

## 探究活動から課題研究へ

宮下正格

## 1 はじめに

研究紀要2号には、高等学校化学で実施が可能な課題研究の2, 3の例について報告した。

本年度は探究活動から課題研究へ発展させるための方策について報告する。

この報告は、旧指導要領(札幌西高校)の時、化学Bを2年生で2単位、3年生で2単位と分割履修させ、その他に特設した選択化学2単位(2時間連続)で実施したものである。

化学での実験は、基礎基本となるような内容のものを中心として教科書記載のもの、北海道版の実験書に記載のもので実施した。

選択化学の目標を、次の①～④とした。

- ① 化学教育の現代化(基本概念を中心に体系化する)
- ② 化学教育を通じ創造性の開発
- ③ 科学的な思考方法の確立
- ④ 人間性の涵養

内容面では、すでに高校で履修する化学の半ばまで2年時において履修しているの、指導の中心に「物質の粒子性」と「化学変化とエネルギーの関係」を置いた。

年間授業計画として、科学の方法の修得をねらいとして基礎編I(18時間)、実験計画をたてるための実験技術の修得をねらいとして基礎編II(14時間)、課題研究(30時間)を予定した。

## 2 基礎編I

## (1) 基礎編Iの考え方

実験テーマの選定に当たって留意した点は、

- ① 実験内容を焦点化し、目的を明確にする
- ② 実験事実の的確な把握に努めさせる
- ③ グループ討議による問題解決を行わせる
- ④ 自由研究のテーマ選定に対する問題意識を持たせる

の4点である。

科学の方法の習得がねらいなので、「観察、実験、測定、分類、記録・伝達、予測、推論、操作的定義、データの解釈、モデルの形成、仮設の設定、検証実験、条件制御」などの目標をそれぞれの実験ごと、明示した。

実験は、主として理論の裏付けとなる実験を中心に、「問題提示→問題解決のための実験→結果の処理→グループ討議→全体討議」の順に展開した。

## (2) 実験の目標と内容

## ① 化学変化を考えてみよう

【目標】観察(問題の発見)、条件の制御、モデルの形成

【ねらい】

化学実験における観察のポイント、具体的事実と推論との違いを理解する。

【実験1】

300mlの三角フラスコに、化合物A・化合物Bと水酸化ナトリウム(触媒)を含む水溶液(標準溶液)が200ml入っている。

- ◎ 静置した状態のとき、この水溶液にどのような特徴が見られるか。
- ◎ 上下に振ると、どのような変化が見られるか。

設問 実験事実からどのようなことが推定されるか。

【実験2】

化合物Aの濃度を2倍にした溶液(A2倍液)、化合物Bの濃度を2倍にした溶液(B2倍液)がある。

- ◎ 標準溶液の振る回数と退色までの時間(秒)
- ◎ A2倍液の振る回数と退色までの時

間(秒)

◎ B 2 倍液の振る回数と退色までの時間(秒)

設問 実験結果をグラフ化せよ。また、着色の原因は化合物 A・B のいずれか。

[実験 3]

溶液の温度を 35°C にし、振る回数と退色までの時間を調べる(結果を予測した後、実験で確かめる)。

設問 予想と実験結果は一致したか。

## ② 化学変化と熱エネルギー

[目標] データの解釈, 推論, 規則性の発見

[ねらい]

化学変化を熱的变化の面からとらえ、反応経路と反応熱との関係を調べる。

[実験 1]

硫酸銅溶液をビーカーに取りスターに乗せ、温度計をセットする(攪拌子の回転の邪魔にならないように)。亜鉛末を入れ攪拌しながら温度変化を測定する。

設問 測定値をグラフ化した後、最高温度を算出せよ。

[実験 2]

硝酸銀溶液と(1) 亜鉛末、(2) 銅粉 についても同様の実験を行う。

設問 1 測定値をグラフ化した後、最高温度を算出せよ。

設問 2 実験 1・2 からどのようなことが分るか。

## ③ 電気伝導性と中和

[目標] ◎条件の制御, データの解釈, 推論

[ねらい]

酸も塩基も水溶液にすると電気をよく通

す。中和反応の際の電気伝導性はどのように変化するかを調べる。

[実験 1]

水酸化バリウム水溶液をビーカーに取り電極を入れて電圧を調整した後、攪拌子を回し硫酸を滴下しながら電流の変化を測定する。

設問 1 測定値をグラフ化せよ。

設問 2 グラフの変化と溶液内のイオンとの間には、どのような関係があるか。

[実験 2]

水酸化バリウム溶液と塩酸で同様の実験をしてみる。

水酸化ナトリウム溶液と酢酸で同様の実験をしてみる。

設問 1 各反応の違いは、どこに原因があると推定されるか。

設問 2 溶液中のイオン濃度、イオンの種類と電気伝導性の関係について考察せよ。

## ④ プロトン供与体と受容体 I

[目標] 定量の基礎, 推論, データの解釈

[ねらい]

水溶液中でなければヒドロニウムイオンや水酸化物イオンは存在しない。しかし、ブレンステッドの酸・塩基説によれば、プロトンの授受が酸・塩基反応なので、水溶液中でなくても中和反応は起こる。

ベンゼン・アルコールなどの非水溶媒中での酸・塩基反応を実験的に調べる。

[実験 1]

水・ベンゼンの電気伝導性を調べる。

塩化水素-水、塩化水素-ベンゼンの各溶液の電気伝導性を調べる。

設問 電気伝導性の有無から電離の有無を推定せよ。

[実験 2]

アニリンのベンゼン溶液に乾燥した塩化水素を吹き込み、電気伝導性を調べる。

設問 電気伝導性の変化の理由を考察せよ。

[実験3]

ジエチルアミンのエタノール溶液と酢酸のエタノール溶液を混合し、温度変化を調べる。

設問 反応熱を計算せよ。

⑤ プロトン供与体と受容体II

[目標] 定量の基礎、推論、データの解釈

[ねらい]

酸・塩基反応をプロトンの授受で考えるなら、プロトンの出し易さ、プロトンの受け入れ易さによって酸・塩基の強弱を考えることができるであろう。このことを実験的に調べる。

[実験1]

二酸化炭素、アンモニア、酢酸、ジエチルアミンの各水溶液の液性をpH試験紙で調べる。

設問 水に対して各化合物は、プロトン供与体・受容体のいずれか。

[実験2]

炭酸ナトリウム、塩化アンモニウム、酢酸ナトリウムの各水溶液の液性をpH試験紙で調べる。

設問1 水に対して各イオン(塩から電離した)は、プロトン供与体・受容体のいずれか。

設問2 実験1, 2で使用した水溶液のpHから、各化合物及びイオンのプロトン供与体・受容体としての強弱を推定せよ。

⑥ 酸化・還元(電子の授受)

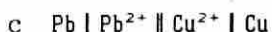
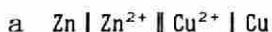
[目標] 予測、仮設の設定、検証実験

[ねらい]

単極電池を組み合わせて起電力を測定し電子の流れる方向(酸化・還元)を調べる

[実験1]

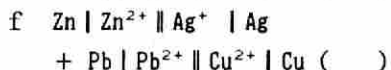
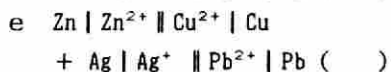
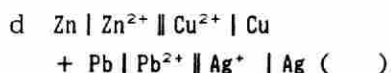
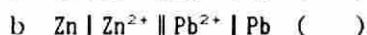
次の各電池の起電力を測る。



設問 銅を基準とした場合の亜鉛、銀、鉛の酸化還元電位はいくらか。

[実験2]

次の組み合わせで、起電力はいくらになるか。推定値を( )内に書き、実験で確かめよ。



設問 推定値と実験値の間で差の生じたのは、どこに原因があるか。

⑦ 電池と電気分解

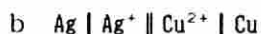
[目標] 推論、仮設の設定、検証実験

[ねらい]

電池と電気分解の関係を電子とのかかわりから調べる。

[実験1]

次の各電池の起電力を測る。次にこの電池から電流を取り出し、電圧の変化を調べよ。



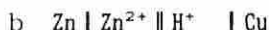
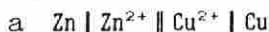
設問1 a, bの電池で起電力に差はあるか。



設問2 電流を流したときと流さないときとはどのような違いがあるか。

[実験2]

次の各電池の起電力を測る。次にこの電池から電流を取り出し、電圧の変化を調べよ。



設問 実用電池の条件として、どのようなことが必要か、検討せよ。

[実験3]

実験2の電池に逆電流を流したらどのような現象が起こるか。現象を推論し、実験で確かめよ。

設問 電極及び溶液内のイオン濃度の変化を反応式を用いて説明せよ。

度はいくらか。

実験内容の精選を行い、実験目的を焦点化し、2時間連続の授業である利点を生かして十分なグループ討議の時間を確保した。このことにより、一人一人の生徒が何を実験しているか、その実験の目的は何かを理解し、全員を実験に参加させることができた。

以上が、実施した内容である。有機化合物に関する分野を削除してあるが、平行して実施している化学Bとの関連から意識的に行ったものである。しかし、選択化学を独立科目とするには欠くことのできない分野である。

有機化合物分野を取り入れるとすれば、⑤のプロトン供与体と受容体Ⅱ及び⑦の電池と電気分解を削除し、「アルコールの性質」と「ペーパークロマトグラフィーによる分離」を採用したい。

### ⑧ 酸化剤・還元剤の量的関係

[目標] 予測、仮設の設定、検証実験

[ねらい]

酸・塩基の定量実験として中和滴定があったが、酸化・還元にも酸化・還元滴定がある。滴定実験を行い酸化剤・還元剤の反応するモル関係を調べる。

[実験1]

デンプンを指示薬としてヨウ素ヨウ化カリウム溶液をチオ硫酸ナトリウム溶液で滴定する(ただし、溶液は等モル濃度)。

設問 反応するモル比はどうなるか。

[実験2]

オキシドール(過酸化水素水)の濃度を実験1の反応を利用して決定する。

設問 オキシドール中の過酸化水素濃度はいくらか。

[実験3]

過マンガン酸カリウム溶液の濃度を滴定で求めよ。

設問1 どのような実験方法か。

設問2 過マンガン酸カリウム溶液の濃

アルコールの性質

プロパノール(2種類)、ブタノール(4種類)について、水に対する溶解性、ナトリウムとの反応性を調べ、炭素数、水酸基の位置による違いを考察させる。

ペーパークロマトグラフィーによる分離

2, 3種類のアミノ酸の分離を、混合物の分離確認の方法として行う。

### (3) 各項目における学習(評価)目標

学習目標(評価の対象となる)は、すべてが実験項目になっているので科学の方法の習得にしぼった。何等かの形で各項目とも測定実験が組み込まれているため、観察・測定・数的処理・データの解析などの定量実験における基礎目標は、どの実験にも設定される目標である。記録・伝達もグループ討議及び全体討議により授業を進めるで、学習目標の対象とした。

具体的には、ペーパーテストは行わず、作業行動・討議での発言内容等を机間巡視などを利用してグループ評価した。個別評価は授業展開の形態からなじまないものと判断した。

この評価方法では、教師の主観が判断根拠となるため、客観性に欠ける。生徒の自己評価を加味することも検討する必要がある。

### 3 基礎編Ⅱ

#### (1) 基礎編Ⅱのねらい

課題研究を想定し、実験技術の習得と問題解決の方法の発見に役立つ内容のものとの立場から選定し、陽イオンの系統的分離確認を14時間実施した。

現行及び新指導要領での金属イオンの扱いは、2、3の金属イオンの組み合わせの分離にとどまっているので、ここで実施した方法は、平成6年度以降もなじまない内容になっている。

しかし、総合的な実験技術の習得のための継続実験は、課題研究に実験を導入するとすれば必要事項の一つである。当センター研究紀要(第1号:p27~30)に記載した方法も1案である。

#### (2) 実験の内容

実施した実験内容は、次の通りである。

##### ① 分離確認のための基礎反応

###### [実験1]

陽イオン15種類( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )について、5種類の試薬(水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水、硫化水素水、炭酸アンモニウム水溶液、リン酸二ナトリウム水溶液)との反応を行い、一覧表にまとめよ。

- ◎ 同一試薬に対する反応の差
- ◎ アルカリについては、液量・濃度を変えることによる反応の差
- ◎ 硫化水素水については、酸性・アル

カリ性による反応の差

###### [実験2]

確認反応として、次の反応を行え。

$\text{Ag}^+$  : クロム酸ナトリウムとの反応

$\text{Cu}^{2+}$  : ジエチルジチオカルバミン酸との反応

$\text{Hg}^{2+}$  : ジチゾンとの反応

$\text{Al}^{3+}$  : アルミノンとの反応

$\text{Ni}^{2+}$  : ジメチルグリオキシムとの反応

$\text{Ba}^{2+}$  : 炎色反応

#### ② 系統分離

###### [実験]

陽イオン15種類の、各属ごと1種類のイオンを含む混合溶液をつくり、その溶液の分離確認の実験を行え。

(第1属: $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ )

(第2属: $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ )

(第3属: $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ )

(第4属: $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ )

(第5属: $\text{Mg}^{2+}$ )

設問 分離確認の困難であったイオンは何か。

[硫化水素を使用する本格的な系統分離の実験で、各属ごとの分離方法はテキストとして与えた(ここでは省略)。]

代替案として当センター研究紀要に記載した方法の概要は次の通りである。

###### 酸・塩基と金属イオンの反応

金属イオン6種類( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ )と塩酸、硫酸、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水との反応

それぞれの金属イオンと酸・塩基の反応を確認し、実験データをまとめる。

混合溶液中に存在する金属イオンの推定



6種類の金属イオンを任意に混合し、酸・塩基反応のデータから溶液中の金属イオンを推定する。

この方法では、実験技術の習得の点で不足する面があるので、溶液中の金属イオンが推定できた段階で、イオンの分離方法を検討させ、実践させることで効果を上げることができる。

#### 4 課題研究

##### (1) 課題研究のねらい

探究の過程の実践にある。すなわち、①問題の発見 ②問題解決のための実験計画 ③実験によるデータの収集 ④データの解析 ⑤実験仮設の設定 ⑥仮設の検証 を生徒自身に体験させることにある。限られた時間なので、①～④までを第一目標に指導した。

##### (2) 課題の設定とその問題点

9グループの同時展開となったので、グループ討議→全体討議→個別指導 の順でテーマの選定を行わせた。テーマ選定には、2～4時間を予定していたが、4グループは大幅に遅れ、テーマ選定だけで8時間(4週間)を費やした。

高校の実験設備で実施可能なこと、技術的にも未熟な点の多いことから危険のない実験であることを大前提とした。

基礎編Ⅰ・Ⅱの指導を通じて課題研究となるべき素材、研究課題に関する示唆などを与えた。結果として、次に記述するような課題研究のテーマが選定された。b～fは基礎編での素材を具体化したものとなった。

生徒が選定した課題(9グループ)

a	インキ及びインキ消しの成分	*
b	水質検査 (Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> )	*
c	気体分子のモデル実験	
d	洗剤の乳化作用	
e	反応速度(過酸化水素の分解)	

f	水酸化物の生成とpH	
g	食品中の色素の検出	*
h	銅アンミン錯体中での銅めっき	*
i	沈殿の生成条件 (Ag <sup>+</sup> とS <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	

\*印：目標の達成が不十分なグループ

課題設定の問題点として、次の2点を上げることができる。

- ① 生徒の選定する(思いつくままの)テーマは、遠大なものが多く、そのままでは実行不可能なものが多い。教師からの適切な助言が必要である。
- ② 情報過多の時代を反映し、高校の技術・設備水準を越えるものが特に生徒の興味をそそるようである。これらのテーマすべてとはいわないが、50%程度は実施できるような設備が欲しいものである。

##### (3) 各課題のねらいと寸評

###### a インキ及びインキ消しの成分

[ねらい]

インキ及びインキ消しの成分を文献で調査し、各成分のもつ働きを実験で調べる。それらの基礎データを基に新しいインキ及びインキ消しをつくる。

[講評]

テーマ設定も早く、グループの和・研究態度も良かったが、文献調査とその追試の域を抜け出ることができなかった。

###### b 水質検査 (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)

[ねらい]

水質の検査項目のうち、自然水中に存在するCa<sup>2+</sup>とMg<sup>2+</sup>をキレート滴定法で定量する。

[講評]

テーマ設定に時間を要し、キレート滴定におけるEDTAの力価測定に止まり、天然水中の測定を行うには至らなかった。

グループ構成に問題があったのか?

###### c 気体分子のモデル実験

[ねらい]

気体分子運動モデル実験器が、ボイル・シャルルの法則を定量的に示すかどうかを調査研究する。

[講評]

実験に関する工夫、データの収集、処理ともに適切であった。4人編成のグループであったが、全員の協力で研究実験を行った。

d 洗剤の乳化作用

[ねらい]

合成洗剤の濃度及び液性の違いによる乳化力の差を調べる。

[講評]

テーマ設定に時間が掛かったため、データの収集はほぼ完了できたが、考察が不十分であった。

e 反応速度（過酸化水素の分解）

[ねらい]

過酸化水素の分解反応において、触媒と反応速度との関係を温度、触媒濃度の観点から調べる。

[講評]

精力的に実験したグループである。実験方法・実験装置など工夫がなされていた。データ解析もよく反応速度次数についての考察も行っていた。

f 水酸化物の生成とpH

[ねらい]

両性金属の水酸化物が沈殿する際のpHと水酸化物が溶解する際のpHの関係を調べる。

[講評]

データの収集・解析に苦心が見られる。結論に論理の飛躍のあるのが問題である。より多くの実験が必要である。

g 食品中の色素の検出

[ねらい]

食品中に含まれている色素をペーパークロマトグラフィー法で検出する。

[講評]

保健所等に実験方法等の相談にも行くなど精力的に活動したが、ペークロの展開剤でつまずきを見せ、これを乗り越えることができなかった。研究態度は評価すべきものがある。

h 銅アンミン錯体中での銅めっき

[ねらい]

アンモニア水中での銅めっきをアンモニア濃度との関係から研究する。

[講評]

テーマ選定にも時間がかかり、研究に対する態度も低調なグループであった。共同研究としての評価は低いものであった。

i 沈殿の生成条件 ( $\text{Ag}^+$ と $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ )

[ねらい]

塩化銀はチオ硫酸ナトリウム溶液に溶解するが、塩酸に硝酸銀溶液を加えて生じた沈殿（塩化銀）をろ過することなくチオ硫酸ナトリウム溶液を加えると褐色の沈殿を生ずる。この沈殿物が何であるかを調べる。

[講評]

実験手法（生成物の直接分析ではなく、反応過程から証明しようとした試み）はおもしろい。硫黄を含む化合物は複雑な反応を行うものが多く、チオ硫酸塩もその一つである。時間不足になった点が惜まれる。

5 選択化学に対する感想文

選択化学に対する生徒の感想文の抜粋を記し、まとめに代える。

a インキとインキ消しの成分（女子3名）

授業で十分にできない実験ができるというところに魅力を感じ選択した。基礎編後半から実験にも慣れ、化学に興味を持つことができ、一応満足のいく結果が得られた。課題研究は、テーマ選定が悪かったためか、努力不足のせいか、思うような結果が得られなかったのは残念である。

b 水質検査 ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )（女子3名）

一番心に残ったのは課題研究のテーマ決定



のときであった。「あれもいい。これもいい」と迷い、三者三様の意見である。水質検査は以前からやってみたかったテーマである。

「水質検査など大学の理学部の学生がやっても大変なのだ」と道衛生研究所にいる知人の苦勞話を聞いて、化学の知識の無い私たちがやるなど不可能に近いと思った。単期間ではあったが全力でぶつかり、結論までは到達しなかったが、満足である。

#### c 気体分子のモデル実験（男子4名）

選択化学を取ったのは実験をすることが楽しかったからで、2年生後半にはすでに決めていた。実験の結果や方法をグループで検討することによって、物事をじっくり考えるという習慣、それに第一に化学に体する意欲がわいてきたことは、僕にとって大切なものになるに違いないと思います。

#### d 洗剤の乳化作用（男子3名）

課題研究について、いざ始めるとなると、思うようなテーマが見つからず先生に頼り過ぎ、自主的にできなかったのが残念である。課題研究は実験を行っただけで、その後の考察が不十分である。化学は実験をともなうこともあり、授業は大変面白かった。この一年間でますます化学への興味をもった。

#### e 反応速度(過酸化水素の分解)(男子3名)

何でも好きな実験をしてよいという条件は、非常に魅力的なものであると同時にまた難しいものであった。テーマ設定に苦勞したが、いよいよエンジン始動となるとなかなか張切るものだ。しかし、実験は単調な測定連続、化学的考察はデータ整理がほとんどであった。テーマの設定を慎重にするべきであった。しかし、自分たちの考えたことを実行に移すことができたという一種の満足感が残った。

#### f 水酸化物の生成とpH（男子3名）

選択化学、非常に短かったような気がする。また、やや、物足りないような気がしないでもない。週1回2時間連続という時間制限のせいだろう。今後、化学の実験に加わる機会

はあまりないと思いますが、1年の授業は無意味ではなかった。

#### g 食品中の色素の検出（男子3名）

前期の選択化学は、化学的な実験が多く興味を引き選択化学をやっているという実感が強かった。しかし、後期にはいつて何となく、とまどいぎみとなり、遊んでいるのではないかという考えがでてきて、実験もうまくいかなかった（展開時間があって、その間、どうゆうふうによつたらいいか考えたりして）、実感が薄れてしまった。だが、仲間一つ一つの目的をさがしながら自分達で方向付けて進んでいく楽しみたいなものもあって、やはり「後を振り返ってみたとき、何らかの利益があるだろう」などと感じています。実際「1年間の選択化学は、早く終わってしまったて残念であった。もっと時間があれば良くできたのに」と自分を過大評価している。

#### h 銅7%錯体中での銅めっき（男子3名）

普通の授業では経験できない自由な実験は有意義であった。またそれに甘えた点もあった。一度は選択化学を取ったことを後悔したこともあったが、最後まで出席して、あのアンモニアのにおいも忘れ、すがすがしい満足感がある。

#### i 沈殿生成の条件( $Ag^+$ と $S_2O_3^{2-}$ )(男子3名)

一番期待していたものは、課題研究である。何をしようなどと決めていたわけではない。とにかく自分でテーマを決めて、自由に実験したかったのだ。実際にやってみて、難しかったがやりがいがあった。実験を行うには、十分な予習や計画の必要性が分った。これだけでも大きな収穫と思う。

生徒の感想文から、課題研究に対する期待の大きさがうかがえる。通常の授業実験では経験させることのできない何かがある。

是非、課題研究を定着させたい。

(みやした まさのり) 事業課長)