも述べられている。また、見通しや目的意識をもった観察、実験は生徒の主体的活動につながり、その後の考察活動が充実することが報告されている。

本研究では、生徒が目的意識をもった観察、実験を行うために、効果が大きいと考えられ、かつ岩手県内の理科教員に一番取り組んでほしい点として、「自然事象と出会う」「問題を見いだす」過程に的を絞る、導入を工夫することを手立てとして取り上げた。つまり、既習事項を踏まえて自然事象を提示することで疑問を喚起し、事象を起こす要因や解決の方向性を意識させることで疑問を検証可能な問題に高める働きかけを導入に取り入れる。これにより、生徒が目的意識をもって観察、実験を行うことができると考えた。

導入の手法としては、各実験に適した演示実験や発問、身近な物質や事象の提示、事象のモデル化を扱う。また、一つの導入を考える上で次の2つの視点をふまえる。

○「生徒にどのような力を付けたいか」という授業（観察、実験）のゴールを設定する。

○系統性を考え、小学校、中学校を含めた既習事項を確認し、ゴールにたどり着くために必要な要素を洗い出す。

(6) サポート資料について

ア サポート資料作成のねらい

本研究で作成するサポート資料は、観察、実験の教材研究や準備の効率化を図り、導入の工夫を取り入れることで、生徒一人一人が目的を明確に把握し、見通しをもって主体的に行う観察、実験が行われることに役立つようとするものである。また、薬品の取り扱いや後処理の方法、安全面の留意点を盛り込むことで、化学専門外の教員における化学の観察、実験への不安感や抵抗感を払拭し、すべての理科教員が目的意識をもった観察、実験を中心とした授業が展開できることをねらいとしている。

イ サポート資料の構成

当センターの研究成果物「生物基礎」(千田, 2013), 「地学基礎」(小松原, 2015), 「科学と人間生活」(石塚, 2015) のサポート資料と同様の構成とし, 化学領域の観察, 実験にあった内容とする。

(ア) 観察, 実験の一覧

(イ) サポート資料の見方

(ウ) 観察, 実験のページ

- ・タイトル, 難易度, 教材の入手日数, 準備時間, 実施時間
- ・目的, 内容, 既習事項, トピックス
- ・留意点 (指導面, 導入例, 安全面, 後処理, その他)
- ・教材の入手方法, 準備 (薬品の調製や取り扱い), 手順, まとめ・考察, 後片付け (薬品の廃棄方法)
- ・実験器具の取り扱い
- ・失敗例, 別法 等

(エ) 巻末資料

- ・観察, 実験の注意事項
- ・試薬の調整法
- ・その他観察, 実験に関わる情報 等

The diagram shows a page layout for a chemistry experiment support material. Callouts point to various sections:

- タイトル** (Title): Points to the experiment title and difficulty level.
- 観察, 実験の目的** (Purpose of observation/experiment): Points to the '目的と内容' (Purpose and Content) section.
- 単元のねらい** (Unit objectives): Points to the '既習事項' (Prerequisite items) section.
- 観察, 実験のねらい** (Purpose of observation/experiment): Points to the '目的と内容' section.
- 小学校・中学校での既習事項** (Prerequisite items in elementary/middle school): Points to the '既習事項' section.
- 実験の難易度, 準備時間など** (Difficulty, preparation time, etc.): Points to the '難易度' (Difficulty) table.
- 留意点** (Points to note): Points to the '留意点' (Points to note) section.
- 指導上の留意点** (Points to note for guidance): Points to the '【指導面】' (Guidance) sub-section.
- 実験の簡単な解説** (Brief explanation of the experiment): Points to the '【今回の実験について】' (About this experiment) section.
- インデックス** (Index): Points to the '物質の例' (Examples of substances) table.

【図1】サポート資料の構成1

安全面での留意点

【安全面】

- 保護めがねを着用させる。また、加熱している試験管を火を扱うので机を整理させる。
- 加熱する際は、やけどに十分に注意させる。万が一やけどした場合は、直ちに流水で冷やし、すぐに申し出るように指導する。
- 加熱中は試験管の中をのぞき込まないよう指示する。
- 加熱後すぐに冷やすと試験管が割れるので、水に入れないよう指導する。

<参考> 融点 スクロース：186℃ 塩化ナトリウム：801℃ スズ：231.9℃ 石英：1650℃

後処理

【後処理】

- スクロースを加熱した試験管は、溶解したスクロースがこびりついていないよう、水で洗い流す。
- 石英砂、スズは回収し再利用する。

導入のポイント

【ポイント】

- 化学結合と物質の性質との関係に興味・関心を高める。
- 化学結合、状態変化、電気の流れを粒子や電子を用いて説明できるように指導する。

<導入例>

- それぞれの結合を、生徒を粒子に見立ててモデル化する。
- 生徒自身が構成粒子になり、それぞれの結合について電子のモデルを用いて演じることにし、イメージできるようにする。また、三態についても同様に行う。そこに、「この状態の物質に電気を流すとどうなるか？」という疑問をする。これから行う実験をイメージし、構成粒子と電子に注目して考えることを印象付ける。
- 方法：男子→金属元素（電子をあげたい）、女子→非金属元素（電子をもらいたい）
- 厚紙を丸く切り真ん中に「-」と書いて作った電子（教科書でもよい）
- ・イオン結合
 - 男子が女子に電子を渡す。男子は+になり、女子は-になり引きつけ合う。
- ・共有結合
 - 女子がお互いの電子を引っ張り合う。
- ・金属結合
 - 男子が電子を適当にぐるぐる回す。
- ・固体（男女関係なし）
 - 生徒が腕組んでつながる。
- ・液体（男女関係なし）
 - 生徒が何人かずつ手をつないでいる。そのグループが何個かある。
- ・気体
 - 生徒一人一人が自由に走り回る。

○今までの経験に視点を加えることでイメージ化する

下の回路で、電球を点灯させるには「？」を何でつなげばよいか疑問する。もしくは、実験で使用するテスターを用いて、既習のもので電気を通すか通さないか疑問しながら確認する。金属や塩化銅水溶液が電気を通す理由を考え、電流が電子の流れであることを確認することで、電荷をもつ粒子（自由電子やイオン）の存在が重要であることを理解し、そこから、電気伝導性にはその物質の結合の仕方が関係していることを印象付ける。

？につなぐと電球が点くもの	？につないでも電球が点かないもの
連続でつながりクリップ	ガラス棒
鉄のスプーン	プラスチックのスプーン
塩化銅水溶液（塩化ナトリウム水）	純水（スクロース水）

小学校3年生の実験および中学校3年生の実験

プラスチックのスプーンの電気伝導性

塩化銅水溶液の電気伝導性

導入の具体例

【図2】サポート資料の構成2

準備の大まかな流れ

◎準備

準備の流れ	～前日
1ヶ月前～ (発注、調製、代替の検討時間含む)	<input type="checkbox"/> 材料の確認 <input type="checkbox"/> テスター（導電電極）を作る <input type="checkbox"/> 器具・教材の分配
<input type="checkbox"/> 材料の準備 <input type="checkbox"/> 実験室の備品確認	当日
	<input type="checkbox"/> 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

VVFケーブル（できればEM-EFPケーブルの方が加熱しても有害ガスが発生しない）、電子ブザー、コイン電池（3V）、アルミテープ、ハンダ、ビニールテープ、カラーシール（なくてもよい）、金台、金線、はさみ、ニッパー

必要な量（各クラスの最大班分作る）

ケーブル 30cm×()班 = () cm

電子ブザー、コイン電池 1個×()班 = () 個

当日必要なもの

【器具】 準備で作成したテスター（導電電極）、試験管、試験管立て、ガスバーナー、スタンド、マッチ、軍手、保護めがね、乾いた布（キッチンペーパー等）

【薬品】 塩化ナトリウム、スクロース（砂糖）、スズ、石英砂、蒸留水

必要な量 塩化ナトリウム、スクロース 約0.8g×2×()班 = () g

スズ、石英砂は1クラス分（薬さじ小2×1クラスの班数）あれば再利用できる。

☆教材の入手方法

① VVFケーブル 1.6mm×2芯 ホームセンターにて購入可能 5mで650円程度	
② 電子ブザー 理科消耗品カタログなどで購入可能 1個で600円程度 インターネット通信販売では 1個で250円程度	
③ コイン電池（3V） 100円ショップ等で購入可能 2個で108円	
④ アルミテープ 100円ショップ等で購入可能 50mm×10mで108円	
⑤ 塩化ナトリウム、スクロース スーパーマーケットで購入可能	
⑥ 石英砂 理科消耗品カタログなどで購入可能 500gで2,200円程度	
⑦ スズ（粒状） 理科消耗品カタログなどで購入可能 500gで13,500円程度	

教材の簡単な入手方法

【図3】サポート資料の構成3

当日のセット

☆生徒用

[器具]	
□テストター (導電電極)	1 個
□試験管 (試料)	7 本
□試験管立て	1 個
□ガスバーナー	1 個
□スタンド	1 個
□マツタ	1 個
□洗浄瓶 (蒸留水)	1 本
□黒手	1 組
□保護めがね	人数分
□乾いた布	1, 2 枚
[薬品]	
□塩化ナトリウム	高さ 7 小 2 × 2 本
□スクロース (砂糖)	高さ 7 小 2 × 2 本
□スズ	高さ 7 小 2 × 2 本
□石英砂	高さ 7 小 2 × 1 本
□蒸留水	洗浄瓶 1 本

★教員用

□生徒用同セットに、もう 1 本石英砂入り試験



生徒に配布する
実験器具等
1 回分のセット

□テストターは前日までに作る。材料はホームセンターで揃えられる上、作り方は簡単である。一度作ると、何度も使える。電極がさびた際は、やすりをかけるとよい。テストターを作らず、電源装置と電極電極でもよい。

□塩化ナトリウム、石英砂を加熱する試験管は、蒸気などで変形したり割れたりするため、その後使用できなくなる場合もある。廃棄してもよいものを使用する。

□乾いた布は、キッチンタオルやキムワイプなど紙でもよい。

□塩化ナトリウムは吸湿性 (湿気を吸う) があるため、開封して時間がたったものをそのまま使用すると、固体でも電気が通ってしまう場合がある。実験前日に乾煎りしておくこと (蒸発皿など) により、ガスバーナーで加熱、パチパチ音がし始めたら OK。

他の資料については重さをはかりとる必要はないが、教員の演習実験用の塩化ナトリウムは 0.6 g 程度になるようはかりとる。これ以上だと融解に時間がかかり、これ以下だと電極の先が塩化ナトリウムに浸らない。

□石英砂は、教員が演習で行い、生徒は操作しないが、見たことがない生徒が多いので、どういってもか確認のため 1 本配る。

□薬品は代用品。
塩化ナトリウム→硝酸カリウム、塩化銅(II) など
スクロース→ブドウ糖、ナフタレン (昇華する)
スズ→鉛 (融解しやすいのはこの二つ) 今回の実験では融解しないので、銅や鉄でもよい
石英砂→ガラスビーズ

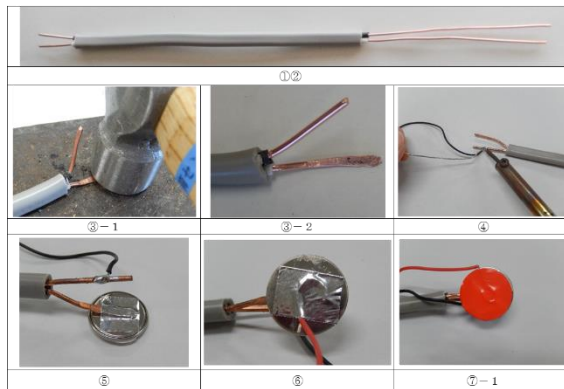
準備の詳細
—前日まで—

(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調整を行う。

○テストター (導電電極) を班の数分+教員用を作成する。作り方は作成に時間がかかるので、早めに作成しておくこと。

- ① VVF ケーブルを約 30cm に切る。金切りバサミがある場合は、外側のビニル被覆が厚いので、はさみで切ると切りやすい。
- ② 片側は約 10cm、もう片側は約 2cm のところにビニル被覆にはさみで切り込みを入れ、外側および内側のビニル被覆を取り外し、導線を露出させる (導線は太い銅線一本なので、切り込みを入れる際導線を切ってしまう心配はない)。取り外したビニル被覆はカバーとして使用する。
- ③ 2cm 導線を露出した側の、1 本を金台と金種を使い、漬す。
- ④ プザーの黒色コードを漬していない方の導線に巻き付ける。ハンダ付けをした方がよい。
- ⑤ ③の漬した導線を、コイン電池の一端にアルミテープで貼り付ける。
- ⑥ コイン電池の+極に、プザーの赤色コードをアルミテープで貼り付ける。接地面が大きくなるようにコードの先をまげて貼り付ける。
- ⑦ 電流の流れをわかりやすくするためのシールを貼り (なくてもよい)、補強のためダブルクリップで挟む。ダブルクリップがないと VVF ケーブルの導線が固いため、電池との接合が不十分となり少し動かすと電気が流れなくなってしまう。ダブルクリップで挟む際は漏電を防ぐため、ビニルテープを 7cm 程度に切ったものを、粘着面を内側にして半分折り、電池を挟んだ上からダブルクリップで挟む。
- ⑧ 電子プザーの裏面に両面テープを貼り、導線部分に貼り付ける。



【図 4】サポート資料の構成 4



授業の大まかな流れ

◎観察、実験

観察、実験の流れ

- 導入 (5分)
 - *導入のポイント及び例を参照
 - *目的を理解させる
- 観察、実験 (25分)
 - *プザーが鳴れば電気が通っているということを確認する
 - *石英砂を用いて手順を説明する
 - *手順①②を指導する
 - ・固体の電気伝導性を調べる
 - ・固体の電気の通らなかつた物に水を加え、水溶液の電気伝導性を調べる
 - *手順③を指導する
 - ・①②で電気の通らなかつた物を加熱し、融解液の電気伝導性を調べる
 - *塩化ナトリウムの融解液の電気伝導性を調べる演示実験を行う
 - *安全面を指導する (留意点の安全面を参照)
 - *操作は必ず全員で分担して行うよう指導する
 - *机間指導を行いながら、生徒への実験のアドバイスや注意を促す
- 結果のまとめ、考察 (10分)
 - *グループごとに発表する
- 授業のまとめ (5分)
- 後片付け (5分)

手順 時間のめど (およそ 20 分)

- ① 固体の電気伝導性を調べる。
試験管に入っている各固体について、テストターを入れて電気伝導性を調べる。電極は試料ごとに、乾いた布でよく拭いてから使用する。

- ② 水溶液の電気伝導性を調べる。
①で電気が通らなかつた試料 (塩化ナトリウム、スクロース) について調べる。試験管に蒸留水を試験管の約 6 割程度まで加える。水に溶けた試料はテストターを用いて電気伝導性を調べる。電極は試料ごとにとりと洗い、乾いた布でよく拭いてから使用する。


準備の詳細
—実験当日—

○固体の塩化ナトリウムに電気が通るかどうかわかぬ、通る場合は乾煎りしておく。(蒸発皿など) により、ガスバーナーで加熱、パチパチ音がし始めたら OK。

(2) 実験当日

材料や器具の分配を行う。薬品は生徒にはかりとらせてもよいが、あらかじめ試験管にとってから配ると、時間短縮ができる。

【図 5】サポート資料の構成 5

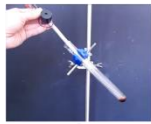
観察，実験の 詳しい操作

③ スクロース)について調べる。試験管をスタンドに斜めになるように固定し、ガスバーナーの弱火で加熱し、融解したらテスターを入れて電気伝導性を調べる。融点がそれぞれ違うので、考えて操作するように説明する。スクロースは融点が低く、融解し始めたらすぐに火を外し、テスターを入れる。融点の違いにも気づかせたい。

注意！ やけどに十分に注意する。

注意！ 試験管の口から覗き込んだり、口に近づいたりしない。

注意！ 加熱した試験管をすぐに水に入れると割れてしまうこともあるので、しばらくそのまま置く。ポイント！スクロースはすぐに焦げるので、ごく弱火で加熱し、炎が固体試料にまんべんなく当たるよう必要に応じて、ガスバーナーを動かす。



③

④ 演示で、塩化ナトリウム融解液の電気伝導性を調べる。

試験管をスタンドに斜めになるように固定し、ガスバーナーで加熱し、電気伝導性を調べる。強火で加熱し、融解したらテスターを差し込む。電極が塩化ナトリウムに浸るようにし、静かに手を放し、しばらく静置する。電極を入れた瞬間は融解した塩化ナトリウムが凝固しすぐにブザーが鳴らない。テスターをいれてしばらくするとブザーが鳴る。火を消すと凝固が始まりブザー音が消える。最初からテスターを入れた状態で加熱してもよいが、その場合銅が塩化ナトリウムにより腐食し、少し塩化ナトリウム中に溶け出す現象がみられる。

塩化ナトリウムの量は0.6g程度(薬さじ小2)がよい。これ以上だと融解に時間がかかり、これ以下だと電極の先が塩化ナトリウムに浸からない。

塩化ナトリウムの加熱では高熱が必要であるが、炎を大きくすればよいというわけではない。外炎の真ん中が試験管にあたるように調節する。



④-1



外炎 (1500~1800°C)
ここが試験管の底に当たるようにする

内炎 (約 500°C)
炎を大きくしすぎると内炎が試験管の底に当たり、加熱が足りない

注意！ かなり熱くなるのでやけどに十分に注意する。

注意！ 試験管の口から覗き込んだり、口に近づいたりしない。

注意！ 加熱した試験管をすぐに水に入れると割れてしまうので、しばらくそのまま置く。



④-2

⑤ 下のような表にまとめる。

	塩化ナトリウム	スクロース	スズ	石英砂
固体				
液体 (融解液)				
水溶液				
結合の種類				

結果のまとめ

各試料の電気伝導性を確認する。

考察

「電気伝導性から試料がそれぞれ何結合か。」などについて考察させる。

授業のまとめ

以下の視点を参考に、まとめを行う。

- ① 電気伝導性から資料それぞれが何結合か考察できた。
- ② イオン結合、金属結合、共有結合について理解した。
- ③ 電気が流れる仕組みを、化学結合と関連付けてイメージできた。

後片付け

生徒に次のように指示する。

- スクロースの融解を行った試験管は、熱湯を入れた水槽に回収することによって試験管立てに置かせる。残った塩化ナトリウム、スズ、石英砂は電極をよく洗って乾いた布や紙で拭かせる。

失敗例

●状態1 固体の塩化ナトリウムに電気が流れた。

原因 塩化ナトリウムには吸湿性がある。吸収した水分によって電離し、電気が流れた。

実験前に塩化ナトリウムを乾煎りする。(蒸発皿に塩化ナトリウムを取り、火にかけ、パチパチいったら火を止める)

●状態2 塩化ナトリウムが融解しない。

原因1 塩化ナトリウムの量が多すぎる。

薬さじ小2杯とごく少量にする。

原因2 ガスバーナーの火の調節が悪い。

手順①④参照

まとめ・考察

後片付け

失敗例 原因と解決法

【図6】 サポート資料の構成6

●状態3 融解した塩化ナトリウム液に電気が流れない。

原因1 融解が不十分である。

ガスバーナーの火を調節し、十分に加熱する。

原因2 一度融解したが、テスターを入れたことで、温度が下がりが凝固した。

テスターを入れてから加熱するか、入れた後しばらく加熱する。

原因3 テスターの電極が融解液に浸っていない。

やけどに気を付けながらテスターの位置を変える。テスターを握ったまま加熱すると、微妙に動くことが影響してなかなか融解しない。融解液に浸るように位置を変えたらそっと手を放し、動かないように注意する。

●状態4 スクロース水に電気が流れた。

原因1 テスターを洗わずに使用した。

試料ごとに洗ってから使用する。

原因2 試料に不純物が混ざっている。

薬さじは薬品ごとに用意するか、洗ってから使用する。

原因3 水道水を使用したか、蒸留されていない水を使用した。

蒸留水を使用する。

原因4 テスターの電流が強すぎる。

テスターを工夫する際、トランジスタなどを使用すると、増幅率によってはごく小さい電流でも増幅されてブザーが鳴ってしまう。蒸留水でも点灯してしまう場合があるので、注意が必要である。

別法

別法① 試料を別のものを使用する。

分子結晶として、ナフタレンを用いると、加熱した際に昇華する。分子結晶の特徴の一つである昇華を見られるため、良い試料と言える。

別法② 電気伝導性以外の性質も合わせて調べる。

試料の手触り、硬さ、光沢、においを観察したり、金槌でたたいて硬さや展性、延性を調べたりする。

別法③ 結晶の性質から物質そのものを見分けさせる。

試料をA、B、C・・・として配り、様々な性質から結合を推測し、結合からそれぞれの試料が何であるか見分ける。

別法

【図7】 サポート資料の構成7

ウ サポート資料で扱う観察，実験の内容

現行で各社から出版されている「化学基礎」の教科書（【資料3】）の内容を精査し，先行研究を参考に学習指導要領に沿った観察，実験を中心に扱う。薬品・器具の有無や小学校・中学校との系統性を考慮し，多くの学校で実施できるものとする。別法では，観察，実験のゴール設定に応じた方法を記載し，各学校の特色に応じて扱えるものにする。

【資料3】「化学基礎」文部科学省検定済教科書（平成23年3月30日検定済）

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| ・「化学基礎」東京書籍株式会社 | ・「新編化学基礎」東京書籍株式会社 |
| ・「化学基礎」実教出版株式会社 | ・「新版化学基礎」実教出版株式会社 |
| ・「高校化学基礎」実教出版株式会社 | ・「化学基礎」株式会社 新興出版啓林館 |
| ・「新編 化学基礎」株式会社 新興出版啓林館 | ・「化学基礎」数研出版株式会社 |
| ・「高等学校 化学基礎」数研出版株式会社 | ・「新編 化学基礎」数研出版株式会社 |
| ・「高等学校 化学基礎」株式会社 第一学習社 | |
| ・「高等学校 新化学基礎」株式会社 第一学習社 | |

2 研究の授業実践計画

所属校にて，サポート内容に掲載した2つの観察，実験を取り上げ，授業実践を行う。

3 研究の検証計画

(1) 導入の工夫の効果についての検証

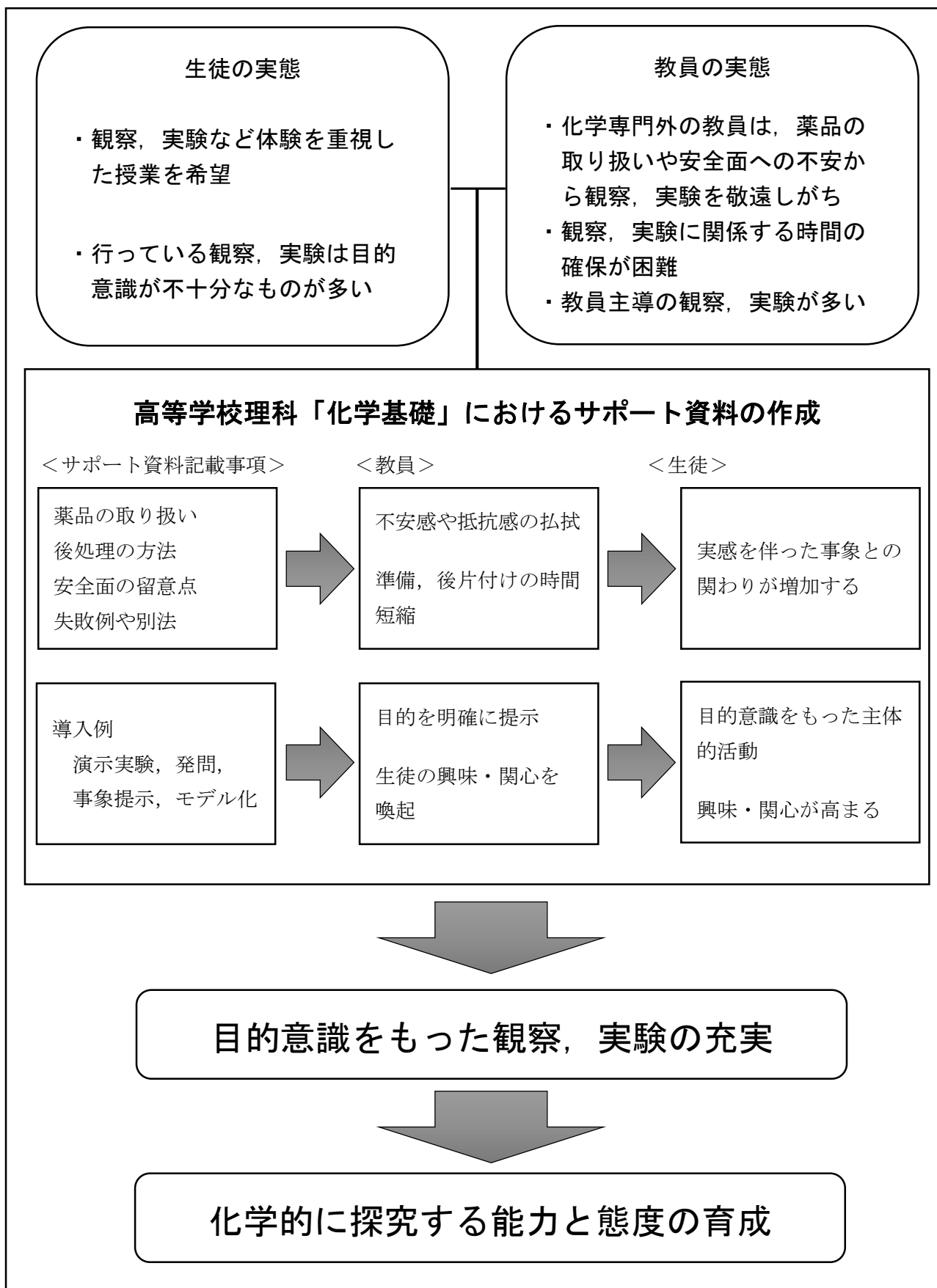
授業実践を行い，導入の工夫が目的意識につながったか検証する。

(2) サポート資料についての検証

サポート資料を活用した観察，実験を参観した教員の意見より，サポート資料の有効性について検証する。

4 研究構想図

【図8】はVIの1～3を図に示したものである。



【図8】研究構想図

VII 授業実践

1 授業実践日程

(1) 授業実践の対象

岩手県立北上翔南高等学校 総合学科 1年3組 男15名 女25名 計40名
1年6組 男12名 女28名 計40名

(2) 授業実践の内容

平成27年9月17日 1年3組 2校時 実験「分子の極性」
1年6組 5校時 実験「化学結合と物質の性質」
平成27年9月24日 1年3組 2校時 実験「化学結合と物質の性質」
1年6組 5校時 実験「分子の極性」

2 授業実践構想

学校の授業の進度から、授業実践を行う単元として「物質の構成」の中の「物質と化学結合」を選択した。この単元では「イオン結合、金属結合、共有結合とそれらの結合でできた物質の性質について観察、実験を行い、物質の性質が化学結合により特徴付けられることを理解させること」が主なねらいである。

本研究における「生徒が目的意識をもっている」とは、「生徒が何を明らかにするために行う実験が十分に理解し、見通しをもって行っている」とした。そこで、授業実践では、「分子の極性」と「化学結合と物質の性質」の2つの実験をサポート資料の手順に従って準備から行い、導入の効果とサポート資料の有効性について検証を行うことを目的とした。導入の効果については、生徒の目的意識につながるか、また、導入を行うことで生徒が目的意識をもって実験を行ったかを分析、考察した。

3 授業実践と結果の分析および考察

(1) 実験「分子の極性」

ア 実験の目的と授業の目標

この実験の目的は「溶解性の違いから極性の有無を確かめ、その結果と分子の構造から考察する」とした。

また、授業の目標を、「液体と液体が混じる・混じらない、固体が液体に溶ける・溶けないという現象から、極性を判断し、極性と分子の構造から試料の特定を行うこと」とした。

イ 導入

アの実験の目的を生徒に明確に意識させるためには、液体と液体の溶ける（混じる：ここでは同義として扱う）、溶けない（混じらない、分離する：ここでは同義として扱う）という現象を確認し、なぜその現象が起きるのか疑問を喚起し、その要因が極性であることを意識させることが必要であると考えた。従って、今回は導入の手法として演示実験を用い、次のように行った。

- (ア) 目でわかりやすいように色を付けた液体を混合し、混じる現象と混じらない現象を見せる。
- (イ) 身近な例としてドレッシングや、水と油の例を話す。
- (ウ) なぜ、混じる現象と混じらない現象が起こるのか発問し、極性が関係していることに気付かせる。さらに、極性があるもの同士、無いもの同士はそれぞれ混じり、極性があるものとないものは混じらないことを確認する。

(エ) 混じる、混じらないが分かれば、極性が考えられることを確認する。

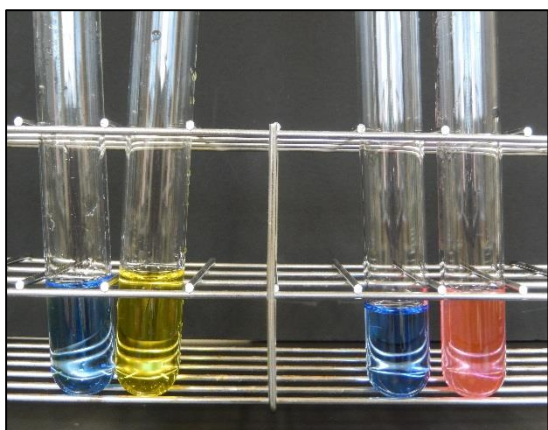
(オ) 使用する試料の分子モデルを示し、極性の有無を確認する。

ウ 資料収集

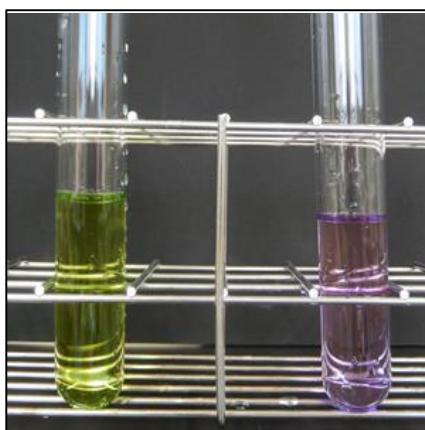
ここでは「生徒が目的意識をもっている状態」であれば、「極性の有無から溶解性を予想し、予想をもとに見通しをもって主体的、積極的に操作を行い、実験結果と極性、分子の構造から考察を行う」と考えた。それらを検証するため、授業実践の資料として、ビデオ撮影による記録のほか、生徒が記入したワークシート及びアンケートの解析を行った。

エ 実験内容

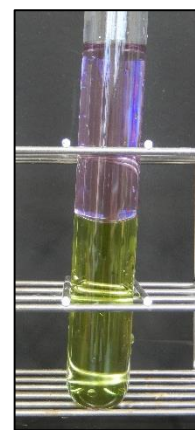
無色透明の液体3種類（極性分子の水とエタノール、無極性分子のヘキサン）と無極性分子の固体（ヨウ素）を混ぜ合わせ溶解性を調べることにより、それぞれの液体の種類を当てる。分子モデルを用いて極性を確認し、予想を立ててから操作に入る。予想段階では、極性のみで考えるため、エタノールと水の区別をすることができない。実際にはエタノールは極性分子である水とも無極性分子であるヘキサン、ヨウ素とも混じり合うことになる。予想と結果が異なることから、極性を考える際に必要であった分子の構造に戻って考えさせる内容である。3～4人のグループを作り、予想と考察は、まず個人で行い、その後グループで意見を出し合った。また、操作は全てグループで行った。なお、生徒にとって、分子には分子の形と電気陰性度の違いから極性分子と無極性分子とがあり、極性分子同士、無極性分子同士（似たもの同士）は混じり合い、極性分子と無極性分子は混じり合わないことは既習事項である。



【図9】導入1



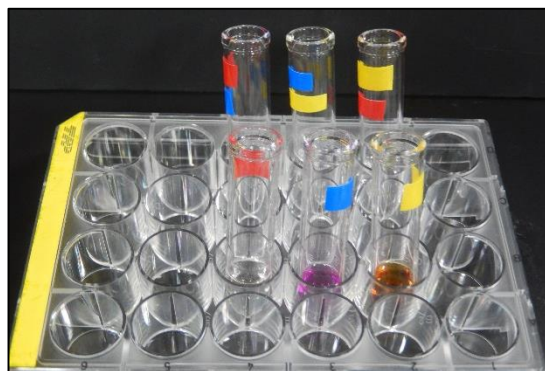
【図10】導入2



【図11】導入3



【図12】生徒の様子1



【図13】実験「分子の極性」

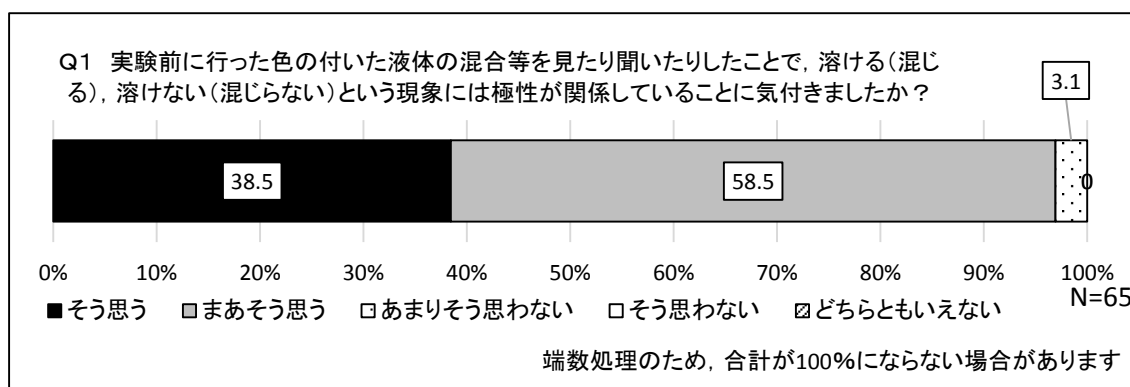
オ 結果の分析および考察

(ア) 導入の工夫が目的意識につながっていたか

導入の色の付いた液体において層になる現象を見せたとき「おー」と喚声が起こり、「なんで」

という疑問の声や、「水と油みたい」といった声が聞かれた。また、ワークシートやアンケートの自由記述には「二つの液体が混じらないとき、液体が層になるのに驚いた。」という感想が複数あった。また、「なぜ、油と水が分離するのか、今日の授業で分かりました。」と導入で提示した水と油の話と実験結果を結びつけている感想もあった。これらのことから、導入によって、混じる、混じらないという現象に対し疑問を喚起し、その要因が極性であることを意識させることができたと考えられる。

アンケートの「実験前に行った色の付いた液体の混合などを見たり聞いたりしたことで、溶ける(混じる)、溶けない(混じらない)という現象には極性に関係していることに気づきましたか」という問いに、97.0%が肯定的に答えていることから、目的意識につながる適切な導入であったと言える(【図14】)。



【図14】 実験「分子の極性」における生徒アンケート結果 1

(イ) 目的意識をもって観察、実験を行っていたか

ワークシートの「A～Cがどのようになれば水、エタノール、ヘキサンと判断できるか」という予想の欄には、「水はエタノールと混じり合う(極性分子同士だから)。でも、ヨウ素とヘキサンとは混じり合わない(極性分子と無極性分子だから)」のように、極性の有無から溶解性を考えられている生徒が64人中58人で90.6%となった。

アンケートの「自分で実験の結果を予想できましたか」という問いに対しては、90.7%が肯定的に答えている(【図15】Q2)。「そう思わない」と答えた生徒であっても、ワークシートの記述によると極性から予想できており、予想と結果が異なってしまったため、「予想できなかった」と答えたと考えられる。感想にも「結果が予想と異なり(略)」との記述が見られた。

これらのことから、ほとんどの生徒が、極性で考えることによって解決できることを意識し、見通しをもつことができたと考えられる。つまり、目的意識をもった状態で実験に臨んでいると考えられる。

考察では、「物質Aは水と考えられる。その根拠は、水は極性分子であるエタノールとは混じり合い、無極性分子のヨウ素とヘキサンとは混じり合わない。」のように、溶解性から極性を考え、極性から物質が何であるかを論じている生徒が多く見られた。単に「ヨウ素が溶けたから」ではなく「無極性であるヨウ素が溶けたから」のように、極性、無極性という語句を用いて考察を行っている生徒は64人中52人の81.3%であった。実験を行っている最中は、臭いについての発言も聞かれたが、考察段階では臭いではなく溶解性の結果から論じられていた。エタノールの考察では、「物質Cはエタノールと考えられる。その根拠は、エタノールは極性分子で、極性分子である水と混じり、分子モデルの似ているヘキサンとも混じるからである。」との記述が見られた。また、「最初はとてもビックリしたが、分子の形を見たときに『あー』となって他にもないのか探

してみたくなかった。」と感想を述べている生徒もいた。少し難しい内容ではあるが、極性と構造に着目させることができたと考えられる。

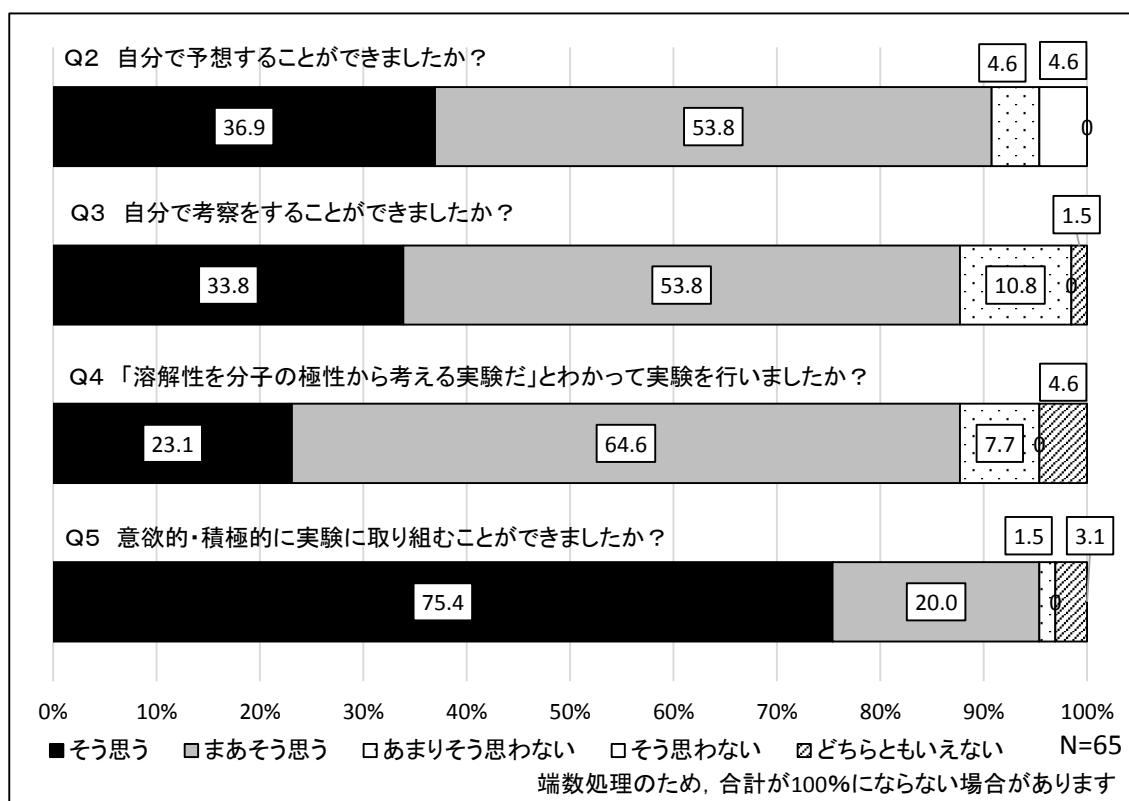
アンケートの「自分で考察をすることができましたか」という問いには、87.6%が肯定的に答えている（【図 15】 Q 3）。

これらのことから、考察活動が充実していることが読み取れる。目的意識をもって考察まで行うことができたと考えられる。

アンケートの『「溶解性を分子の極性から考える実験だ」とわかって行いましたか」という問いにおいて、87.7%が肯定的に答えていることから目的意識をもって実験を行っていたと考えられる（【図 15】 Q 4）。否定的な回答をした生徒5名のうち、1名は予想から考察までしっかり行っていたが、1名はワークシート未提出で、3名は予想が極性に基づいていなかったり、考察が不十分であったりした。目的意識をもつことが、考察や授業に対する姿勢にも影響を及ぼしていると思われる。

ワークシートやアンケートの自由記述では、「今回のように自分の考えを予想と結果にしていねいにまとめ、グループでしっかりと取り組んで、その予想がどれだけ実験に大切なことかを知ることができた。これから、実験する機会が増えるので、自分から積極的に取り組んで行きたいと思うことができた。」と述べた生徒がいた。他にも「家でもやれそうなものがあつたらやってみたい」「他にもないのか探してみたい」など、主体的、積極的な活動を表す文言がみられた。アンケートの「意欲的・積極的に実験に取り組むことができましたか」という問いに対して 95.4%が肯定的に回答していることから、主体的な活動ができていたと言える（【図 15】 Q 5）。

これらのことから、生徒は極性の有無から溶解性の予想を立て、それをもとに見通しをもって主体的、積極的に操作を行い、実験結果と極性、分子の構造から考察を行っており、目的意識をもって実験を行っていたと考えられる。



【図 15】 実験「分子の極性」における生徒アンケート結果 2

(ウ) まとめ

(ア)(イ)より、今回行った導入は適切であり、導入の効果により生徒は目的意識をもって実験を行っていたと考えられる。

(2) 実験「化学結合と物質の性質」

ア 実験の目的と授業の目標

この実験の目的を「電気伝導性を、電子の流れと化学結合との関わりから考えることで、化学結合の理解を深める」とした。

また、授業の目標を、「固体、水溶液、融解液での電気伝導性を調べ、電気を流したときの試料中の電子の動き（イオン結晶の場合は電子とイオンの動き）を考えることで、試料の結晶の種類を特定する」とした。

イ 導入

アの実験の目的を生徒に明確に意識させるためには、電気を通すもの通さないものを確認し、なぜ通るものと通らないものがあるのか疑問を喚起し、その要因が結合と電子の関係にあることを意識させることが必要であると考えた。従って、今回は導入の手法として演示実験を用い、次のように行った。

(ア) 実験で実際に使用するテスターを用いて、電気を通すもの通さないものを小学校、中学校の既習事項を用い、発問によって確認する。

(イ) なぜ電気を通すものと通さないものがあるのか発問する。

(ウ) 電流の流れは電子の流れであること、つまり、「ブザーがなったということは、電極間に電子が流れた」ということを確認する。

(エ) 結晶のモデル図を見ながら、状態が変化したらどうなるか、そこに電子が流れるか、流れないかを考える実験であることを確認する。

ウ 資料収集

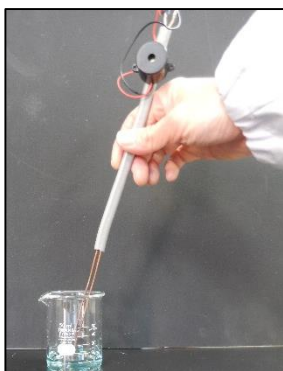
ここでは「生徒が目的意識をもっている状態」であれば、「電気、電子、結合との関係から、電気伝導性を粒子の状態で考え、見通しをもって主体的、積極的に操作を行い、実験結果から考察を行う」と考えた。それらを検証するため、授業実践の資料として、ビデオ撮影による記録のほか、生徒が記入したワークシート及びアンケートの解析を行った。

エ 実験内容

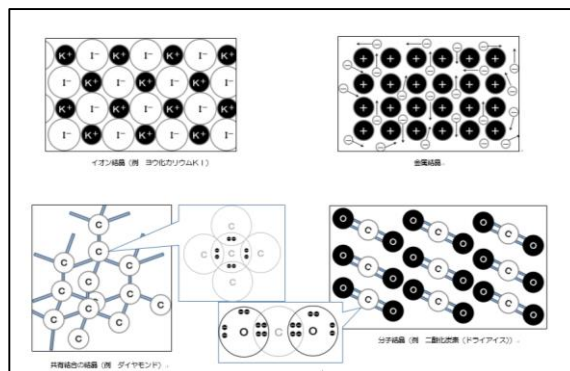
食塩、砂糖、スズ、石英砂の固体、水溶液、液体による電気伝導性を調べることにより、それぞれの結晶の種類を考える。操作は3～4人のグループで行った。考察は個人で行った後に、グループで意見を出し合った。なお、生徒にとって、イオン結晶、分子結晶、金属結晶、共有結合の結晶の構造や性質については既習事項である。



【図 16】導入 4



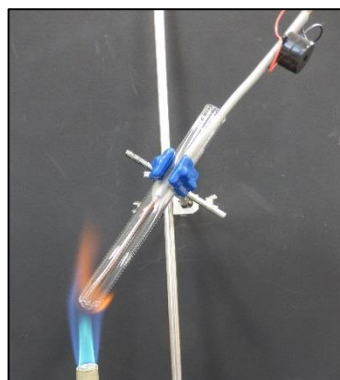
【図 17】導入 5



【図 18】導入 6



【図 19】生徒の様子 2



【図 20】実験「化学結合と物質の性質」

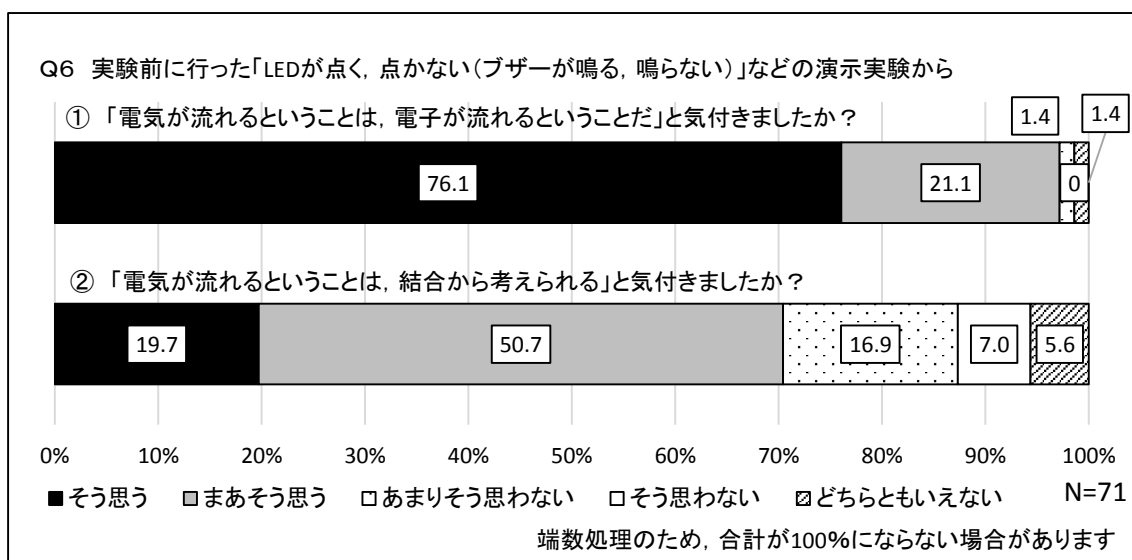
オ 授業実践の結果の分析および考察

(ア) 導入の工夫が目的意識につながっていたか

導入で、金属スプーンやプラスチックのスプーン、ガラス棒などの電気伝導性を発問しながら確かめ、「ここまでは小学校の内容だよ」というと「え。小学校で」と驚きの声が上がった。また、「電気の正体は」という発問に対して、「電子」とすぐに出てきていたが、ワークシートやアンケートの感想に「電流の正体が電子だと初めて知った」との記述が多くみられ、既習事項確認の重要性を改めて感じた。

アンケートの「実験前に行った『LED が点く、点かない（ブザーが鳴る、鳴らない）』の演示実験から、『電気が流れることは電子が流れるということだ』と気づきましたか」という問いに対して、97.2%が肯定的に答えている（【図 21】Q 6 ①）。操作に入る前に行ったワークシートの記述の「確認：ブザーが鳴ったとき電極の間では何がおきているか」でも、67 人中「電子が流れている、電子が移動している」が52人、「電気・電流が流れている」が9人、電子という語句は使っているが「電子が電極にくっついた」のように間違っていた生徒が5人、その他が1人であり、ブザーが鳴った時に、その物質に電子が流れたと印象付けられたと考えられる。それに対し、「電気が流れるということは結合から考えられると気づきましたか」という問いに肯定的な回答は70.4%にとどまった（【図 21】Q 6 ②）。これは、結合には電子が関係しているという理解がまだ定着していなかったことが原因と考えられる。導入の際に、結合3種類を発問したが、なかなか出てこなかったことから、結合に関する基本的な理解の定着が低いことがわかる。授業を行う前の生徒の実態把握が不十分であった。

これらのことから、今回行った導入は、電気伝導性と電子の関係を生徒に意識させられた点では適切であった。しかし、「電子が関係しているということは結合で考えられる」と意識させるには、生徒の化学結合への理解が不足していたと考えられる。



【図 21】実験「化学結合と物質の性質」における生徒アンケート結果 1

(イ) 目的意識をもって観察, 実験を行っていたか

この実験では, 予想をする時間を取っておらず, ワークシートにも予想の欄は設けていなかった。それでも, アンケートで 85.9%の生徒が実験の結果を予想することができたと答えている (【図 22】 Q 7)。導入の際に, ブザーが鳴るか鳴らないかを発問しながら行い, 実験の際にも同じように考えながら行うように指示したことが効果的であったと考えられる。ワークシートの感想でも「自分の予想と結果が違いびっくりしたのが, 塩化ナトリウムを熱したものに電気が流れたことでした。電気が流れると思っていたものが本当は流れなかったりと, 実験を通して結果がわかってよかったです。」「予想もしっかり立てたので, すごく楽しかったです。」「楽しいだけじゃなく, どうしてこうなるのかを考えながらできた。」という記述があり, 自分で電子もしくは電気が流れるかどうか予想しながら, さらにはどうして電子が流れるのか考えながら実験を行っていた生徒が多かったと考えられる。これらのことから, ほとんど生徒が, 電気伝導性で考えることによって解決できることを意識し, 見通しをもつことができたと考えられる。つまり, 目的意識をもった状態で実験に臨んでいたと考えられる。

ワークシートの考察の記述では「イオン結晶と考える根拠は, 固体では, イオンが自由に動きまわれないため電子が流れない。液体, 水溶液ではイオンが動けるため電子が流れることができるから。」や「金属結晶と考える根拠は, 自由電子があるので固体でも電子を通すから。」のように結合と電子の関係から論じられているものが多数あった。アンケートの「自分で考察をすることができましたか」という問いには, 92.9%が肯定的に回答している (【図 22】 Q 8)。

その一方で, ワークシートの考察の記述において, 「固体, 液体, 水溶液のすべてで電気が流れなかったから分子結晶と考えられる。」や「固体で電気が流れたから金属結晶である。」のように電気伝導性の有無から考察している生徒も多数おり, イオン結晶, 分子結晶, 金属結晶いずれにおいても 30~40%程度となった。もちろん, この考察は間違えではないが, 今回ゴールとした「電子と結合の関係から考える」には一歩足りないものとなってしまった。これは, (ア)で述べたように, 導入の時点で「電気は電子の流れである」との確認はできたものの, 「電子が関係しているということは結合で考えられる」とは結び付けられなかったことが原因と考えられる。

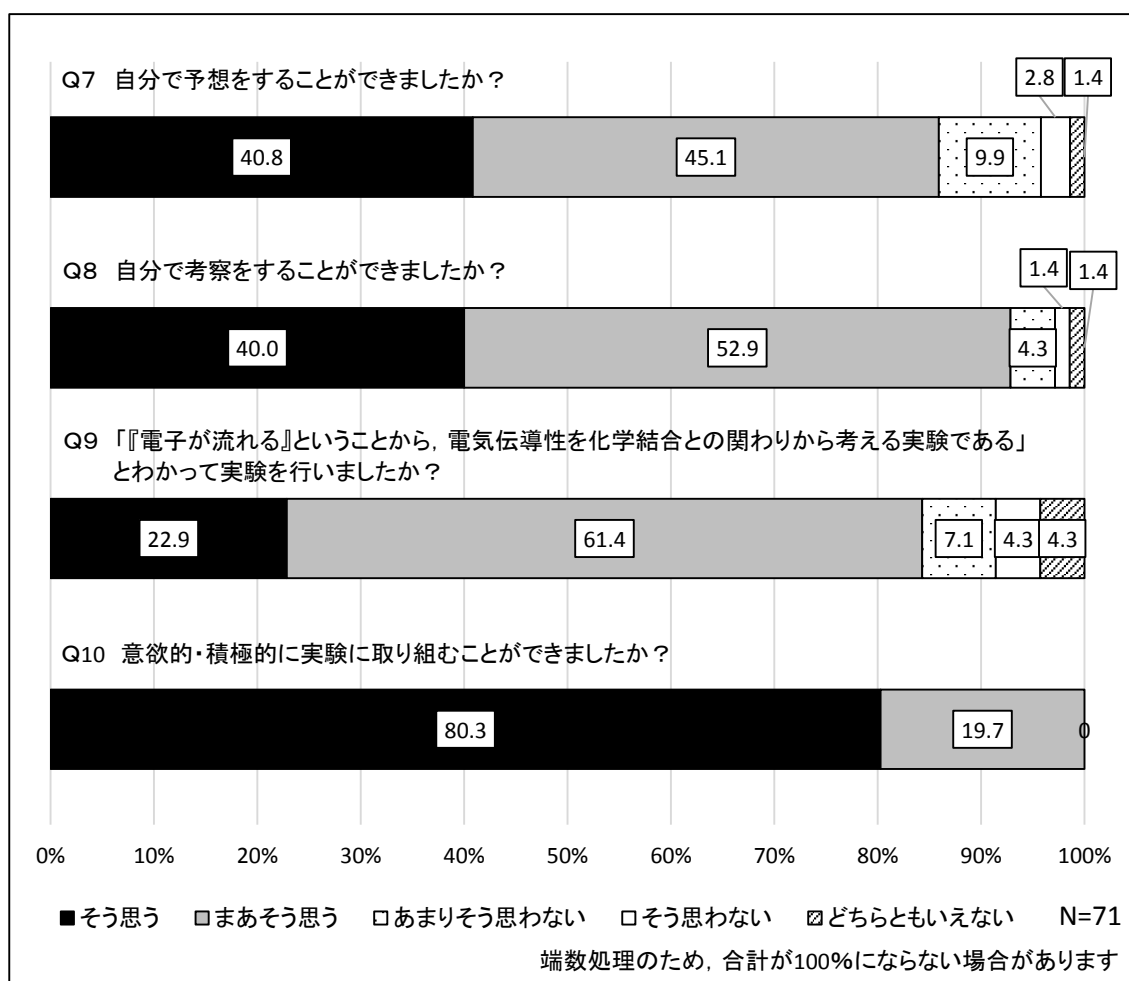
アンケートの『電子が流れる』ということから, 『電気伝導性を化学結合との関わりから考える実験である』とわかって実験を行いましたか」という問いには 84.3%が肯定的に回答している

（【図 22】 Q 9）。この 84.3%に含まれる生徒の中には、目的を「電気伝導性の有無から結晶の種類を考える」と捉えている生徒も含まれていると思われるが、ほとんどの生徒が目的意識をもって実験を行うことができたと考えられる。

また、この問いで「そう思わない」と答えた生徒は 3 人であった。このうち 1 人はワークシートの考察では「金属結晶と考える根拠は、スズは金属だから。」と答えており、後の 2 人はワークシートを未提出であった。また、「あまりそう思わない」と答えた生徒の中にも「水に溶けず固体のままだから金属結晶である。」と溶解性から答えている生徒もいた。実験「分子の極性」と同様に、目的意識をもつことの重要性を表す結果となった。

これらのことから、目的意識をもって予想しながら実験を行い、考察までできているが、(ア)で述べたように、今回行った導入が設定したゴールに対して不十分であったため、本来の目的意識と少しずれてしまった生徒がいたと考えられる。生徒の理解度に応じ、ゴールの設定を「電気伝導性の有無から結晶の種類を考える」とするか、導入に化学結合と電子の関係の確認を加える、または、実験後に電気が流れることと化学結合との関係についての学習を補う必要があった。観察、実験を行う際は、まず、担当教員が生徒の実態を把握した上でゴールを設定し、そのゴールに到達するために必要な導入を行うことが重要であると言える。

アンケートの「意欲的・積極的に実験に取り組むことができましたか」という問いに肯定的に答えた生徒が 100%となったことから、目的意識のずれはあるものの、予想しながら実験を行うなど、主体的な活動につながっていたと言える（【図 22】 Q10）。



【図 22】 実験「化学結合と物質の性質」における生徒アンケート結果 2

(ウ) まとめ

(ア)(イ)より、今回行った導入は対象生徒にとって不十分な面があり、目的意識にずれは生じたものの、導入の効果により、生徒は目的意識をもって実験を行っていたと考えられる。

(3) 2つの実験を通して

2つの授業終了後に行ったアンケートの自由記述「2回の授業を受けた感想やわかったことなど自由に記入してください」について、テキストマイニングソフトにより分析を行った。【図23】はクラスター分析の結果をデンドログラム（樹形図）で表したものである。クラスター分析とは、文章を単語やフレーズなどの単位に分割し、それらの出現傾向などから、類似度の高い文章をグループにまとめる方法であり、客観的に分類できる。今回のアンケートの自由記述は、【図23】のように、3群に分けられる。それぞれ、「化学的な思考」「授業の感想」「活動内容」とグループ名をつけ、文章の抽出を行った。

「化学的な思考」では「分子の極性は少し難しかったです、水溶液が混じるときに極性が関係してくることは理解できた。」「極性分子と無極性分子同士が混じらないのを初めて知った。また、エタノールが無極性分子と混じることについて、様々な考察ができたのでよかった。」「状態変化によって電気を通すものもあればそうでないものもあってとても不思議に思っていました、結合がそれぞれ違うことがわかっておもしろいなと思いました。」などの理解の深まりがわかる感想が見られた。また、「液体と液体を混ぜると色が変わったり、分離したりするのを見られて楽しかったです。電気が流れることは、電子が流れるというのもわかって良かったです。」と導入に関する感想も見られた。

「授業の感想」では「今まで授業で習ってきたことや、生活の中で知っていた知識が実験を通すことで一つにつながる事ができたと思う。」「自分達で説明を聞いた後に結果を調べるのはとても楽しかったです。」などの感想があった。

「活動内容」では「自分で実験結果を予想しても実際の結果とは異なる結果が出たりしておもしろかった。全体的に実験がスムーズにできて良かった。もっと難しい実験にも挑戦したい。」「楽しくしっかりと学び考えながら実験できたと思うのでよかったと思います。」「自分から積極的に取り組み、どうしてこうなるのか、なぜこうなったのかを実験プリントに書きながら考えることができた。」などの感想があった。「活動内容」について述べた生徒は74人中27人で、自由記述においては高い値といえる。このことから、活動が印象的であったと考えられる。「予想」「積極的」といった言葉も多く使われており、主体的な活動ができた生徒が多かったと考えられる。

これらのことから、今回の実験は、主体的な活動であり、実験を通して理解が深まり、化学を学ぶ楽しさを体験し、探究したいという態度の育成につながるものであったと考えられる。主体的な活動となった要因の一つとして、導入を工夫することで、目的意識をしっかりと持たせたことがあげられる。



【図 23】 アンケート自由記述の主題分類

(4) サポート資料についての検証

サポート資料を活用した実験を参観した教員 8 人から回答が得られ、その意見をまとめ、サポート資料の有効性について、分析、考察を行った。

教員からは「内容が教科書に沿ったものである所がよい。『楽しい実験』のような本はあるが実際には使えないものが多い。」「生徒が積極的に実験に参加し、考えていた。後日、『実験のここがわからなかった』と聞きに来た生徒がいた。初めてのことだった。」「導入もわかりやすくよかった。自分が担当するときはぜひ取り入れたいと思う。」「準備、後片付けの詳細があるのが良い。」という意見をいただいた。

一方で、「エタノールを用いるのは内容として難しい。」「準備や後片付けが手間なものは結局やらなくなる。今回の極性の実験は洗い物が多く大変だ。」という意見をいただいた。

これらのことから、サポート資料を更に改善することで、有効的な資料になり得ると考えられる。改善の方向性を以下のようにまとめ、改善を行い、サポート資料に反映させた。

- ・サポート資料の内容を整理する
- ・別法で理解度に応じて対応できるように更に工夫する
- ・準備や後片付けをできるだけ簡潔に行えるよう更に工夫する

VIII 研究のまとめ

1 全体考察

実践結果の分析と考察より、導入の工夫を行うことで、生徒は目的意識をもって実験に臨むことができたと考えられる。その結果、実験結果がどうなるか予想しながら、どうしてこうなるのか考察するなど、積極的、主体的な活動ができたと考えられる。化学基礎全体を通してこのような体験を積み重ねることにより、化学的に探究する能力と態度の育成が期待できる。目的意識をもった観察、実験を充実させるために、導入例や薬品の取り扱い、後処理の方法、安全面の留意点、失敗例や別法といった情報をまとめたサポート資料は指導する教員の一助となり得ると考えられる。

2 研究の成果

本研究は、導入の工夫や薬品・器具の取り扱いに重点を置いた「化学基礎」のサポート資料を作成しようとしたものである。また、導入の工夫を行うことが、生徒の目的意識の形成につながることを明らかにするため、授業実践をおこなった。本研究で明らかになった成果は以下のとお

りである。

- (1) 「化学基礎」の目標に基づき、教科書、先行研究、文献から、観察、実験の指導に必要とされる情報を明らかにし、教員にとって有用で、生徒の目的意識や意欲を喚起できるような観察、実験を抽出し、サポート資料を作成できた。
- (2) 生徒に目的意識をもって観察、実験を行わせるためには、導入の工夫が効果的であることを明らかにすることができた。

3 今後の課題

今後の課題としては、以下の点が挙げられる。

- (1) 本研究では、数ある観察、実験の中からいくつか抽出し、導入も含めてサポート資料として作成した。しかし、多様な生徒の実態に応えるには十分とは言い難い。そこで、より多くの観察、実験を取り扱ったり、教材を開発したりするなど、サポート資料のさらなる充実を図る必要がある。
- (2) サポート資料の有効性の検証と、観察、実験の内容の改善点を見つけるため、他分野が専門の教員による実践報告の収集を行い、サポート資料に反映させていく必要がある。
- (3) 科学的正確性を高めるため、専門的な目によるサポート資料の精査を行う必要がある。

<おわりに>

長期研修の機会を与えていただいた関係諸機関の各位並びに所属校の諸先生方と生徒のみなさんにご心から感謝を申し上げます、結びの言葉といたします。

Ⅸ 引用文献および参考文献

【引用文献】

- 石塚史子(2015),『高等学校理科「科学と人間生活」におけるサポート資料の作成』,岩手県立総合教育センター
- 科学技術振興機構理科教育支援センター(2010),『平成20年度高等学校理科教員実態調査報告書』, p. 74, pp. 88-89
- 科学技術振興機構理科教育支援センター・国立教育政策研究所(2009),『平成20年度高等学校理科教員実態調査集計結果(速報)』, pp. 1-38
- 小松原清敬(2015),『高等学校理科「地学基礎」におけるサポート資料の作成』,岩手県立総合教育センター
- 千田和則(2013),『高等学校「生物基礎」における観察、実験サポート資料の作成』,岩手県立総合教育センター
- 文部科学省(2009),『高等学校学習指導要領』, p. 64
- 文部科学省(2009),『高等学校学習指導要領解説 理科編』,実教出版株式会社, p. 12, p. 54

【参考文献】

- 国立青少年教育振興機構 青少年教育研究センター(2014),『高校生の科学等に関する意識調査報告書』,国立青少年教育振興機構 青少年教育研究センター
- 齋藤耕子(2012),『高等学校理科における小・中学校との系統性を重視した指導法についての研究』,岩手県立総合教育センター

- 羽村昭彦他(2006),「高等学校理科における科学的な思考力を育成するための教材に関する研究」,
『広島県立教育センター研究紀要第33号』, pp. 41-60
- 羽村昭彦他(2007),「高等学校理科における科学的な思考力を育成するための指導と評価の工夫」,
『広島県立教育センター研究紀要第34号』, pp. 25-44
- 林原広幸(2006),「目的意識を持ち主体的に観察, 実験に取り組むための指導方法の工夫」,『岡山県
教育センター長期研修員研究報告書』, pp. 41-46
- 矢野英明(2009)ら,「子どもが問題を持つようにして主体的な観察・実験へと導く」,『VIEW21
Vol.3 小学版』

【引用webページ】

- 岩手県教育委員会(2015),「平成27年度高校1年・2年意識調査結果」
http://www.pref.iwate.jp/dbps_data/_material/_files/000/000/039/666/isiki.pdf (2015年
11月20日閲覧)
- 宮城県教育研修センター(2011), 研究報告書「主体的に問題解決を行う理科授業を目指して」
http://www.edu-c.pref.miyagi.jp/longres/H22_A/pdf/rika/rika-02.pdf (2015年11月20日閲覧)

【参考webページ】

- 愛媛県総合教育センター学習指導資料(2012),「導電電極の作製」
http://www.esnet.ed.jp/center/shiryo/uploads/doudendenkyoku_sakusei.pdf (2015年11月20
日閲覧)
- 岡山県総合教育センター(2012),「観察, 実験における目的意識を高める指導法の工夫」
<http://www.edu-ctr.pref.okayama.jp/chouki/study/h23/miyahara.pdf> (2015年11月20日閲覧)
- 群馬県総合教育センター特別研修員報告書(2006),「中学校理科における目的意識をもって実験を行
い, 考察する力を養う指導の工夫」
<http://www2.gsn.ed.jp/houkoku/2005t/sangyou/05t015/05t015h.pdf> (2015年11月20日閲覧)
- 群馬県総合教育センター(2015),「問題意識を持って, 意欲的に取り組む理科学習」
http://www.nc.center.gsn.ed.jp/?action=common_download_main&upload_id=2751 (2015年11月
20日閲覧)
- 高知県教育センター長期研修生研究報告書(2012),「高等学校理科における観察・実験のデジタル
教材を使った学習指導の事例研究」
[http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310308/files/2012120700256/2012120700256_www_pref_
kochi_lg_jp_uploaded_life_91885_326801_misc.pdf](http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310308/files/2012120700256/2012120700256_www_pref_kochi_lg_jp_uploaded_life_91885_326801_misc.pdf) (2015年11月20日閲覧)
- 高知県教育センター高知県教育公務員長期研修生(研究生)研究報告書(2012),「別冊 『化学基礎』
観察・実験集」
[http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310308/files/2012120700256/2012120700256_www_pref_
kochi_lg_jp_uploaded_life_91885_326802_misc.pdf](http://www.pref.kochi.lg.jp/soshiki/310308/files/2012120700256/2012120700256_www_pref_kochi_lg_jp_uploaded_life_91885_326802_misc.pdf) (2015年11月20日閲覧)
- 国際化学物質安全性カード (I S C S) 日本語版
<http://www.nihs.go.jp/ICSC/> (2015年11月20日閲覧)
- 宮城県総合教育センター研究報告書(2014),「生徒が観察, 実験に目的意識をもって取り組む理科授
業」
http://www.edu-c.pref.miyagi.jp/longres/H25_S/s/rika-02.pdf (2015年11月20日閲覧)

那覇市教育研究所(2004),「目的意識をもち観察を行う学習指導の工夫」

http://www.saga-ed.jp/chouken/choukikenshuu_jigyuu/chouken_report/h24/pdf/15%20okuzono.pdf (2015年11月20日閲覧)

佐賀県教育センター平成24年度研修報告書(2013),「第1学年,物理領域において,観察,実験の結果を自然の事象と関連付けながら考察する力を育成するために,生徒自ら問題意識や疑問をもつことができるような授業の在り方を探る」

http://www.saga-ed.jp/chouken/choukikenshuu_jigyuu/chouken_report/h24/pdf/15%20okuzono.pdf (2015年11月20日閲覧)

日本科学教育学会研究会研究報告 Vol.29 No.7(2015),「観察・実験における目的意識や主体性を促す指導方略に関する研究」

http://www.jsse.jp/~kenkyu/201429/20152907_51-54.pdf (2015年11月20日閲覧)

広島県立教育センター(2015),「主体的に観察や実験を行うための理科指導の工夫」

http://www.hiroshima-c.ed.jp/center/wp-content/uploads/kenkyu/choken/h26_zennki/zen11.pdf (2015年11月20日閲覧)

広島大学大学院教育学研究科紀要第二部第61号(2012),「理科学習における観察・実験結果の考察に関する研究」

http://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/files/public/33977/20141225100832105901/BullGradSchEduc-HiroshimaUniv-Part2_61_9.pdf (2015年11月20日閲覧)

福岡市教育センター平成17年度研究紀要(第731号),「生徒の問題意識を誘発し,問題解決能力を育てる理科学習の展開」

<http://www.fuku-c.ed.jp/center/houkokusyo/h17/h17rikacyouken.pdf> (2015年11月20日閲覧)