

## 実践③—1 高等学校学習指導要領(理科)の趣旨を生かした新たな取組の提案

### —言語活動を通して思考力・表現力を高める化学の授業の実践—

#### 1 はじめに

平成 25 年度より全面実施された高等学校の学習指導要領では、言語活動を通じた思考力・表現力の充実が目標として掲げられ、これは全ての教科指導における重要なキーワードとなっている。また、理科の目標の中には「科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する」とある。これらの達成は従来の講義形式による授業のみでは不可能であり、観察、実験はもちろん、それ以外の場面でも言語活動を充実させる工夫が求められている。

#### 2 研究の目的

前述の目標の達成には、これまで以上に観察、実験を通じた生徒の言語活動の充実が求められている。それぞれの単元において演示実験、生徒実験の両方に改善を加えることが必要であるが、学習指導要領では授業時間数に対して教える内容が増えているため、限られた時間で観察、実験を充実させるためには、それ以外の場面における言語活動の充実と、観察、実験での言語活動を充実させるための下地づくりにつながる実践が喫緊の課題である。また、教科を問わず最近の高校生は、概して授業に臨む姿勢が受け身であり発言を求めても反応が乏しいということを目にする。これは本校も同様である。

以上のような状況を踏まえ、本研究では言語活動における基礎基本としての「書く」及び「話す」という観点から、観察、実験での言語活動の充実を図るとともに、化学の論述指導の改善によって「思考力・表現力」を向上させる実践に取り組む。また、これらの実践を積み重ねる中で、生徒に観察、実験等に取り組ませた際の変容を確認し、今後の指導の参考とする。

#### 3 研究の方法

##### (1) 論述の演習を通じた言語活動の工夫（文章を書くことによる実践）

話すことが苦手な生徒も、頭の中では自分の考えをしっかりとっていることは多い。また、本当は発言や説明をしたいと思っているのに、誤答を恐れて躊躇してしまうために表現をする機会を逸してしまうことも多い。このような生徒に対しては、まず書く指導を通じて積極的に自分の考えをアウトプットさせることが必要である。自分の考えを話したりまとめたりすることが苦手な生徒にとって、自分の考えを書いてまとめる指導を継続することは、言語活動の基礎となる力を育むという点で有効であると考えられる。

50 字から 100 字程度の論述問題は、どの業者の問題集にも記載されており、知識を活用し思考させるという点では効果的なものであるが、定期考査等でこのような問題を出題しても、残念ながら多くの生徒が手をつけず空欄にしている。このような傾向にあることも私たちは特に反省すべきであるが、生徒が文章を書くことに慣れておらず、無意識のうちに解答することを避けている傾向への対応も必要である。

そこで、本研究では生徒同士の言語活動を充実させる第一歩の取組として「書かせながら思考を整理する取組」を行った。3 年生の生徒を対象に、毎時の授業の初めに既習の単元に関する論述に取り組みせ、思考力や表現力の高まりを、その解答の状況やアンケートなどによる意識調査から確認した。

ア 科目・単元

化学Ⅱ（旧学習指導要領）

イ 対象生徒

3年生生理系化学選択者（15名）

ウ 実施内容

(ア) 各単元の内容に関する論述に取り組みさせた。

(イ) 論述は授業の始めに1回15分で実施し、開始5分でキーワードを黒板に書いた。

（資料1）

(ウ) どの時点で解答できたかを各問に記入できるようにした。

(エ) 出題内容に関してはなるべく難易度が偏らないように留意した。

エ アンケート

化学の全範囲に渡って論述を実施し、最後に次の5個の質問からなるアンケートを実施した。

(ア) 化学は得意ですか

(イ) 論述問題は得意ですか

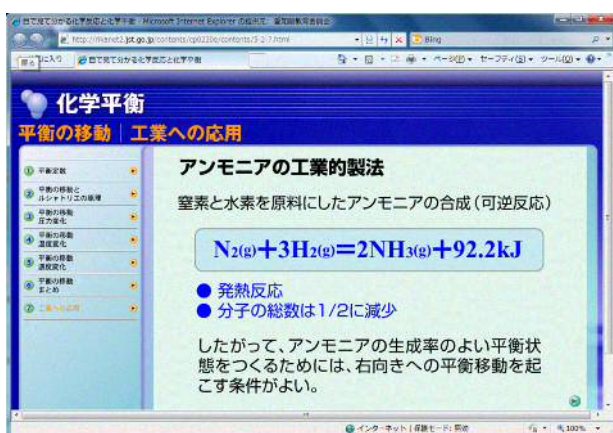
(ウ) 今回、論述問題を解くときにどのように解くことが多かったですか

(エ) 今回の取組は化学の問題を解く上で役に立つと思いますか

(オ) (エ)の理由を書いてください

## (2) 観察、実験における言語活動の工夫（話すこととそれをまとめることの実践）

文章を書く指導を継続した後、それを観察、実験等を通して生徒に自分の言葉で説明をさせる場面を設定することで、話し合いなどの中から思考力や表現力を活用する工夫をした。本研究では、今年度の3年生の生徒に対し、ハーバー法と二酸化窒素の平衡について、「理科ねっとわーく」のデジタル教材を用いた観察をし、それを通じた言語活動を実施した。



（出典：理科ねっとわーく「目で見てわかる化学反応と化学平衡」（独立行政法人 科学技術振興機構））

ア ハーバー法について

効率的にアンモニアを生成する条件を記述させ、意見を述べさせた。その後デジタル教材を見せてから解答をさせるとともに、正しい条件について討議した。

(<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0220e/contents/5-2-7.html> 参照)

#### イ 二酸化窒素の平衡移動について

色の変化を予想させて記述させ、意見を述べさせた。正しい変化について討議した後、デジタル教材で確認した。

(<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0220e/contents/5-2-7.html> 参照)

#### ウ まとめの活動

生徒が自分の意見を発表し、全員でそれを共有した上で再度生徒が個人で考察し、自分の意見をまとめた。

## 4 研究の結果

### (1) 文章を書くことによる実践について

論述には、1回につき2問または3問取り組ませた。授業の始めに制限時間15分で解答させるとともに、各問に次の項目a～dからなるアンケートにも回答させた。(資料1)

a. 書くことができた	b. ヒントがあり書くことができた
c. ヒントがあっても書くことができなかった	d. 書くことができなかった

#### ア 問題別による解答の傾向 ( [ ] 内はキーワード) (資料2)

##### (ア) 「a. 書くことができた」が多かった問題

86%(12人/14人) …… 問題番号1. 同位体の定義(30文字) [原子番号, 質量数]

64%(9人/14人) …… 問題番号9. 希硫酸のつくり方(文字数指定無し) [溶解熱]

問題番号11. 濃硝酸の保存方法(20文字) [光, 熱分解]

##### (イ) 「b. ヒントがあり書くことができた」が多かった問題

50%(7人/14人) …… 問題番号12. シリカゲルが乾燥材になる理由(20文字)

[多孔質, 表面積]

問題番号33. アセチルサリチル酸の副作用の理由(50文字)

[胃液, 加水分解, サリチル酸]

47%(7人/15人) …… 問題番号24.  $\alpha$ -アミノ酸の融点が高い理由(40文字)

[双性イオン, イオン結晶]

##### (ウ) 正答率が高かった問題(a, bの回答が多かった問題)

100%(14人/14人) …… 問題番号11. 濃硝酸の保存方法(20文字) [光, 熱分解]

93%(13人/14人) …… 問題番号1. 同位体の定義(30文字) [原子番号, 質量数]

86%(12人/14人) …… 問題番号13. 炭酸水素ナトリウムから気泡が出る理由(20)

[熱分解, 二酸化炭素]

79%(11人/14人) …… 問題番号27. 草食動物がセルロースを分解できる理由(30文字)

[分解酵素]

71%(10人/14人) …… 問題番号6. 酸と塩基それぞれの定義(20文字×2題)

[陽子(水素イオン)]

問題番号8. 塩素の確認(60文字) [酸性漂白作用]

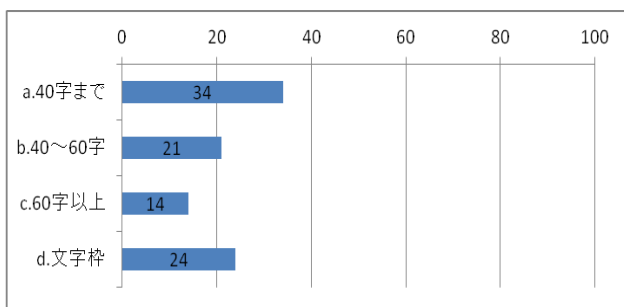
問題番号12. シリカゲルが乾燥材になる理由(20文字) [多孔質表面積]

問題番号17. バイオエタノールと温暖化, 問題点など(文字数指定無し)

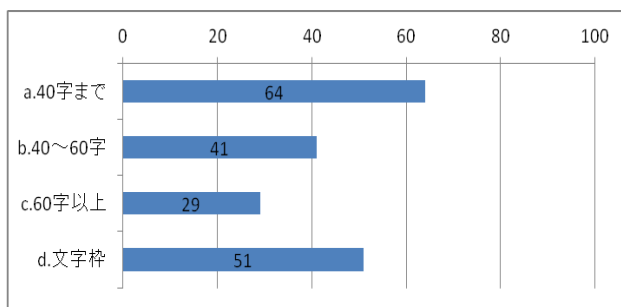
[光合成, 食糧資源]

イ 字数制限による解答の傾向

(ア) 「a. 書くことができた」 (%)

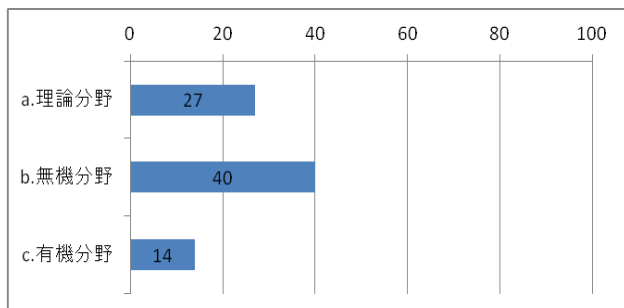


(イ) 「a. 書くことができた」 「b. ヒントがあれば書くことができた」 を合算した割合 (%)

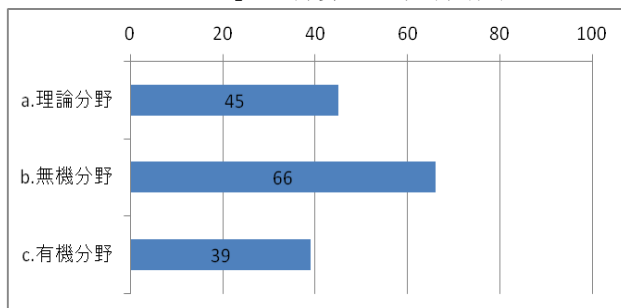


ウ 分野の違いによる解答の傾向

(ア) 「a. 書くことができた」 (%)

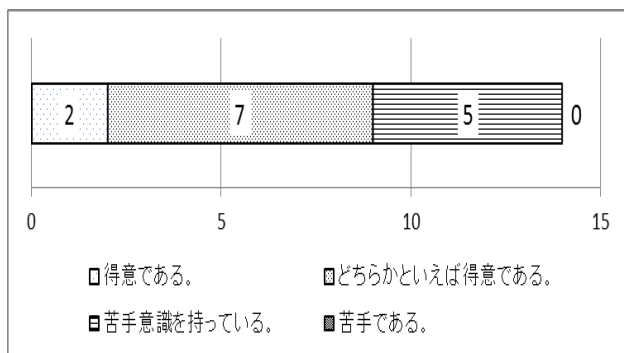


(イ) 「a. 書くことができた」 「b. ヒントがあれば書くことができた」 を合算した割合 (%)

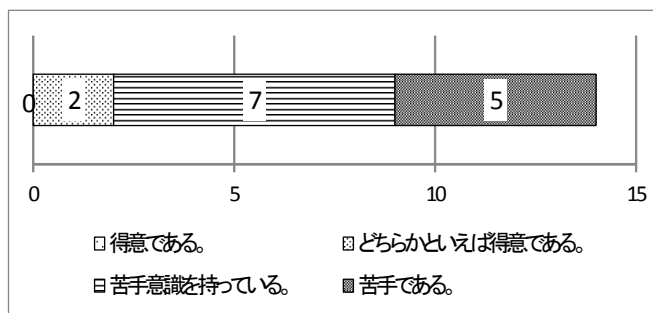


エ アンケートの結果 (人数)

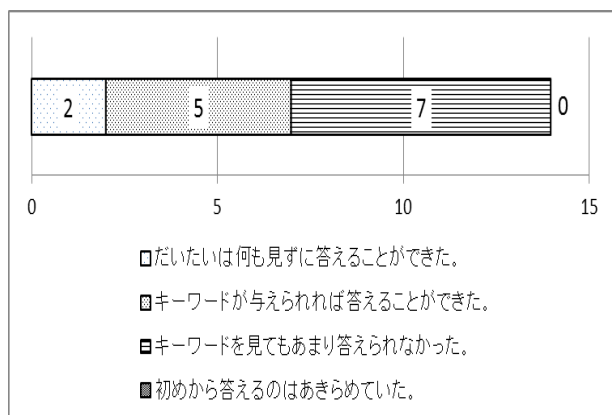
(ア) 化学は得意ですか



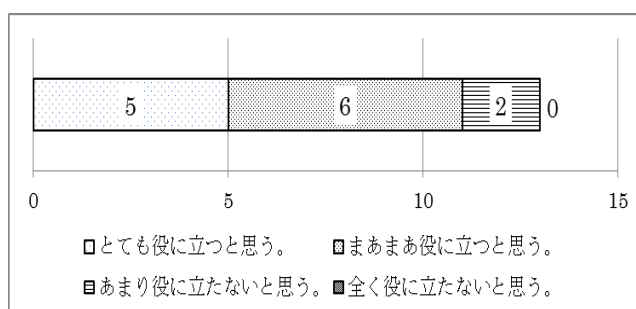
(イ) 論述問題は得意ですか



(ウ) 今回、論述問題を解くときにどのように解くことが多かったですか



(エ) 今回の取組は化学の問題を解く上で役に立つと思いますか



(オ) (エ)の理由を書いてください。(1～4それぞれについての理由)

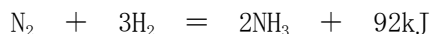
番号	理由
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・化学を学ぶ上で重要なことばかりだと思う。</li> <li>・自分が分かっていると思っても実は全然理解できていないということがあり、いざ問題を解く時に言葉が出てこないという経験をしたので、役に立った。</li> <li>・毎回の授業で数多くの問題に触れて、だんだん書けるようになってきた。</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・頭で分かっているけど、文章で説明できるものとできないものを見つけることができた。</li> <li>・二次試験の役に立つから。</li> <li>・大学で化学を学ぶためには必要な知識ばかりだから。</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・進学したい大学の過去問に記述が無かったから。</li> <li>・もう大学受験では化学をしないから。</li> </ul>
4	なし

## (2) 話すこととそれをまとめることの実践について

この実践は、化学平衡について学習した後ワークシート(資料3)を用いて実施した。

ア アンモニアの工業的製法(ハーバー法)の原理について

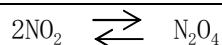
ハーバー法の原理は次の熱化学方程式で説明できる。



平衡は、濃度・温度・圧力によって左右に移動するが、変化する影響を和らげる方向へ移動することが分かっている。例えば、窒素 $\text{N}_2$ の濃度が大きくなれば、窒素の濃度を減らそうとして右に平衡が移動する。温度については、熱化学方程式によって右方向が発熱反応、左方向が吸熱反応と分かるので、温度を上げるとその影響を和らげようと吸熱方向(左方向)へ平衡が移動する。圧力については、全体の圧力を大きくすると、影響を和らげる減圧方向(右方向)へ平衡が移動する。ハーバー法はアンモニアをより効率よく生成する必要があるため、平衡は右に移動させなければならないが、圧力は大きくするのに対し、温度が下がると反応速度が遅くなるため温度は下げない。である。よって、見た目は平衡が左方向へ移動してしまうのだが、反応を促進させるため温度を上げる必要がある。

イ 二酸化窒素の平衡の原理について

主に圧力による平衡移動となる。ここで二酸化窒素は赤褐色の気体であり、四酸化二窒素は無色の気体である。



気体分子の数より右方向が減圧方向であり、左方向が加圧方向である。平衡移動の原理により、圧力を大きくすると影響を和らげるために減圧方向へ(右方向)へ移動する。しかし、気体の色はいきなり無色になるわけではなく、はじめは二酸化窒素が圧縮されて色が濃くなり、平衡が移動して徐々に色が薄くなることに留意せねばならない。

ウ 結果について

ハーバー法	圧力の説明はできた	温度の説明もできた
解答人数(14)	13	4

NO <sub>2</sub> の平衡移動	①	②	③	④
解答人数(14)	1	5	8	0

解答を記述させてから、生徒一人ずつに紙に書いた解答を口頭で説明させた。またその際、必要に応じて質疑応答を主とした討議にも取り組ませた。さらに、自分の解答を説明した後で、他の生徒の説明を聞いて意見が変わった場合は、赤ペンで自己点検の結果を付け加えるように指導した。

他の生徒の説明を聞いたり、質疑応答や討議したりすることによって、解答の内容が大きく変わる生徒がいた。やはり自分一人で考えるだけでなく、他の生徒の説明や討議を通じた直接的な言語活動を取り入れることにより、生徒の思考が深まる効果がここで見られた。また、この効果は継続して論述に取り組んだことによってもたらされた生徒の変容が起点となっており、言語活動の充実のために書かせる指導に取り組むことの重要性を改めて感じた。

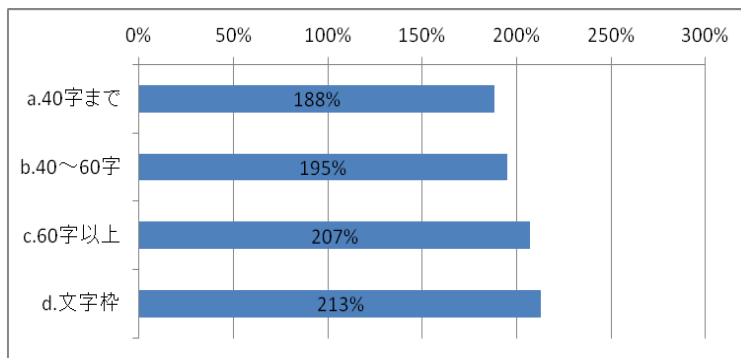
## 5 研究のまとめ

### (1) 文章を書くことによる実践について

書くことについて、今回の実践では次のポイントにおいて検証した。

#### ア 字数制限によるキーワードの効果の違いについて

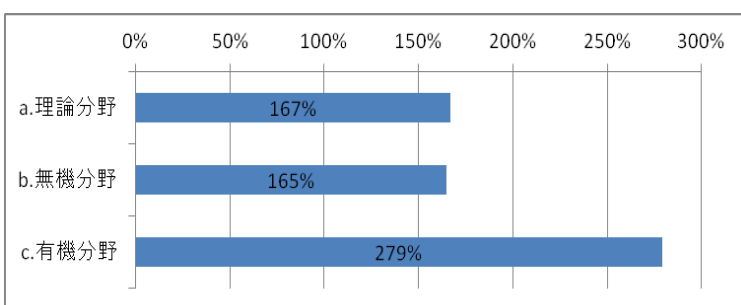
字数が制限されている場合とされていない場合のキーワード効果の違いや、字数制限の場合は40字以下と40字から60字、それ以上の場合について傾向を確認するとともに、効果的な指導法について考察した。下のグラフは、キーワードを与えられたことによって正解までたどり着いた生徒がどれだけ増加したか（4(1)イにおける $((イ)/(ア)) \times 100$ ）を表したグラフである。正答率については文字数が増えるにつれて正解の割合が減少したが、キーワードを与えたことによって、正答者の数は字数にあまり関係なく約2倍に伸びるという結果となった。



60字以上はもともとの正解数が少ないため伸びが大きくなったためであり、解答の文字数よりは問題自体の難度に大きく影響を受けていると考えた。以上より、論述問題については字数制限にあまりとらわれることなく出題してよいと思われる。

#### イ 分野の違いについて

論述の取組を継続すると分野によって取り組み方に違いが出ると考えていたので、その傾向を確認するとともに、効果的な指導法について考察した。下のグラフはアと同様にキーワードを与えられたことによって正解までたどり着いた生徒がどれだけ増加したか（4(1)ウにおける $((イ)/(ア)) \times 100$ ）を表した



たグラフである。ここでは理論、無機分野に比べて有機分野の伸びが著しいという結果が得られた。有機分野は論述に取り組んだ時期が、生徒が記述に慣れてきた頃と重なり、キーワードの処理がスムーズにできたことでこの大きな伸びの要因につながったと思われるが、論述に継



続して取り組むことによって、生徒が思考を整理し表現する力を向上させたことも一因であると考えられる。書くことから始めた言語活動の継続が、このような生徒の変容につながると思われる。

#### ウ キーワードの違いについて

キーワードを提示することで正答率が上がる傾向はつかめたが、キーワードの意味する内容が問題によって異なるために全体的な傾向の把握はしなかった。キーワードによって正答率が上昇した問題では、「知識として必ず知っておかなければいけない語句」をキーワードとして用いた場合が多かった。ここでは、キーワードの提示が基本事項の再確認につながったことが、生徒の知識・理解の向上を促したと考えられる。

#### エ アンケートについて

全てのテスト終了後にアンケートをとり、論述問題に対する生徒の意識を調査したが、化学が得意な生徒と論述問題の得意な生徒の割合が、同数となった。やはり化学を苦手とする生徒は論述問題に対しても苦手意識を強くもっている生徒であると思われる。しかし、半数近い生徒はキーワードが示されるとの問題に対して積極的に取り組む傾向にあり、論述問題の初期段階においてはキーワードの提示の効果が大きいことを確認できた。また、論述について継続することが生徒の思考力・表現力を高めることにつながり、生徒にとってもこの実践が化学の学習への意欲を向上させるきっかけになったと考える。

#### オ 書くことによる実践のまとめ

今回論述に数多く取り組む実践を行った結果、生徒一人一人の変化についてかなり細かく把握することができた。初めはなかなか書くことができなかった生徒が、論述問題の回数を重ね、キーワードを得ることによって徐々に知識・理解を向上させ思考力・判断力を高めていく様子をうかがうことができたのは大きな収穫であった。また、書かせることで答案として形が残り、それぞれの生徒の変容を見落とすことなく評価できたのも良い点であった。

### (2) 話すこととそれをまとめることの実践について

今回の実践では、「書く」ことを中心とした取組の中で、生徒に対してどのように話をさせるかといった点で苦労した。生徒に議論をさせることももちろんであるが、その取組をどのように評価に繋げていくことができるかが課題であった。

#### ア アンモニアの工業的製法（ハーバー法）について

アンモニアの工業的製法（ハーバー法）を化学平衡の原理を用いて説明させる場面では、「圧力を大きくすることで平衡がアンモニア側に移動する」ことについてはほとんどの生徒が理解できており、その説明については教師が思っていた以上に口頭できちんと説明できていた。しかし、「発熱反応なので、アンモニアを生成させるためには温度を下げる」という考えにこだわった生徒は「温度を下げると反応速度が遅くなって生成量が減ってしまう」ことについて説明できなかった。他の生徒の説明に真剣に耳を傾けてから自分の考えを整理し直す生徒がいた一方で、化学が得意な生徒による説明の後に「〇〇君の考えが正しいと思います」と安易に自分の考えを訂正する場面が見られた。思考を整理させる場面の設定や個別のフォローの方法に関しては課題が残った。

#### イ 二酸化窒素の平衡について

二酸化窒素の平衡については間違った考え方でも「圧力を大きくすると気体分子の数が減る方向へ平衡が移動するので、二酸化窒素が減って赤褐色が薄くなる」と理論的に説明できてしまうので、意見が分かれる場面が見られた。正しい変化をデジタル教材の動画で確認した後は、それぞれの生徒がその原理を理解しており、言語活動とデジタル教材の併用による効果は見られた。

#### ウ 話すことによる実践についてのまとめ

今回の実践では、広い範囲の中からあらかじめ話しやすいテーマをこちらで選び、必要に応じて教師が主導しながら討議等の言語活動に取り組みさせることによって、比較的スムーズに生徒の発言を得ることができた。しかし、最初の発言に対して反論をし、生徒同士で意見を出し合う討論のような形には十分ならず、教師からの問いかけが必要となる場面が多く見られた。当初は大学のゼミのような討議を目指したが、常に活発な議論が展開されたとは言い難く、書くことによって高まった個々の生徒の思考力や表現力を、生徒同士で引き出し合うための演出の方法にも課題が残された。なお、本研究での活動の評価については、当日の発言だけでなく、教師が用意したワークシートに記入したコメントなどをチェックしながら行った。（資料3）

## 6 今後の課題

本研究では、言語活動を通じた思考力・表現力の充実を目指して様々な実践を行ったが、書く実践と話す実践の両方においてある程度の成果は得られた。「授業で言語活動を充実させようとしても、生徒が自分の考えをうまく表現できず、活発な活動ができない」という声を耳にするが、そのような場合はまず「書く」ことから始め、その指導の過程で自分の考えを思考し整理するということに慣れさせるとよいと思う。併せて、書いた内容を発表させたりして「話す」ことにも慣れさせていくとよいと思う。ある程度その取組を継続することで、生徒は少しずつ自分の考えを自分の言葉で話すことができるようになる。地道な取組のため困難も多いが、やがて生徒の「話す」ことへの意識は積極的なものになり、同時に、他の生徒の意見を聞きながら思考を整理する能力も高まっていくと考える。

今後も言語活動を通じた思考力・表現力の向上を引き続き目指すため、引き続き「書く」「話す」「聞く」の三つをバランスよく組み合わせて授業を展開させる方法について、さらに研究を深めていきたい。

## 参考資料等

- 『化学共通視聴覚教材』（2013 第一学習社）
- 『理科ねっとわーく』独立行政法人科学技術振興機構 <http://www.rikanet.jst.go.jp/>



## 資料 1

記述問題出題の流れ（キーワードは[ ]で示し、字数制限がある場合は（ ）内の数字で示した。）

1. 同位体の定義(30) [原子番号質量数]
2. イオン化エネルギーの定義(40) [気体状の原子, エネルギー]
3. 黒鉛の電気伝導性の理由(50) [価電子]
4. 氷が水より体積が大きい理由(100) [水素結合, すき間]
5. 水素化合物の沸点が高い理由(40~80) [電気陰性度, 水素, フッ素酸素窒素]
6. 酸と塩基それぞれの定義(20×2) [陽子(水素イオン)]
7. 酸塩基廃液の処理に炭酸水素ナトリウムを用いる理由(枠) [水溶液, 指示薬, 気体の発生]
8. 塩素の確認(60) [酸性, 漂白作用]
9. 希硫酸のつくり方(字数制限無し) [溶解熱]
10. 硫酸の付いた白衣が黒くなった理由(40~60) [不揮発性, 脱水作用]
11. 濃硝酸の保存方法(20) [光熱分解]
12. シリカゲルが乾燥材になる理由(20) [多孔質, 表面積]
13. 炭酸水素ナトリウムがふくれる理由(20) [熱分解, 二酸化炭素]
14. 水酸化ナトリウム水溶液の調整と保存(字数制限無し×2) [潮解, 二酸化炭素]
15. 遷移元素が同周期で性質が似ている理由(20) [最外殻電子]
16. アルコールの溶解性と炭化水素基の関係(50) [親水性, ヒドロキシ基, 疎水性, 炭化水素基]
17. バイオエタノールと温暖化, 問題点など(枠) [光合成, 食糧資源]
18. てんぷら油に水滴を落とすと飛び散る理由(75) [沸騰, 膨張]
19. エタノールを素早く除去する方法(枠) [減圧, 蒸留, 温風, 蒸発]
20. 気体の圧力が同じ理由(字数制限無し) [速さ]
21. 塩化ナトリウムが氷水の温度を下げる理由(60) [融解熱, 吸熱]
22. ブラウン運動のおこる理由(50) [熱運動, 分散媒, 分子, 衝突]
23. 酢酸とエタノールから多くの酢酸エチルを得る方法(50) [平衡移動]
24.  $\alpha$ -アミノ酸の融点が高い理由(40) [双性イオン, イオン結晶]
25. タンパク質の変性と塩析の違い(100) [コロイド, 水素結合, 立体構造]
26. 卵白とゼラチンの検出反応の違い(50) [ベンゼン環, アミノ酸]
27. 草食動物がセルロースを分解できる理由(30) [分解酵素]
28. ビニロンが吸湿性をもつ理由(60) [疎水性, 親水性, ヒドロキシ基]
29. 熱硬化性樹脂になる理由(20) [立体網目状構造]
30. ブリキとトタンの性質の違いについて(100~150) [イオン化傾向]
31. 硫酸バリウムが胃の X 線造影剤に用いられる理由(30) [強酸の塩, 胃液]
32. 尿素が保湿性をもつ理由(30) [アミノ基, 水素結合, 水の蒸発]
33. アセチルサリチル酸の副作用の理由(50) [胃液, 加水分解, サリチル酸]

(注意事項) ・ 1 回 2 ~ 3 問を授業の始めに制限時間 15 分で解答させる。

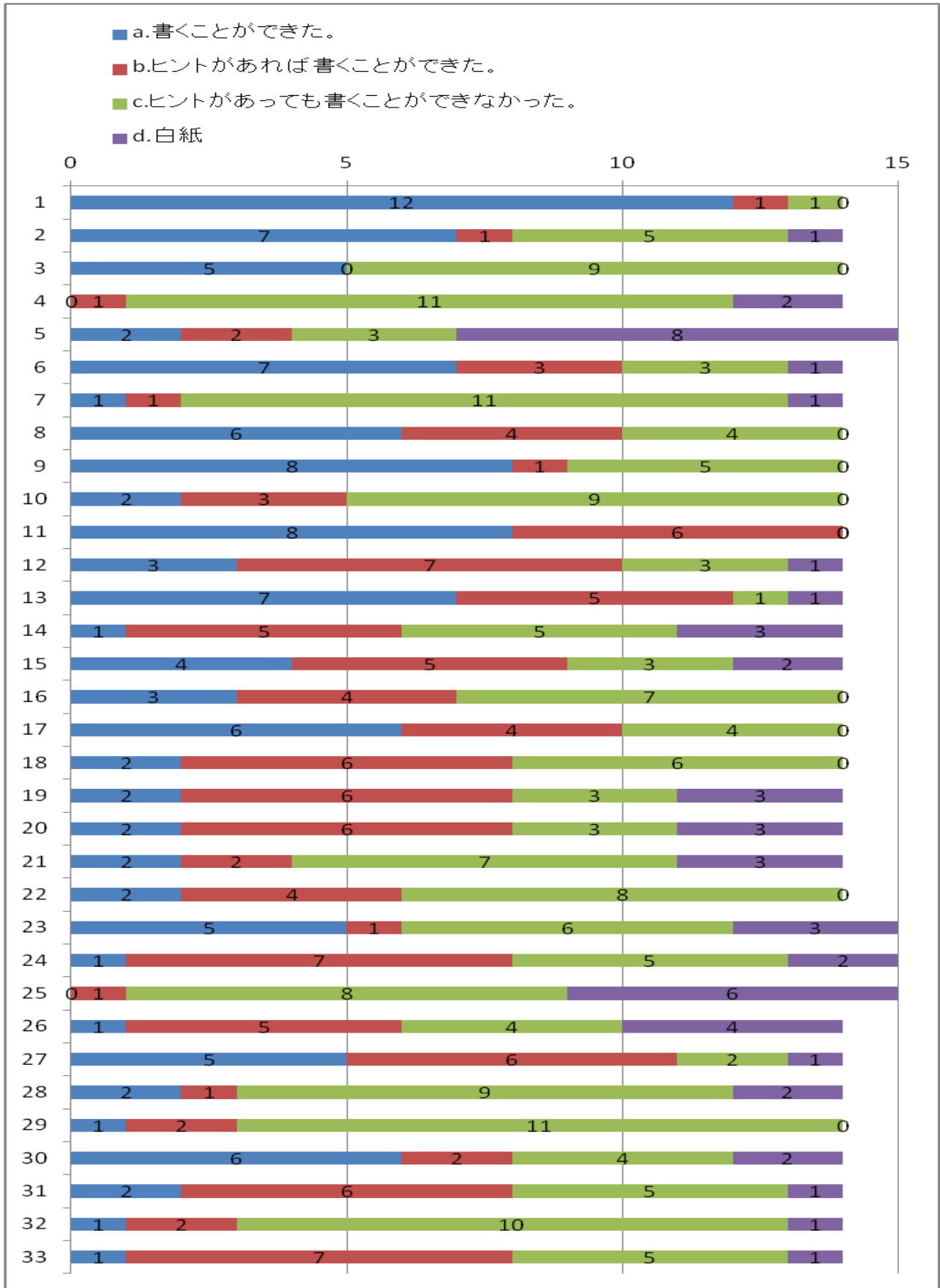
・ 各問に a~d のアンケートをつけ, 解答の時に書かせる。(以下は質問項目)

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| a. 書くことができた。            | b. ヒントがあれば書くことができた。 |
| c. ヒントがあっても書くことができなかった。 | d. 白紙               |

## 資料2

資料1の各問題における解答の傾向

(グラフの左側の数字1～33は資料1の問題番号, 数字は実人数)

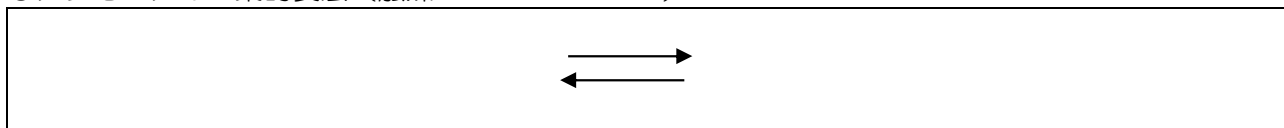


資料3

化学Ⅱプリント（ハーバー法）

年 組 番 氏名

○アンモニアの工業的製法（触媒： ）



○平衡移動と温度の関係

※熱化学方程式

→（ ）反応のため、温度を上げると（ ）方向に移動 …… [右・左]へ移動

○平衡移動と圧力の関係

→ 圧力を上げると（ ）方向へ平衡が移動 …… [右・左]へ移動

※演習問題

アンモニアの工業的製法にハーバー法がある。以下の平衡移動でアンモニアを得るが、反応は触媒を加えて温度は 400～600℃、圧力は  $2.0 \times 10^7 \sim 1.0 \times 10^8 \text{Pa}$  の条件で行われている。なぜこの条件である必要があるのか。簡単に説明せよ。

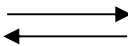
$$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$$

○あなたの考え（理由も書く）

○みんなの考え（参考になる意見はメモしてください）

○解答後の感想

○二酸化窒素と四酸化二窒素との平衡移動

		
気体の色 ( ) 色	( ) 色	

○平衡移動と温度の関係

※熱化学方程式

→ ( ) 反応のため、温度を上げると ( ) 方向に移動 …… [右・左]へ移動

○平衡移動と圧力の関係

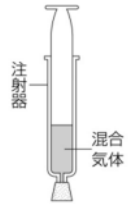
→ 圧力を上げると ( ) 方向へ平衡が移動 …… [右・左]へ移動

※演習問題

四酸化二窒素と二酸化窒素の平衡混合気体を注射器に入れ圧縮した。このとき見られる変化として、正しい記述を1つ選べ。

$N_2O_4(\text{無色}) \rightleftharpoons 2NO_2(\text{赤褐色})$

- ① 圧縮した直後から赤褐色が濃くなる。
- ② 圧縮した直後から赤褐色がうすくなる。
- ③ 圧縮した直後は赤褐色が濃くなり、その後、赤褐色はうすくなる。
- ④ 圧縮した直後は赤褐色がうすくなり、その後、赤褐色は濃くなる。



○あなたの考え（理由も書く）

○みんなの考え（参考になる意見はメモしてください）

○解答後の感想