

高等学校理科における言語活動の充実に関する研究

平成24年度より先行実施されている高等学校学習指導要領理科では「自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、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」ことを目標としている。また、「科学と人間生活」の目標では「科学に関する興味関心を高める」、基礎を付した全ての科目の目標では「科学的な見方や考え方を養う」、基礎を付していない全ての科目の目標では「科学的な自然観を育成する」とある。これらの目標を達成するためには、講義、観察、実験それぞれの場面において討議や発表などの言語活動を含めた授業改善に取り組むことが喫緊の課題である。そこで本研究では、物理、化学、生物において言語活動を取り入れた授業実践等に取り組んだ。

<検索用キーワード> 高等学校学習指導要領 理科 言語活動 観察 実験 発表
授業改善 デジタル教材

研究会委員

県立天白高等学校教諭	杉野 正彦（平成23、24、25年度）
県立旭野高等学校教諭	藤下 基線（平成25年度）
県立鶴城丘高等学校教諭	平野 将也（平成25年度）
県立国府高等学校教諭	鳥畠 知之（平成25年度）
県立五条高等学校教諭	水谷 成仁（平成23、24、25年度）
県立豊野高等学校教諭	小嶋 功（平成23、24、25年度）
県立岩津高等学校教諭	井上 孝志（平成23、24、25年度）
県立豊田西高等学校教諭	杉浦 直美（平成25年度）
県立豊丘高等学校教諭	船戸 純子（平成24、25年度）
総合教育センター研究指導主事	茅野 俊正（平成25年度）
総合教育センター研究指導主事	米津 利仁（平成25年度主務者）

1 はじめに

平成21年3月に公示された高等学校学習指導要領の総則には、言語活動の充実について、教育課程編成の一般方針（第1章第1款）の中で、次のように記述されている。

「1（前略）学校の教育活動を進めるに当たっては、各学校において、生徒に生きる力をはぐくむことを目指し、創意工夫を生かした特色ある教育活動を展開する中で、基礎的・基本的な知識及び技能を確実に習得させ、これらを活用して課題を解決するために必要な思考力、判断力、表現力その他の能力をはぐくむとともに、主体的に学習に取り組む態度を養い、個性を生かす教育の充実に努めなければならない。その際、生徒の発達の段階を考慮して、生徒の言語活動を充実するとともに、家庭との連携を図りながら、生徒の学習習慣が確立するよう配慮しなければならない。」

言語活動は、事実を正確に理解し伝達したり、情報を分析・評価して論述したりすることや、課題について構想を立て実践し評価・改善したり、互いの考えを伝え合い自らの考えや集団の考えを発展

させたりする学習活動の基盤となるものであり、思考力、判断力、表現力等はこれらの学習活動によって効果的に育成されることが期待できる。

また、高等学校学習指導要領では、理科の目標について「自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、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」と記述されている。さらに理科の各科目においては、「科学と人間生活」の目標で「科学的な見方や考え方を養うとともに、科学に関する興味・関心を高める」、基礎を付した全ての科目の目標で「科学的な見方や考え方を養う」、基礎を付していない全ての科目の目標で「科学的な自然観を育成する」と記述されている。

理科の目標の達成には、講義、観察、実験それぞれの場面において記録、要約、説明、論述、討論などの言語活動を含めた授業改善に取り組むことが喫緊の課題である。

2 研究の目的

本研究では、科学を学ぶ意義や有用性を実感させるとともに思考力・判断力・表現力等を育成する理科の授業づくりを目指すものとする。物理、化学、生物の各科目において、観察、実験などの結果を分析・解釈して自分の考えを導き出し、言語活動を充実させる実践事例を報告する。また平成 24 年度より先行実施されている高等学校学習指導要領の趣旨を踏まえた日頃の授業の在り方や中学校理科との効果的な接続などの授業改善につながる指針を提案する。

3 研究の方法

(1) 意識調査

生徒の理科の学習に対する意識を調査するため、研究協力委員所属校 9 校において合計 702 名の生徒を対象に「理科の学習に関する調査」を実施した。実施結果は研究協議会で検討し、実践研究の資料とした。（資料）

(2) 実践研究

研究協議会において協議した内容を踏まえ、研究協力委員所属校において、各科目のさまざまな場面における、言語活動を取り入れた観察、実験等の探究的な活動の在り方について研究、実践した。また、一部研究協力委員は、観察、実験以外の場における言語活動を工夫した取組について研究、実践した。本年度は、普通科の高等学校 4 校において、2 年生の生物、物理、3 年生の化学で実践を行った。

4 研究の内容

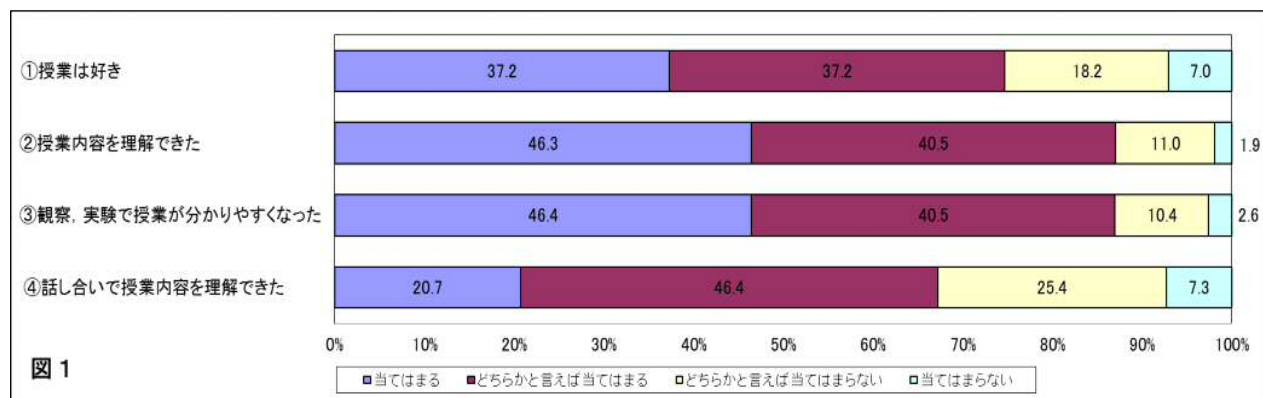
(1) 意識調査の結果

研究協力委員所属校の実情に応じて各校 1～4 クラス（9 校合計 702 名）の生徒に対し、「理科の学習に関する調査」を実施した。調査は無記名で実施し、調査内容は中学校及び高校における理科の学習状況等に関して、本研究の趣旨を踏まえた事項を設定した（資料）。

回答した生徒の属性について、学年は 3 年生が 34.3%，2 年生が 37.3%，1 年生が 28.2%であり、類型は理系が 50.7%，文系が 21.8%，1 年生を中心としたその他が 27.2%であった（資料）。結果の考察に関しては、肯定的回答（①当てはまる、②どちらかと言えば、当てはまる）と否定的回答（③どちらかと言えば、当てはまらない、④当てはまらない）に分けて考えた。

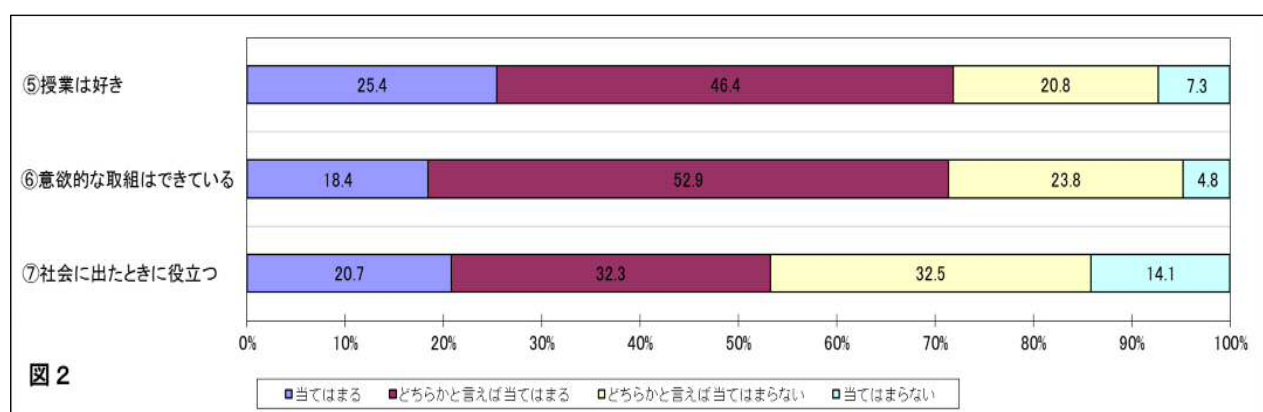
ア 中学校における理科の学習について

「理科の授業は好きだったか」（グラフ①）について 74.4%，「理科の授業内容は理解できたか」（グラフ②）について 86.8%，「観察，実験で授業内容が分かりやすくなったか」（グラフ③）について 86.9%の生徒が肯定的に答えている。また，「話し合いを行うと授業内容を理解できたか」（グラフ④）について 67.1%の生徒が肯定的に答えている。今回の調査では，多くの生徒が理科の授業内容を理解し，観察，実験や言語活動により，さらに理解が深まったことが分かる（図 1）。

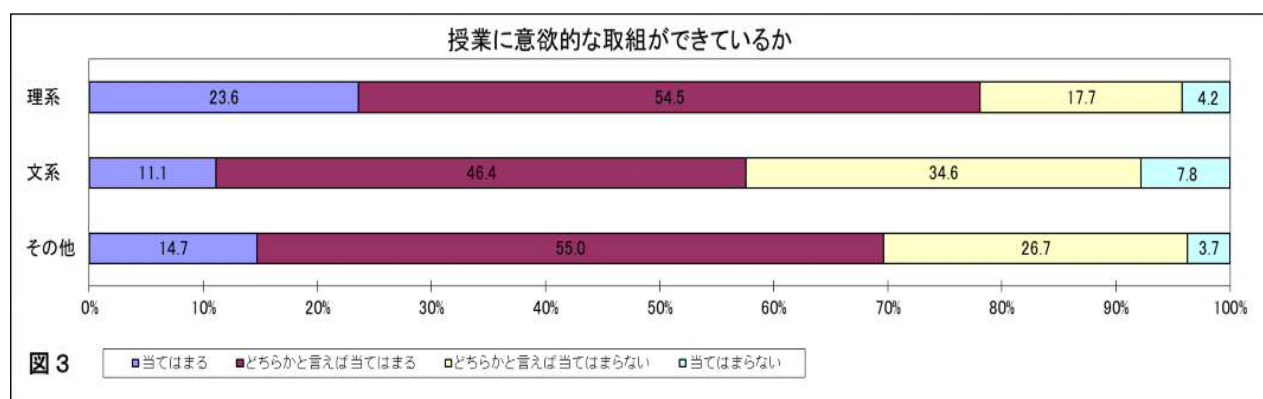


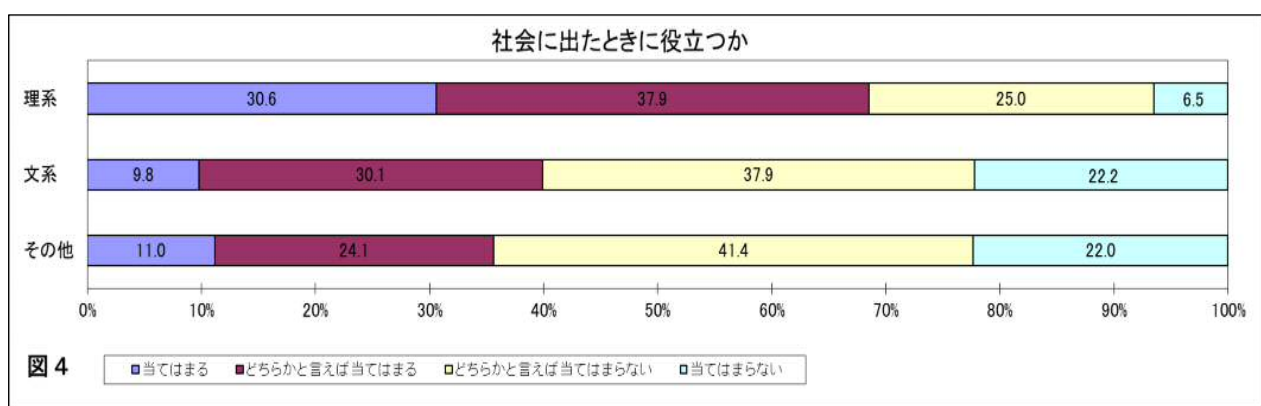
イ 高校理科の「アンケート実施授業科目」の学習について

「授業は好きか」（グラフ⑤）について 71.8%，「意欲的な取組はできている」（グラフ⑥）について 71.3%が肯定的に答えたが，「社会に出たときに役立つか」（グラフ⑦）については肯定的な回答が 53.0%に止まり，科学を学ぶ有用性を理解させるという点で教師に反省を促す結果となった（図 2）。



次に，「授業に意欲的な取組ができているか」と「社会に出たときに役立つか」について，類型別集計したところ，どちらの質問も理系と文系では肯定的に回答した生徒の割合に 20%以上の開きがあった（図 3，図 4）。



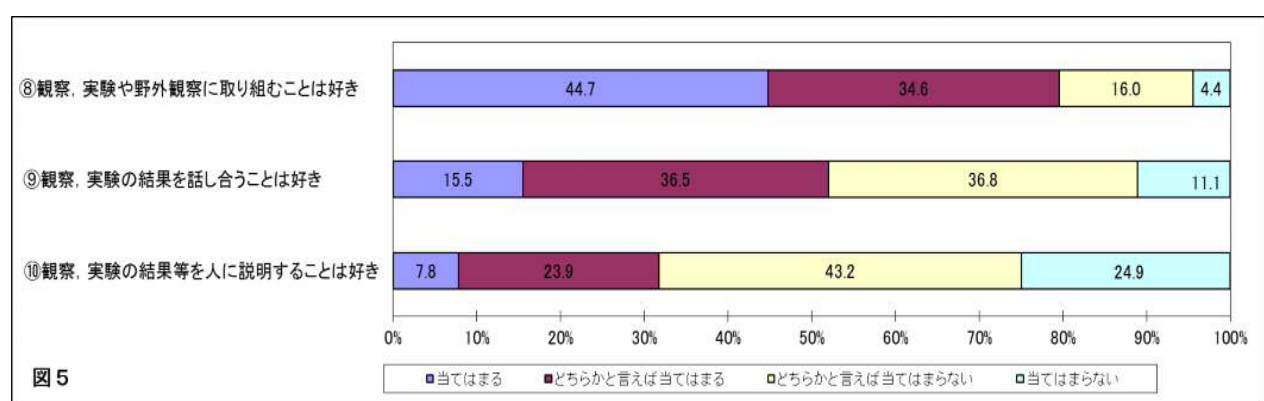


注：図 3、図 4 の「その他」は 1 年生、専門学科の生徒

また、1 年生を中心とした「その他」はどちらの項目も文系に近い分布となっていた。これらの傾向は平成 22 年度の調査でも同様の結果であった。生徒に「自分は文系（1 年生）だから理科は重要でない」という意識をもたせぬよう、特に文系や 1 年生における理系科目で「科学を学ぶ意義や有用性を実感させる」指導について留意するべきである状況が大きく変わっていないことがうかがえた。

ウ 高校での理科の学習全般について

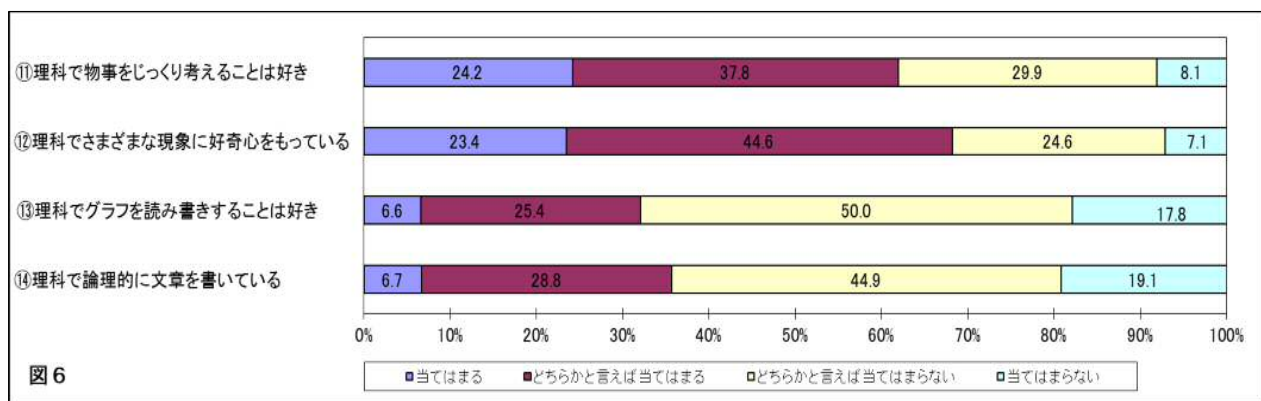
「観察、実験や野外観察に取り組むことが好きか」（グラフ⑧）では肯定的な回答が 79.3%にも達した。しかし、「観察、実験の結果を話し合うことは好きか」（グラフ⑨）では 52.0%，「観察、実験の結果等を人に説明することは好きか」（グラフ⑩）では 31.7%に止まり低い結果となった。これらの二つの質問では、いずれも「どちらかと言えば、当てはまらない」が 40%近くあった。生徒は観察、実験は好きだが、結果について話し合ったり、人に説明したりすることは苦手であるという状況がうかがえた（図 5）。



理科の学習の取り組み方については、「物事をじっくり考えることが好きか」（グラフ⑪）と「さまざまな現象に好奇心をもっているか」（グラフ⑫）で肯定的な回答がいずれも 60%以上であった。逆に「グラフを読み書きすることは好きか」（グラフ⑬）と「論理的に文章を書いているか」（グラフ⑭）では肯定的な回答がいずれも 30%強であった。これらの二つの質問では、いずれも「当てはまる」がわずか 7%程度であった。

生徒はまわりの科学現象に興味関心をもち、それについて考えることが好きであることから、理科の授業での思考意欲は高いことがうかがえる。その一方で、グラフを読解したり結果等を文章で論理的に表現することに対する苦手意識が根強い状況もうかがえた。ここからも、観察、実験での討議や発表、レポートや感想文などのまとめ等の言語活動を日頃の授業の中で充実させることが喫緊の課題であることが浮き彫りとなった（図 6）。

(2) 実践研究について



意識調査の結果も踏まえて研究協力委員と協議をする中で、生徒が授業を受ける姿勢が概して受動的であること、実験が教科書の内容の確認で終わってしまい生徒が知識等を活用する場面が少ないこと、実験結果が予想と違ったときに「失敗した」で終わらせてしまいその原因等を主体的に考察する生徒が少ないことなどが、課題として挙げられた。また、ある科目の実験において他の科目の知識を必要とする場面で、生徒がその知識をもっているにもかかわらず活用できなかったという事例が複数の研究協力委員から報告された。このような生徒に幅広い思考力、判断力、表現力を養うため、科目の内容を横断して考察する言語活動の取組も必要であることが挙げられた。これらの課題を解決する実践と併せて、観察、実験を主とした探究的な取組における観点別の評価の方法、デジタル教材の活用の方法、日頃の授業で言語活動を充実させるための下地づくりの方法、中学校理科との効果的な接続の方法について研究協力委員で分担して研究と実践を行った。なお、各研究協力委員は実践にあたって次の実践1、実践2、実践3のカテゴリーのいずれかに沿った内容のテーマを設定した。

実践1 言語活動を生かした探究的な活動の授業モデルの提案

実践2 観察、実験に言語活動を取り入れた授業改善の提案

実践3 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

ア 実践1について

研究校における2年生物理の授業で、「領域横断的な探究活動を通して言語活動を重視させた授業の実践」に取り組んだ。本研究では「物理基礎」における探究的な活動で「極域電離層電流による地球磁場変動」と「太陽活動度と地球環境の因果関係」という領域を横断する二つの課題に取り組み、自然現象を論理的に探究する思考力を養うことを目指した。言語活動では、各課題において複数の資料を用意し各資料の担当生徒にそれを読ませてから、異なる資料の担当生徒同士で構成した小グループ内で自分の資料について発表させた。発表内容を踏まえ、協調して論理的に考え知識を統合させ、テーマ全体の理解を構築させるようにした。多くの生徒がこの言語活動の充実を図った協調学習により理解が深まったと感じており、領域横断的な探究活動におけるこの取組は意義深いものであった。

また、別の研究校では、3年生化学の授業で「化学の授業における効果的な言語活動の在り方とその評価の方法について」に取り組んだ。本研究では、化学において言語活動を効果的に取り入れる授業の在り方と、言語活動を通じて向上した論理的思考力を客観的に評価する方法を検討するとともに、言語活動を取り入れた観察、実験と、実験結果を踏まえた討議の場面でそれらを実践した。具体的には「気体の分子量測定実験」において、個人の考えの整理とグループでの検討からなる事前指導、実験、知識・理解を深めるための事後指導からなる授業を実践するとともに、言語活動前後の生徒の記録から質的な変化を評価した。各活動の時間の設定や議論のポイントの提示の仕方などに課題は残っ

たが、言語活動を取り入れる授業に対して肯定的な反応を示した生徒は多く、一定の成果を得られた。

イ 実践2について

研究校における2年生生物の授業で、「観察、実験を通して思考力・表現力を育てる生物の探究活動の実践」に取り組んだ。探究活動のテーマを身近なものに変えたり、観察、実験の結果や仮説等に関するグループでの意見交換や発表などの言語活動を多く取り入れたりすることにより、生徒が自発的に実験結果を分析し、自分の考えをまとめて表現できるようになることを目指した。本研究では顕微鏡操作、光合成に関する探究をテーマとしてこれらの取組を行ったが、理解できた内容を文章で正しく表現する力についてはまだ課題が残ったものの、多くの生徒は観察、実験の内容が理解できると積極的かつ自発的な姿勢で探究活動に取り組むようになり、一定の成果を得られた。

ウ 実践3について

研究校における3年生化学の授業で、「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」に取り組んだ。現行の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おり、限られた時間で行う観察、実験における言語活動を充実させるためには、平素の授業で言語活動の充実を図るとともに、それを観察、実験での言語活動につなげる工夫が求められている。また、生徒の授業に臨む姿勢が概して受け身であり、発言を求めても反応が乏しい。このような状況を踏まえ、本研究では化学の授業における論述問題への取り組み方を工夫し、言語活動の基礎基本である話すことと書くことの指導法を改善することによって、平素の授業においても言語活動を充実させるようにした。

また、別の研究校では、「中学校理科と高等学校の化学との効率的な接続について」に取り組んだ。現行の学習指導要領においては、高等学校理科から中学理科へ移行した内容も多く見られる。また、高等学校学習指導要領における「化学基礎」の内容の取扱いには「中学校理科との関連を考慮しながら、化学の基本的な概念の形成を図るとともに」とある。本研究では、中学校理科の現状を理解し効率的に中学校と高校の接続を行うことができるよう、化学分野で高等学校から中学校へ移行した内容が中学校でどのように扱われ、どの程度定着しているか調査した。さらに、中学校理科の指導内容との非効率的な重複を避けることで、高校の授業にスムーズに取り組ませる方法を提案することができた。

5 研究のまとめと今後の課題

研究協力委員の所属校における実践から、生徒の実態に応じた観察、実験の内容や進め方を工夫することと合わせ、見通しをもたせる場面、探究の過程、振り返りの場面において討議、発表、作文等の言語活動を導入することで、生徒の科学的な思考力、判断力、表現力等の効果的な育成につなげることができた。あわせて、デジタル教材の活用方法や中学校理科からの効果的な接続の在り方など言語活動の充実を目指す際に付随する課題にも取り組むことができた。今後は各科目における單元ごとのより具体的な課題の設定方法や、ルーブリック等を用いた評価方法の研究を深めていきたい。

参考文献等

- 『言語活動の充実に関する指導事例集 ～思考力、判断力、表現力等の育成に向けて～』
文部科学省(2012)
- 『愛知県総合教育センター研究紀要第100集「新高等学校学習指導要領の趣旨を踏まえた理科教育の在り方に関する研究」』 http://www.apec.aichi-c.ed.jp/shoko/100syuu/rika/rika_index.htm
愛知県総合教育センター(2011)

資 料

「理科の学習に関する調査」結果

県総合教育センター

1 実施時期等

平成 25 年 7 月実施

愛知県立高等学校 9 校の生徒 702 人を対象として実施した。

2 対象生徒の状況

学年	1 年	2 年	3 年			
	198	262	241			
	28. 2%	37. 3%	34. 3%			
性別	男	女				
	415	285				
	59. 1%	40. 6%				
類型	理系	文系	その他			
	356	153	191			
	50. 7%	21. 8%	27. 2%			
進路希望	大学進学	短大進学	専門学校等進学	就職	その他	未定
	574	11	30	53	1	32
	81. 8%	1. 6%	4. 3%	7. 6%	0. 1%	4. 6%

3 質問項目

1 中学校では、理科の授業は好きでしたか。（図 1 グラフ①）			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
261	261	128	49
37.2%	37.2%	18.2%	7.0%

2 中学校では、理科の授業の内容は、理解できましたか。（図 1 グラフ②）			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
325	284	77	13
46.3%	40.5%	11.0%	1.9%

3 中学校では、理科の授業で観察、実験を行うと、授業の内容が分かりやすくなりましたか。（図 1 グラフ③）			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
326	284	73	18
46.4%	40.5%	10.4%	2.6%

4 中学校では、理科の授業で話し合いを行うと、授業の内容を理解できましたか。 (図1 グラフ④)			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
145	326	178	51
20.7%	46.4%	25.4%	7.3%

5 「アンケート実施授業科目」の授業は、好きですか。(図2 グラフ5)			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
178	326	146	51
25.4%	46.4%	20.8%	7.3%

6 「アンケート実施授業科目」の授業に対する意欲的な取組は、できていますか。 (図2 グラフ⑥)			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
129	371	167	34
18.4%	52.9%	23.8%	4.8%

7 「アンケート実施授業科目」の授業の内容は、理解できていますか。			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
100	388	165	48
14.3%	55.3%	23.5%	6.8%

8 「アンケート実施授業科目」で学ぶことは、受験や就職などに役立つと思いますか。			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
268	241	132	59
38.2%	34.3%	18.8%	8.4%

9 「アンケート実施授業科目」で学ぶことは、将来社会に出たときに役立つと思いますか。 (図2 グラフ⑦)			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
145	227	228	99
20.7%	32.3%	32.5%	14.1%

10 理科の授業で、観察、実験や野外観察に取り組むことは好きですか。(図5 グラフ⑧)			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
314	243	112	31
44.7%	34.6%	16.0%	4.4%

11 理科の授業で，観察，実験の結果などを考察することは好きですか。			
①当てはまる	②どちらかと言えば，当てはまる	③どちらかと言えば，当てはまらない	④当てはまらない
148	259	224	71
21.1%	36.9%	31.9%	10.1%

12 理科の授業で，観察，実験の結果などを話し合うことは好きですか。（図5 グラフ⑨）			
①当てはまる	②どちらかと言えば，当てはまる	③どちらかと言えば，当てはまらない	④当てはまらない
109	256	258	78
15.5%	36.5%	36.8%	11.1%

13 理科の授業で，観察，実験の結果や自分で調べたことなどを人に説明することは好きですか。（図5 グラフ⑩）			
①当てはまる	②どちらかと言えば，当てはまる	③どちらかと言えば，当てはまらない	④当てはまらない
55	168	303	175
7.8%	23.9%	43.2%	24.9%

14 理科の授業で，観察，実験を行うと，授業の内容が分かりやすくなりますか。			
①当てはまる	②どちらかと言えば，当てはまる	③どちらかと言えば，当てはまらない	④当てはまらない
275	318	80	28
39.2%	45.3%	11.4%	4.0%

15 理科の授業で，デジタル教材（映像等）を用いた授業を受けると，授業の内容が分かりやすくなりますか。			
①当てはまる	②どちらかと言えば，当てはまる	③どちらかと言えば，当てはまらない	④当てはまらない
228	338	96	40
32.5%	48.2%	13.7%	5.7%

16 理科の授業や学習で，物事をじっくりと考えることは好きですか。（図6 グラフ⑪）			
①当てはまる	②どちらかと言えば，当てはまる	③どちらかと言えば，当てはまらない	④当てはまらない
170	265	210	57
24.2%	37.8%	29.9%	8.1%

17 理科の授業や学習で，さまざまな現象について「なぜ」，「どうして」などの好奇心をもっていますか。（グラフ⑫）			
①当てはまる	②どちらかと言えば，当てはまる	③どちらかと言えば，当てはまらない	④当てはまらない
164	313	173	50
23.4%	44.6%	24.6%	7.1%

18 理科の授業や学習で、グラフを読んだり書いたりすることは好きですか。 (図6 グラフ⑬)			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
46	178	351	125
6.6%	25.4%	50.0%	17.8%

19 理科の授業や学習で、文章を書くとき、結論を見据えて論理的に書いていますか。 (図6 グラフ⑭)			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
47	202	315	134
6.7%	28.8%	44.9%	19.1%

20 理科の授業や学習で、授業の内容をそのまま覚えるのではなく、その理由や考え方も理解しようとしていますか。			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
170	325	159	43
24.2%	46.3%	22.7%	6.1%

21 理科の授業や学習で、理解できなかったことを、わかるようになるまで学習していますか。			
①当てはまる	②どちらかと言えば、当てはまる	③どちらかと言えば、当てはまらない	④当てはまらない
111	316	209	52
15.8%	45.0%	29.8%	7.4%

※合計が 702 人 (100%) にならないものがあるのは、無回答や誤答があるためである。

実践①－１ 言語活動を生かした探究的な活動の授業モデルの提案

－領域横断的な探究活動を通して言語活動を重視させた授業の実践－

１ はじめに

東日本大震災をきっかけとし、理科教育の在り方についても改めて大きな問いが投げ掛けられている。例えば、地震の発生に伴って観測された多領域にわたる複雑な自然現象を解明する必要性が高まる中にあっては、地震、津波、放射線等に関するより正しい知識や理解が求められている。物理・化学・生物・地学の４領域からなる理科については、各領域相互の関連性や系統性を大切にしながら、科学的な自然観とともに、科学的に探究する能力と態度を育てることの重要性が、これまで以上に大きくなると予想される。

平成 20 年 1 月の中央教育審議会答申では、P I S A 調査の分析結果から、「科学的証拠を用いること」に比べ、「科学的な疑問を認識すること」や「現象を科学的に説明すること」が課題として指摘されている。また、新学習指導要領の科目構成および内容等については、「探究的な学習を重視し」「自然科学の複数の領域を学び」「自然を探究する能力や態度を高めることができるよう」改善するとされている。さらに文部科学省の「言語活動の充実に関する指導事例集」において、「科学的な思考力や判断力を育成する観点」については、「生徒一人一人にじっくり考えさせるとともに、グループで協議させた後、自らの考えをまとめさせること」が挙げられている。

以上のことを踏まえ、言語活動の充実を図りながら、領域横断的な視野をもち、探究する能力を育むことを目指した授業実践について研究する。

２ 研究の目的

(1) 領域横断的に視野を広げる観点から

「自然科学の複数の領域」をバランスよく授業で取り扱うことは、決して容易なことではない。しかし、本来の自然現象とは、各領域の内容が複雑に絡み合っており、深く自然を理解するためには、領域の境界に捉われず、総合的な視野をもって考察することが求められる。

そこで本研究では、領域を横断するような総合的な視野で、論理的に自然を探究する思考力を培うことを目的とした探究活動の在り方について研究する。具体的には、物理で学習した基礎的な知識を復習する中で、地学領域で扱われる地球や環境問題まで対象を広げ、探究心や問題意識を高めるような授業展開を研究する。

(2) 言語活動の充実を図る観点から

教員による一方向的な講義形式の学習とは異なり、生徒の能動的な参加を取り入れた学習法の総称を A L (アクティブラーニング) といい、能動的に学習することによって、認知的能力、倫理的能力、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図ることができるとされている。その A L の先駆的な実践で知られる元越ヶ谷高校（埼玉県）教諭の小林昭文によれば、学習形態の違いによる学んだ内容の「平均定着率」は「講義は 5 %、読書は 10 %、視聴覚は 20 %、演示は 30 %、グループ討論は 50 %、自らの体験は 75 %、そして他人に教えることは 90 %」になるという研究結果が示されている。

そこで、言語活動を充実させ、科学的な対話力の向上を目指す観点から、生徒が意見交換をしながら考えをまとめ、協調的に学習し、表現する機会が多くなるような授業展開を研究する。加えて、講

義形式に偏らず、基礎知識の確認に終始しないように配慮する。

(3) 探究する能力を育む観点から

生徒の探究する意欲を喚起しその力を育むために、提供された観測事実やデータを活用しながら思考する過程を重視した活動を研究する。その際、結論を知識として植え付けるような展開にならないようにするため、得られた観測事実に対して、数々の研究者が現在も挑み、統一的な見解に至っていないような現象や問題を積極的に扱うようにする。

3 研究の方法

(1) 探究活動で取り上げる課題・題材

本研究では、地学領域における磁場に関連した二つの探究活動に取り組んだ。

題材の一つとして、統一的な理解が得られているような内容である「極域電離層電流による地磁気の変動」を取り上げた。具体的には「太陽起源の粒子が地球へ降下→超高層大気でのオーロラ発光と電子密度の増加→電離層電流による磁場の発生→地表での地磁気変動」という現象を扱った。この題材では、応用としての「右ねじの法則」の復習のみに終わらず、自然現象の探究には多種多様な観測の組み合わせや協力が重要であることを強調した。

もう一つの題材として、未解明な要素を多く含む内容である「太陽活動度と地球環境の因果関係」について取り上げた。具体的には「スベンスマルク効果」として知られている「太陽活動の低下→太陽磁場や太陽風の弱まり→太陽磁気圏内の地球大気に到達する宇宙線粒子の増加→宇宙線粒子により形成される雲の増加→地球の寒冷化」という現象を扱った。この題材では磁場の役割や放射線の理解を深めるとともに、未解明な環境問題に対しての問題提起につなげた。さらに、このような理論に到達するには天文学、地球物理学、地球化学等と領域横断的に考えることが不可欠であることを強調した。

(2) 探究活動の進め方

言語活動の充実を図り協調的な学習を深めるため、どちらの題材の活動においても、東京大学の大学発教育支援コンソーシアム推進機構が推奨する「知識構成型ジグソー法（ジグソー法）」を取り入れて授業を展開した。ジグソー法とは、あるテーマについて複数の視点で書かれた資料を担当に分かれて読み、自分なりに納得できた範囲で説明を作って交換し、交換した知識を統合してテーマ全体の理解を構築したり、テーマに関連する課題を解いたりする活動から学ぶ、協調的な学習方法である。

具体的には、まず、4人一組の班を編制し、各班内でA～Dの各資料の担当を割り当てた。次に、各資料の担当者のみからなる班を編制し、それぞれの班で与えられた資料を読み、意見交換しながら資料中の設問を考えさせ、資料の内容について理解を深めさせた。その後、最初の4人の班に再び戻り、持ち寄ったA～Dの4種の資料を参考に、新たな課題に対して4人で話し合いながら協調して考えさせ、最後に自分の考えを表現させた。このような手法を用いることで、各生徒に自分しか持ち合わせない担当の資料に対して責任をもたせるようにして、より積極的に協調させる環境を整えた（図1）。

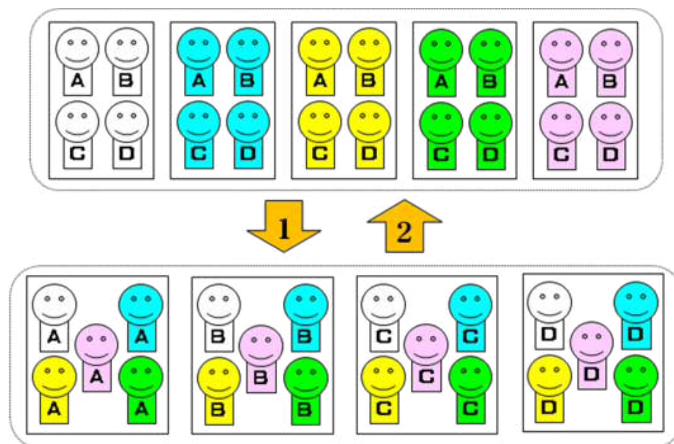


図1 ジグソー法の班編制

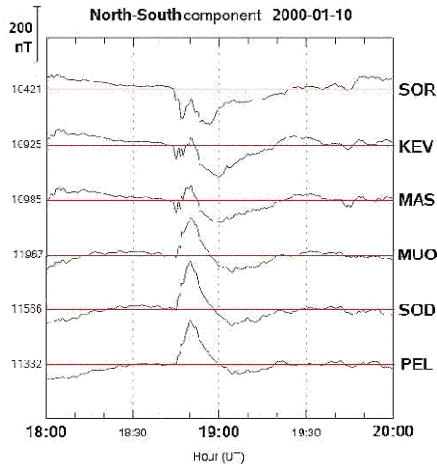
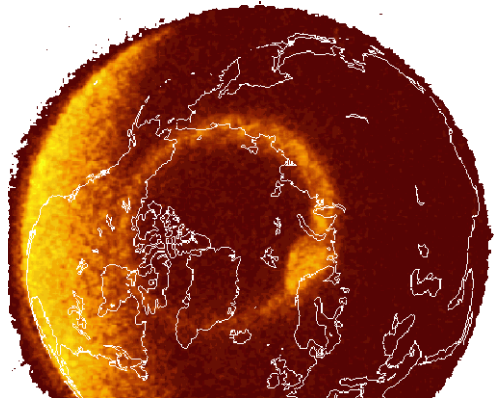
4 研究の内容

(1) 極域電離層電流による地磁気変動についての探究活動

ア 実施クラス

2年理系（物理選択）の2クラス（男子31人＋女子9人のクラスと、男子19人のクラス）

イ 授業展開

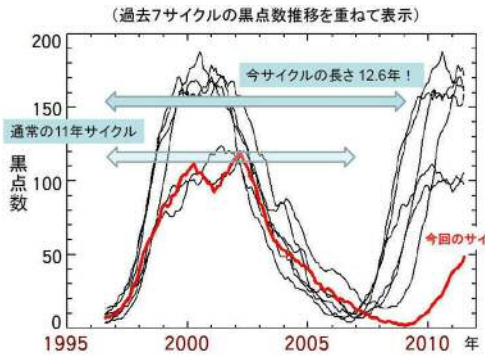
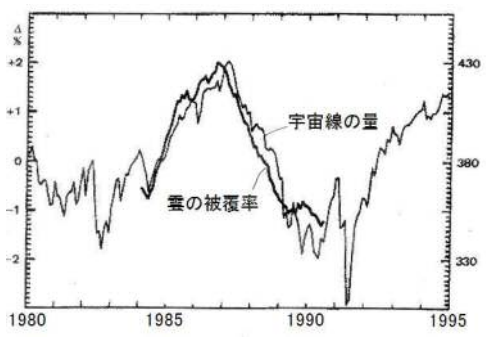
過 程	指導内容
導 入 2分	本時の流れを説明し、4人一組の班を編制させ、各班内で4種類の資料A～Dの担当者を決めさせる。
展開① 15分	資料A～Dの各担当だけからなる別の班に分かれさせる。各担当の資料を読ませ、資料に示されている【問】にその班で協力して取り組ませながら、理解を深めさせる。 【資料A】スカンジナビア半島北部で、地磁気の南北成分が時間変動することを示す、磁力計観測網のデータ（図2）（資料1） 【資料B】電流の周囲での磁場、および磁場の重ね合わせを示す、エルステッドの実験の説明（資料2） 【資料C】地磁気変動が捉えられた地点の上空で、同時刻にオーロラが輝いていたことを示す、探査衛星（POLAR）によるオーロラ画像（図3）（資料3） 【資料D】オーロラの発光領域内で電子密度の増加を示す、レーダー観測のデータ（資料4）  図2 磁場の南北成分の観測例 「IMAGE」 http://space.fmi.fi/image/  図3 探査衛星のオーロラ画像 「Polar Visible Imaging System」 http://vis.physics.uiowa.edu/vis/
展開② 15分	授業の始めの班に戻らせる。班内で、資料A～Dのそれぞれの内容について発表させるとともに、各資料に関する理解を深めさせる。次に「2000年1月10日19時に、どのような現象がどこで起きていたと考えられるか」という課題について、A～Dの資料を参考にしながら「地磁気、電流、オーロラ、電子密度」の語句を用いて、協力して論理的に考えさせる。
展開③ 15分	各班内での話し合いから自分の考えをまとめ、文章で表現させる。まとめた考えの発表を通して、現象に対する理解を深めさせる。
まとめ 3分	まとめとして、実社会と電離層電流との関連について触れる。具体例として、電離層電流は、強いときには数千万アンペアにも達し、地上の送電線に異常誘導電流を発生させ、変圧器やブレーカーの機能を麻痺させることを紹介する。また、誘導電流が石油パイプラインに流れ、腐食の進む原因になったり、パイプの温度を上昇させて周囲の生態系を乱したりすることなども紹介する。さらに、大学などの研究現場においても、自然現象の解明には多種の観測データを組み合わせる協力が重要であることを強調する。

(2) 太陽活動度と地球環境の因果関係についての探究活動

ア 実施クラス

2年理系（物理選択）の2クラス（男子31人＋女子9人のクラスと、男子19人のクラス）

イ 授業展開

過 程	指導内容
導 入 5分	何の情報も与えない状態で、「地球温暖化について説明しなさい」という設問に対する生徒の考えを記述させる。
展開① 2分	本時の流れを説明し、4人一組の班を編制させ、各班内で4種類の資料A～Dの担当者を決めさせる。
展開② 12分	資料A～Dの各担当だけからなる別の班に分かれさせる。各担当の資料を読ませ、資料に示されている【問】にその班で協力して取り組ませながら、理解を深めさせる。 【資料A】近年における太陽活動の周期の異変について説明する資料（図4） （資料5） 【資料B】太陽活動度と太陽磁場の変動との相関を示すデータ（資料6） 【資料C】太陽磁場が宇宙線の侵入を妨げる役割について説明する資料（資料7） 【資料D】地球に到達する宇宙線の量と雲の量の相関を示すデータ（図5） （資料8）  図4 近年の太陽活動の周期 「国立天文台ひのでホームページ」 http://hinode.nao.ac.jp/index.shtml  図5 宇宙線量と雲量の相関変動 「Svensmark & Friis-Christensen, (1997)」 同時に、資料Dの担当班の生徒と他の班の希望者には、簡易的な霧箱により資料Dの雲の発生の理解を深める実験を見せて、理解を深める一助とする。
展開③ 12分	授業の始めの班に戻らせる。班内で、資料A～Dのそれぞれの内容について発表させるとともに、各資料に関する理解を深めさせる。次に「2013年以降の太陽活動と地球環境について、考えられること」という課題について、A～Dの資料を参考にしながら「周期、活動度、磁場、雲」の語句を用いて、協調して論理的に考えさせる。
展開④ 12分	各班内での話し合いから自分の考えをまとめ、文章で表現させる。まとめた考えの発表を通して、現象に対する理解を深めさせる。
まとめ 7分	「スベンスマルク効果」に対する反論や、残されている問題点について紹介する。また、このような理論に到達するには、天文学、地球物理学、地球化学等との領域横断的な考え方が不可欠であることを強調する。その上で改めて、地球温暖化について思ったこと、考えたことをまとめさせる。

5 研究結果のまとめと今後の課題

(1) 地磁気変動に関する探究活動について

本研究では、「思考・判断・表現」の観点について評価を試みた。「2000年1月10日19時に、どのような現象がどこで起きていたと考えられるか」という課題に対して、まず「地磁気、電流、オーロラ、電子密度」という四つの語句を適切に用いていれば状況Bとした。さらに、概ね論理的に順序立てて説明できていれば状況Aとした。その結果、状況A、B、Cの生徒の各比率は15%、73%、12%であった。次に、状況Aと判断された生徒の記述の中から2例を紹介する。

- ・オーロラが発生したことで電子密度が高くなり、それにより大きな電流が流れやすくなったので、地球の北極周辺で西向きの電流が流れた。その電流によって地磁気が乱れ、本来北向きの磁場が弱まり南向きの磁場が強くなった。
- ・太陽風がスカンジナビア半島上空にぶつかり、大気中の粒子が電離され電子密度が濃くなりオーロラが発生することで電流が流れた。地磁気が南向きに強まったため、電流は東から西向きに流れた。

(2) 太陽活動度と地球環境に関する探究活動について

同様に「思考・判断・表現」の評価の観点から、「2013年以降の太陽活動と地球環境について、考えられること」という課題に対して、四つの語句「周期、活動度、磁場、雲」を適切に用いていれば状況Bとし、概ね論理的に順序立てて説明できていれば状況Aとした。その結果、状況A、B、Cの生徒の各比率は62%、29%、9%であった。次に状況Aと判断された生徒記述から2例を紹介する。

- ・以前予想していた太陽の活動周期と異なり、近年は太陽の活動の停滞が続いている。太陽の活動が低下すると太陽の磁場が弱くなり、地球を含む太陽系全体に降り注ぐ宇宙線が増える。すると、地球では雲の量が増え、日光が以前よりも地球表面に当たる時間が短くなる。そして、この状況が続くと地球全体が寒冷化する可能性がある。
- ・太陽の活動度の周期が予想から大きく外れて低くなっている。太陽の活動度が下がると黒点の数が減り、磁場が弱くなる。磁場が弱くなると、守られていた宇宙線などの粒子が地球に降り注ぐ。宇宙線が増えると、雲ができやすくなり、雲は地球の温室効果に大きな影響を与える。

(3) 生徒による事後アンケートについて

下の四つの表は、探究活動後に、生徒に行ったアンケートの集約結果である。

① 生徒同士で、一緒に考えたり、教え合ったりすることによって、課題に対する理解は深まりましたか？	
大いに、理解が深まった	38.2%
どちらかと言うと、理解が深まった	47.3%
どちらとも言えない	12.7%
どちらかと言うと、理解は深まらなかった	0.0%
理解は深まらなかった	1.8%

表-1

② 「ジグソー法」を「講義形式の授業」と比べると、より意欲的に学べましたか？	
ジグソー法の方が、より意欲的	52.7%
講義形式の授業の方が、より意欲的	7.3%
同じくらい意欲的	40.0%

表-2

-③ 人に説明することには、意欲的ですか？	
意欲的である	25.5%
どちらかと言うと、意欲的である	41.8%
どちらかと言うと、意欲的ではない	23.6%
意欲的ではない	9.1%

表-3

④ 日頃の学習活動において、人に教えること、人から教えられることは、よくありますか？	
教えることも、教えられることも、よくある	25.5%
教えることはよくある	16.4%
教えられることはよくある	41.7%
教えることも、教えられることも、あまりない	16.4%

表-4



図6 探究活動の様子

生徒同士で協調的に学習することによって、約 85% の生徒が理解の深まりを体験できたと答えている（表-1）。また、今回のジグソー法では、多くの生徒が意欲的に学習に取り組むことができ、積極的に話し合っている様子が見受けられた（表-2）。一方で、自分の担当以外の資料について、自分なりに読み込む時間がほしいとの声も聞かれたことから、より深い理解を求める生徒には時間が不足していたことが考えられる。

また、人に説明することに対しては、7割弱の生徒が「意欲的である」「どちらかと言うと、意欲的である」と答えている（表-3）。しかし、授業や自主学習など日頃の学習活動において、教える側としての自らの活躍を認識している生徒は4割程度しかいない（表-4）。生徒が潜在的にもつ学び合う意欲を、日頃の学習活動において積極的に引き出せるような展開について、今後も検討していきたい。

（4）今後の課題

言語活動の充実を図るジグソー法を活用し、領域横断的な課題に対する探究活動に取り組むことは、視野の広い探究心や問題意識を喚起することのみならず、協調的な学習の意義を深めることにも、効果的であったと考えられる。また、数式的な問題演習で能力を発揮していた生徒と、今回の協調学習で達成度の高い結論を導き出した生徒とは、必ずしも一致していないことが見受けられた。学び合いによる学習効果を引き出すということだけでなく、生徒の能力や可能性を引き出すなどのさまざまな観点からも、言語活動の充実を図る協調学習を取り入れることは、意義深いと考えられる。

一方で、ジグソー法では、扱う題材によっては、自分の担当以外の資料に対して、より深い理解を補うための事後の対策が必要となる場合も想定される。各資料での設問は、生徒の話し合いのきっかけづくりとなるばかりでなく、資料の内容に対する生徒の理解の度合いを確認できる指標となるため、状況に応じて教師が助言をすることも効果的である。また生徒の個人の評価が所属する班の評価に直結しないよう、まとめの文章は生徒に個人で考え表現させることも、留意すべき点である。

また予想に反し、地磁気変動に関する探究活動の方が、生徒には難しく感じられたようであった。その要因としては、グラフや図を読み取る力がより高度に求められたことが挙げられる。改めて、グラフや図の読み取り能力を育むことの重要性を考えさせられた。さらに今後は、より積極的に領域横断的な視野を広げ、研究活動としての素養や理解を深めるために、インターネット等を利用して生徒が自ら観測データを収集して、自然現象の再現性を確認するような実習活動も取り入れていきたい。

参考文献・資料等

- 『高等学校学習指導要領解説理科編』（文部科学省 2009）
- 『言語活動の充実に関する指導事例集』（文部科学省 2012）
- 『太陽の科学』NHK ブックス（柴田一成 2010）
- 『太陽活動の謎』NHK サイエンス ZERO 取材班＋常田佐久（NHK 出版 2011）
- 『太陽に何が起きているか』文春新書（常田佐久 2013）
- Svensmark, Henrik; Friis-Christensen, Eigil. “Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage—a missing link in solar-climate relationships”. Journal of Atmospheric and Solar – Terrestrial Physics 59 (11): 1225-1232. (1997)
- AL 学習 <http://d.hatena.ne.jp/a2011+jyugyoukenkyu/>
- ジグソー法 <http://coref.u-tokyo.ac.jp/>
- IMAGE ネットワーク <http://space.fmi.fi/image/>
- POLAR 衛星データ <http://vis.physics.uiowa.edu/vis/>

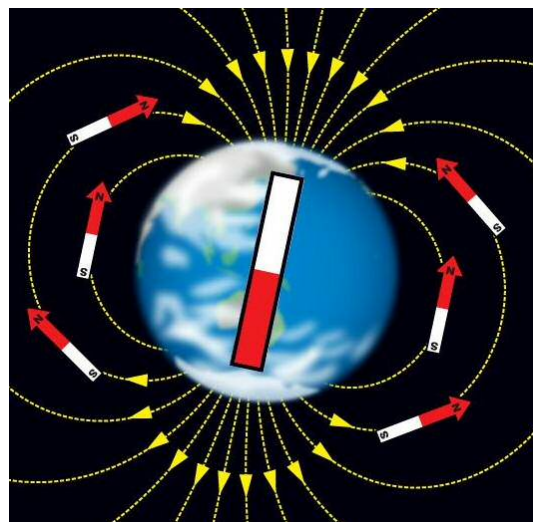
資料1 「極域電離層電流による地磁気変動についての探究活動」の資料A

地磁気は、地球により生じる磁場(磁界)です。

35 億年前の岩石にも地磁気のなごりが見つけられていることから、地磁気は地球の歴史(46 億年)のかなり早い時期からあったと考えられています。

地表の地磁気の向きは、地球の内部に棒磁石のようなものがある場合とそっくりであり、地球の内部の様子が明らかになってきた 20 世紀中頃に、地磁気の成因は地球の内部にあると、考えられるようになりました。

地磁気は向きと大きさを持つ量(ベクトル)で、その向きも強さも場所によって異なります。例として、現在の日本における地磁気の強さは約 46000 nT (n は 10^{-9} , T は磁束密度を表す単位)です。地球上での地磁気の分布を見ますと、極地方で大きな値を示し、赤道付近の低緯度地方で小さな値を示す傾向があり、約 25000 nT (南米付近)から 65000 nT (南極付近)になります。

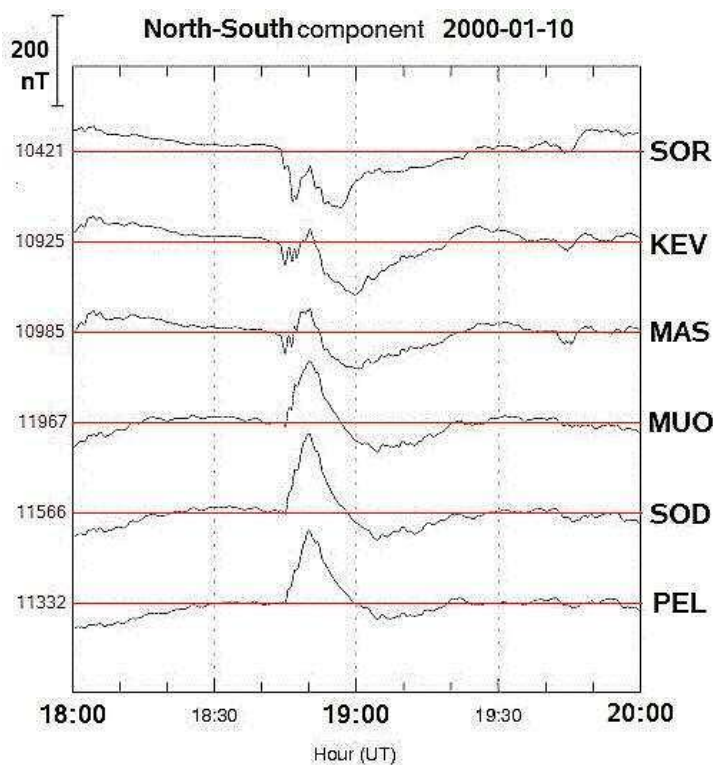
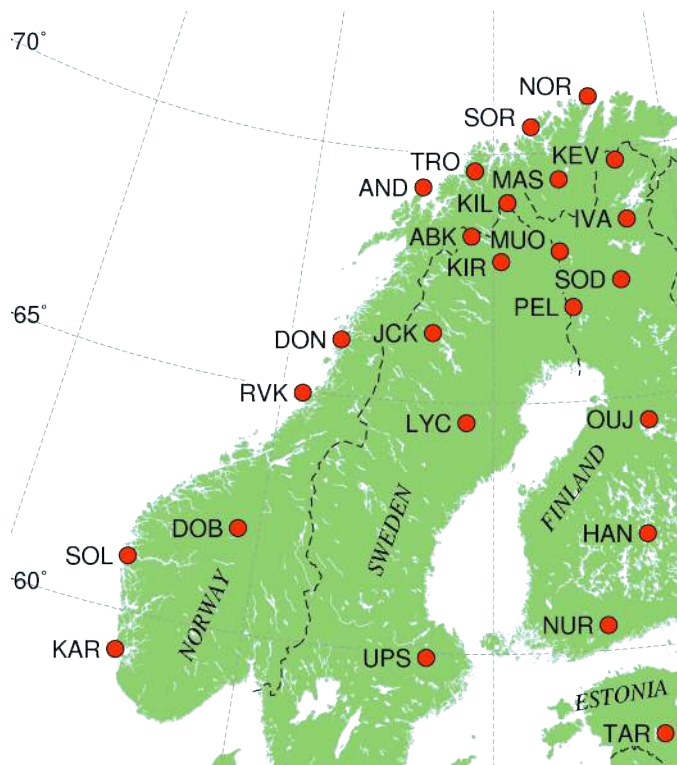


【引用】理科年表オフィシャルサイト

<http://www.rikanenpyo.jp/index.html>

左下図のように、北欧のスカンジナビア半島の各地には、地表での地球磁場を計測する磁力計が設置されています。観測例として、図中の6つの観測点 SOR (Sørøya), KEV (Kevo), MAS (Masi), MUO (Muonio), SOD (Sodankylä), PEL (Pello) での、2000 年 1 月 10 日の 18~20 時における磁場の南北成分の観測データが、右下図です。各観測点での磁場の南北成分の平均値(約 11000 nT)が赤線で示され、正(グラフの上向き)の変動は、北向きの磁場が強まることを、負の変動は南向きの磁場が強まることを表しています。このように、地磁気の強さは、時々刻々変化しています。

【問】 現在での北極側は、磁石のN極ですか、それともS極ですか？



【引用】 International Monitor for Auroral Geomagnetic Effects <http://space.fmi.fi/image/>

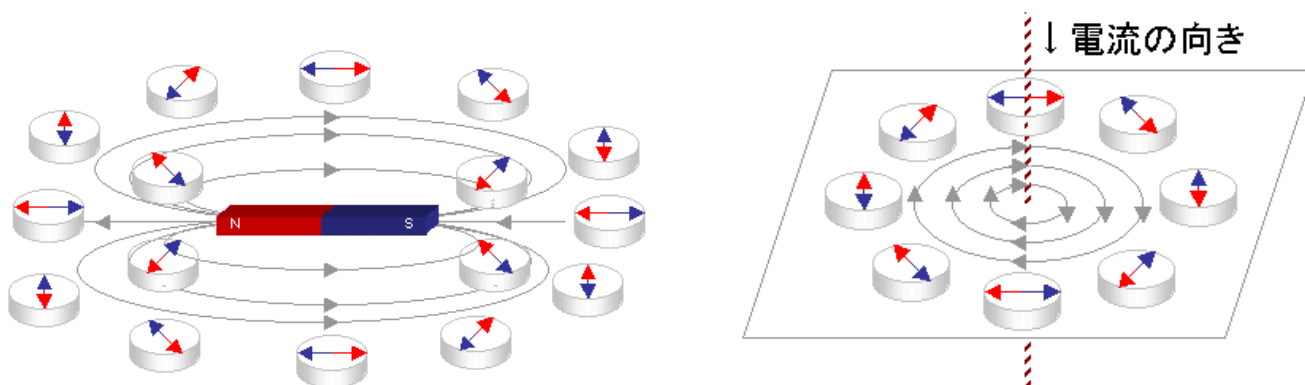
資料2 「極域電離層電流による地磁気変動についての探究活動」の資料B

磁場(または磁界)は、どのようなところに生じるのでしょうか。

磁場は、磁気を帯びた磁極が、磁気力を受けるような空間のことです。言い換えれば、磁極に磁気力を及ぼす働きをもつ空間のことです。

磁場の向きは、方位磁針のN極が指し示す向きであり、磁力線の矢の向きで表され、また、磁場の強さは、磁力線の密度で表されます。

磁場や磁力線の空間分布は、方位磁針の向きや砂鉄の模様などから見るができます。



【引用】 ネットの学校 Hello School <http://www.hello-school.net/>

マクスウェルがまとめた電磁気学によると、磁場の生じる場所は、

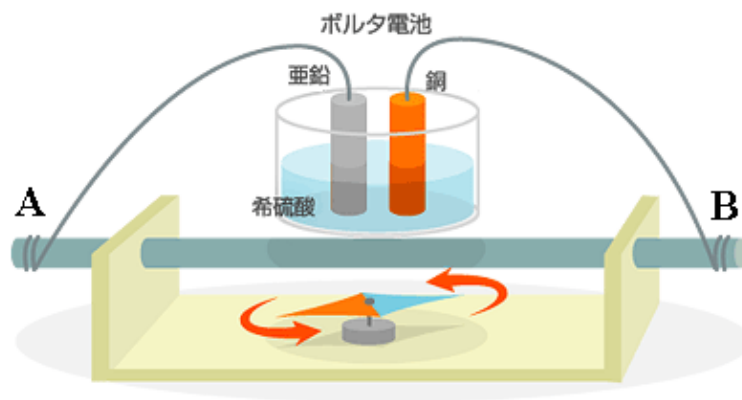
- ① 磁気を帯びた磁極の周囲 (左上図)
- ② 右ねじの法則で知られるような、電流の周囲 (右上図)
- ③ 時間変動する電場の周囲

が考えられます。

複数の磁場を生じる要因が重なると、「磁場の重ね合わせ」が起こります。

例として、1820年にエルステッドは、公開実験の準備をしていて、電線に電池から電流を流すスイッチを入り切りしたときに、その近くに偶然にも方位磁石が置いてあって、北を指していた磁針が少し変化したことに気がしました。

これは、北向きの地球の磁場に、電流による磁場が重なりあったものです。



【引用】 TDK マガジン

<http://www.tdk.co.jp/techmag/index.htm>

【問】 上の実験図において、B→Aの向きが、南→北の向きです。

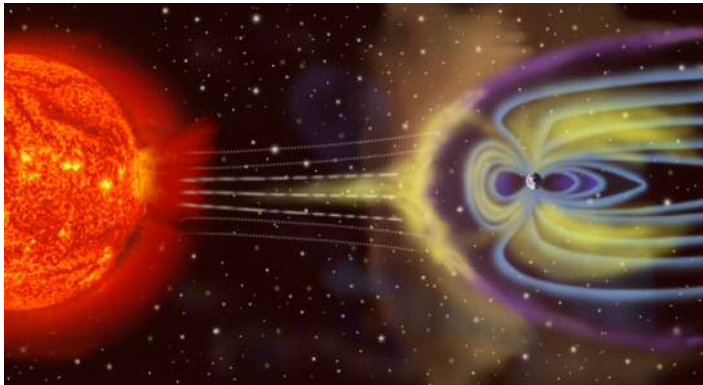
導体棒A B間に電流が流れると、上から見て反時計回り(図の矢印の向き)に、わずかに方位磁針が動きました。電流が流れた向きはA→BそれともB→Aですか？

資料3 「極域電離層電流による地磁気変動についての探究活動」の資料C

オーロラの源は、地球から約1億5千万kmも離れた太陽から、やってきます。

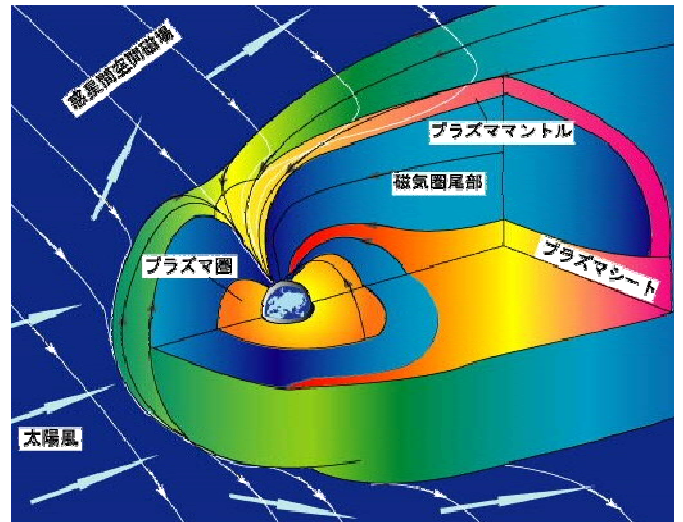
太陽は、光や熱だけではなく、電子や陽子などの電離した粒子(プラズマ)も大量に放出しています。この太陽からの電子などの粒子の流れは、太陽風と呼ばれ、激しいときには秒速 800 km にも達します。

太陽からの粒子の流れが、地球に到達すると、地球磁場が粒子の侵入を阻止し、粒子を受け流します。ところが太陽風の粒子は、地球の磁場の隙間を通るように侵入し、太陽と反対側にあるプラズマシートと呼ばれる滞在しやすい場所に溜まった後に、地球の磁場に沿って、地球大気へと降り注いでいきます。



【引用】 Magnetosphere

<http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetosphere>



【引用】 Space and Planetary Research Group, ISAS

<http://sprg.isas.jaxa.jp/main.html>

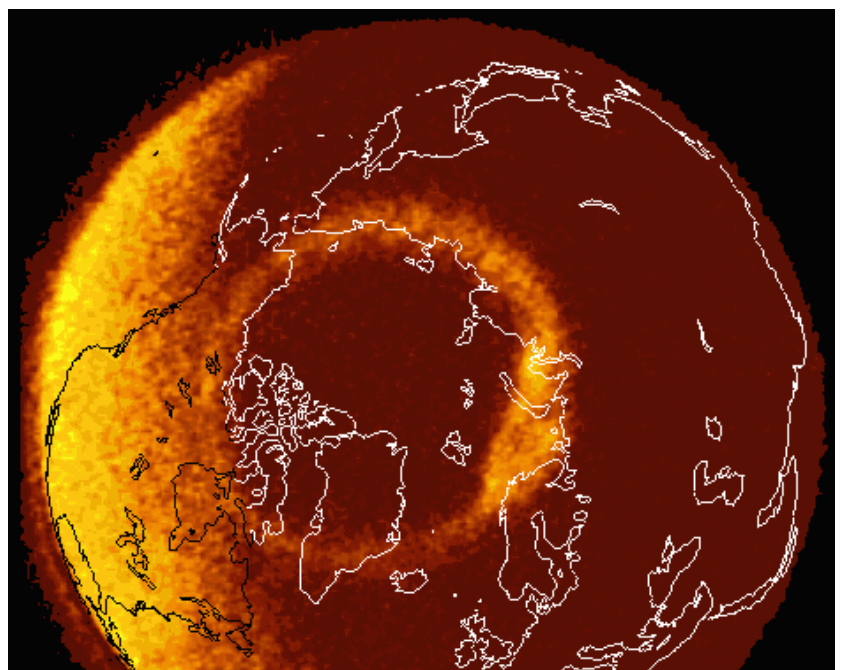
この地球に降り注ぐ粒子が、地球の酸素や窒素の大気粒子と衝突すると、衝突された大気粒子はエネルギーを得て光を放ちます。これがオーロラです。

プラズマシートから地球の磁場に沿って、太陽起源の粒子が降り注ぐため、プラズマシートの根元の位置に相当する北極や南極周辺の限られた領域の上空で、オーロラはリング状に現れます。

オーロラは、太陽と地球のつながりが生み出す輝き、宇宙規模の壮大な自然現象なのです。

2000年1月10日19時03分に探査衛星 POLAR から得られた画像が、右図です。北極点近くを中心とした円が、オーロラが光っている場所を示しています(左半分の明るい部分は、太陽光の照射によるものです)。

【問】 どのような国や地域が、オーロラ観測に適していると考えられますか？



【引用】 Polar Visible Imaging System

<http://vis.physics.uiowa.edu/vis/>

資料4 「極域電離層電流による地磁気変動についての探究活動」の資料D

オーロラの色は、どのように決まるのでしょうか。

太陽を起源とする粒子が、地球の上空に降り注いできて、酸素や窒素の大気粒子と衝突すると、衝突された大気粒子が光を放ちます。これがオーロラの光です。

オーロラの色が違うのは、高度によって大気中の原子・分子の種類とその密度が異なることと、降り注ぐ粒子のエネルギーが違うからです。

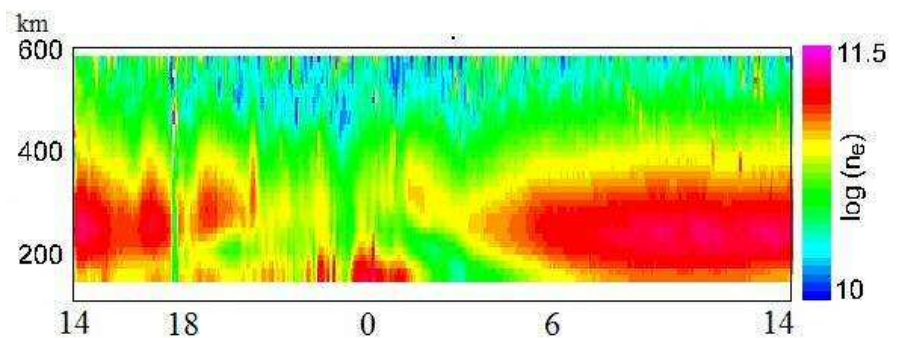
酸素は赤色と緑色を、窒素はピンク色と青色の光を放ちます。衝突された大気粒子は、エネルギーの高い不安定な状態（励起状態）になり、それが安定な低いエネルギーの状態（基底状態）に戻るときに、余分なエネルギーを光として放出します。衝突したときに放出するエネルギーの量（光の色）は、大気の種類によって異なります。

高度 500km 付近では、酸素原子の密度が高いため、赤色が発光しやすく、200～500km の中間高度では、酸素と窒素が発光した赤と青と緑が混じり、緑白色に。高度 100km 付近では、窒素が発光する青と赤が混じったピンク色や紫色となります。

また、より高いエネルギーの粒子が地球に降り注ぐと、より低い高度まで侵入して大気粒子と衝突し、より低い高度でのオーロラ発光を生じさせます。

地球の大気粒子と降下粒子が衝突すると、オーロラの光が放たれるだけでなく、大気粒子の電子が弾き飛ばされ電離するので、電子の数が増えます。つまり、オーロラが光っている大気中では、帯電した粒子の密度が高くなっていて、その周囲よりも大きな電流が流れるようになります。

右図は、ある日の地上からのレーダー観測による、電子の密度の高度分布です。縦軸は高度、横軸は時刻で、赤色ほど電子の量が多いことを示しています。昼では、太陽からの紫外線などの影響で、大気粒子が電離され、高度 200～300km 付近を中心に電子密度が上昇しています。一方で、0 時を中心とする夜では、降下粒子によって大気が電離され、比較的に低い高度でも電子の密度が上昇しています。



【引用】 EISCAT and the High Latitude Ionosphere
<http://www.mps.mpg.de/en/projekte/eiscat/>



【引用】 National Geographic
<http://www.nationalgeographic.co.jp/>



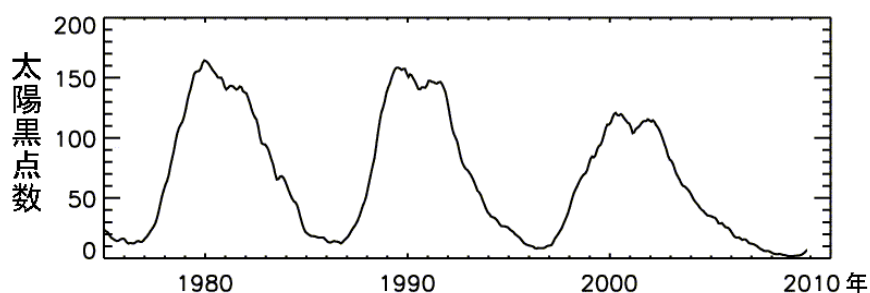
【引用】 Wikipedia
<http://ja.wikipedia.org/wiki/>

【問】 高度 200km 以下の大気中を電流が流れやすい状態になるときは、どのようなときですか？

太陽活動の激しさは、約 11 年という周期で繰り返してきました。

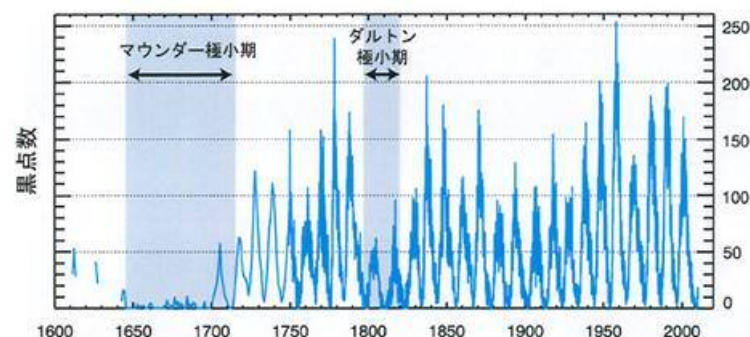
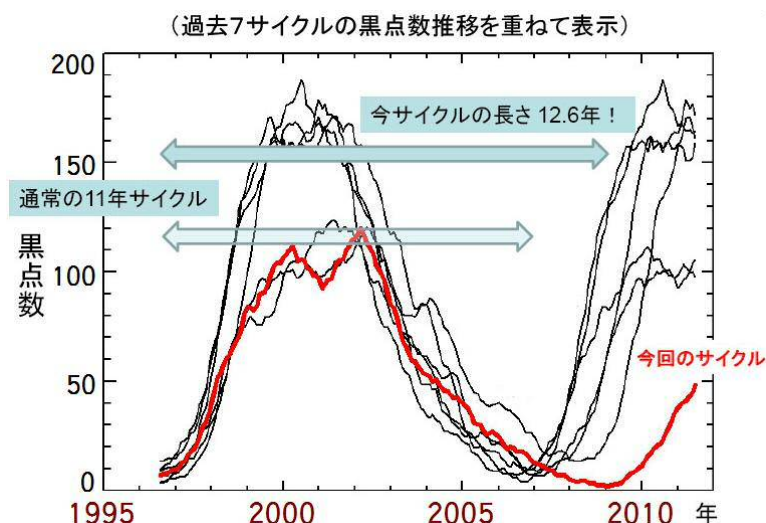
これまでの 11 年周期からは、次の活動ピークは 2011 年の予想でした。

ところが、2011 年になっても活動がピークに達しないで、これまで正確であった 11 年周期が、長くなって狂い始めたような観測データが得られています。



過去にも、太陽活動の 11 年周期が狂った期間があります。太陽活動が活発になると、太陽表面にシミのように見える黒点の数が増えることが知られています。

ガリレオが初めて黒点を観測し始めて以来、これまでに観測されてきた期間の中で、1600 年代後半から約 70 年間にわたり、太陽活動度が極めて低かった期間があります。この期間は、発見者の名前から「マウンダー極小期」と呼ばれています。この頃の太陽活動の周期は約 14 年でした。また、1800 年代前半の約 30 年間にも、太陽活動度が極めて低かった「ダルトン極小期」と呼ばれる期間があり、この頃の太陽活動の周期は約 13 年でした。



大阪府立大学の青野准教授の調べによると、「マウンダー極小期」の京都では、桜の開花が遅くなっていることが古文書からわかり、そのことから、この期間に平均気温が 2°C 近くも低くなっていたことが算出されました。

同じ頃のイギリスのロンドンでは、テムズ川が凍っていたことを記す絵画も残されています。

【問】この数年に異変が起きていること、また今後予想されることは、何ですか？

【全図の引用】国立天文台ひのでホームページ
<http://hinode.nao.ac.jp/index.shtml>

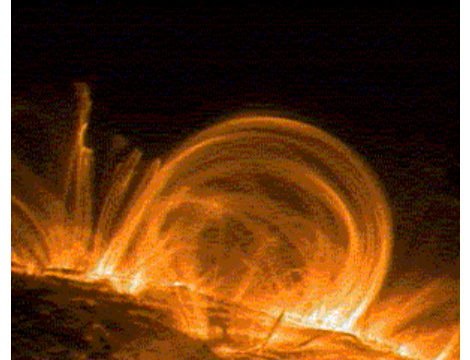
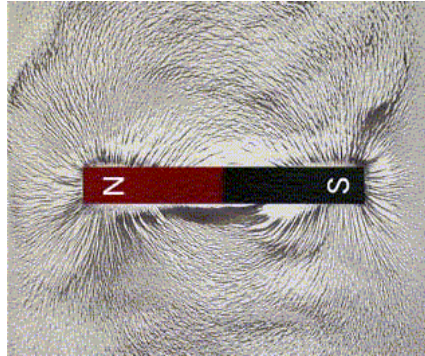


資料6 「太陽活動度と地球環境の因果関係についての探究活動」の資料B

太陽活動の激しいときには、太陽表面の黒点の数が増えます。黒点とは、太陽の表面で活動が最も活発な部分であり、人間の目に黒く見えるのは、周囲の部分より温度が低いからです。黒点は、出現したり消滅したりして、数が周期的に変化しています。

磁石の周りに砂鉄をまくと、磁場の様子を表す磁力線の曲線を見ることができます。

太陽を探査衛星などで観測すると、太陽表面にも磁力線のような曲線が多数見られます。この多数の曲線は、太陽の表面のいたる所に、磁場があることを示しています。まさに太陽は磁石の星なのです。これこそが、太陽活動の根源です。



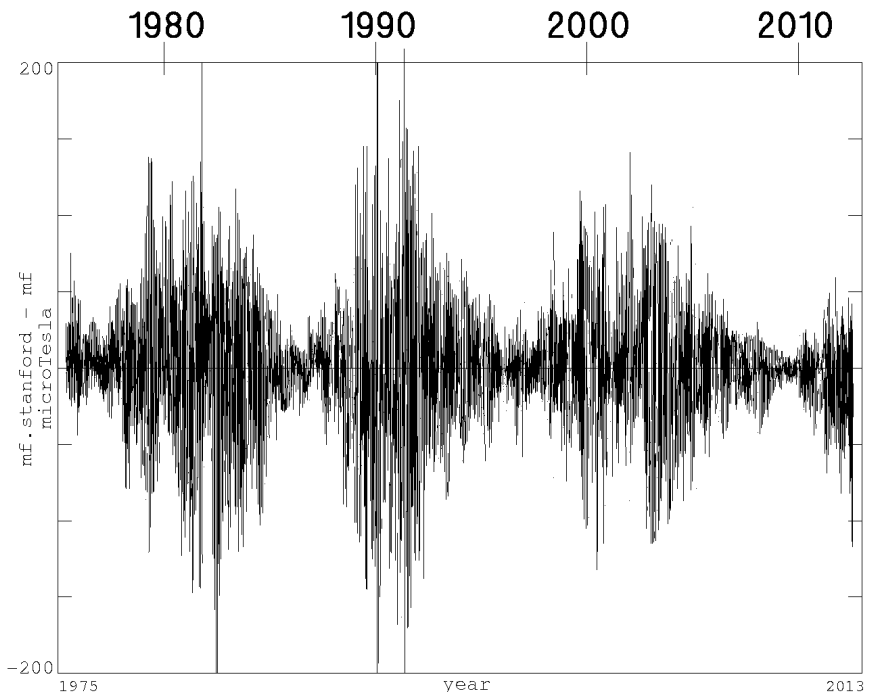
【引用】 国立天文台ひのでホームページ <http://hinode.nao.ac.jp/index.shtml>

太陽の磁力線に沿って粒子（太陽風）が流れ出しています。太陽磁場の強さは、黒点の無い太陽表面でも、地球の百倍。激しく活動する黒点では、地球の一万倍にも達します。この磁場が生成されるのは、太陽の内部です。

太陽磁場の強さは、太陽活動度を表す黒点の数と比較してみると、一致するように変動していることがわかります。つまり、太陽活動が活発なときには、太陽の磁場が強くなっていると考えられます。

一方で、太陽の活動が活発になっても、太陽が放つ光の量には、ほとんど変化がないこと（変動幅 0.1%）が、観測から分かっています。

【問】 太陽活動が衰えると、何がどのように変化すると考えられますか？



太陽磁場の強さの変動

【引用】 WSO - The Wilcox Solar Observatory
<http://wso.stanford.edu/#Magnetograms>

資料7 「太陽活動度と地球環境の因果関係についての探究活動」の資料C

皆既日食のときに、まぶしい太陽の本体が隠されたときに見られるコロナ（太陽の大気）。そのコロナに見られる筋状の模様から、宇宙空間に広がる太陽の磁場の様子を、見るすることができます。また宇宙空間で太陽を観測する探査衛星からも、太陽から広がる磁場や太陽風の様子が捉えられています。

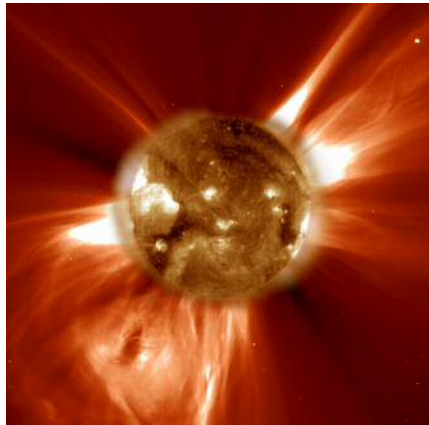
地球にも同様に磁場があり、その磁力線は南北に分布しています。地球の磁場に比べ、太陽の磁場は、複雑な分布をしています。



皆既日食でのコロナの様子

【引用】 国立天文台

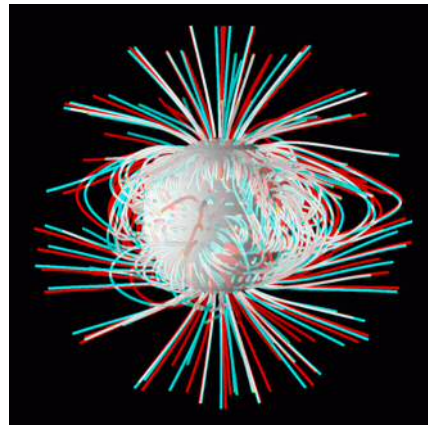
<http://www.nao.ac.jp/astro/gallery/sun.html>



探査衛星による太陽観測

【引用】 National Geographic

<http://www.nationalgeographic.co.jp/science/>

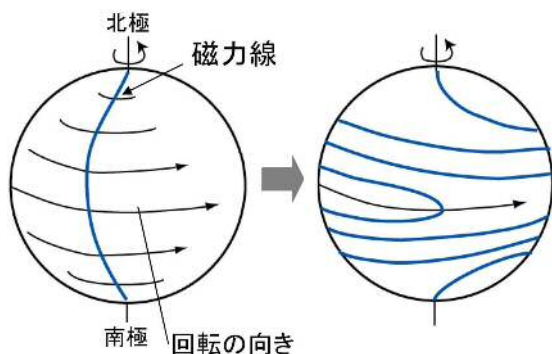


太陽磁場の計算モデル

【引用】 K.Hayashi

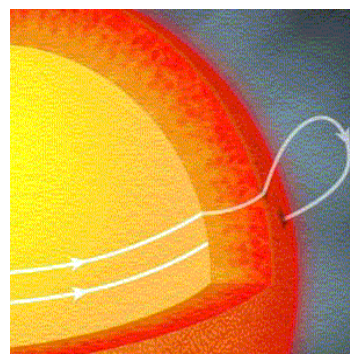
http://sun.stanford.edu/~keiji/keiji_j.html

ガスで覆われている太陽の自転は、赤道付近で速く、両極で遅くなっています。そのため、内部を南北に貫く磁力線は、東西に引き伸ばされるようになり、太陽に巻き付く様な構造になります。磁力線には、密度にムラがあり、その一部の軽い部分が太陽表面に浮かび上がります。この浮かび上がった磁力線の断面が黒点です。つまり黒点は、太陽内部で作られた磁場が、太陽表面に飛び出している場所なのです。黒点の数は、太陽活動が活発になると増加することが知られています。



太陽内部での磁場の様子

【引用】 国立天文台ひのでホームページ <http://hinode.nao.ac.jp/index.shtml>



黒点での磁場の様子

地球の磁場は、地球の外から到来する粒子に対して、侵入を阻止するバリアのような役割をしています。

地球を含む太陽系の惑星は、太陽磁場や太陽風によって包み込まれています。地球磁場と同じように、この太陽の磁場や太陽風が、バリアの役割をして、太陽系外から降り注ぐ粒子（宇宙線など）の侵入を妨げて、地球を含む太陽系の惑星を守っています。

【問】 もし、太陽の磁場が弱まると、どのようなことが起きると考えられますか？

資料8 「太陽活動度と地球環境の因果関係についての探究活動」の資料D

人工衛星で観測された地球を覆う雲の量のデータを用いて、デンマーク国立宇宙センターのヘンリック・スベンスマルク教授は、地球を覆う雲の量と、宇宙から地球に降り注ぐ宇宙線の量との間に、相関があることを発見しました。

宇宙線とは、遙かなたの宇宙で、一生を終えた星が爆発したときに放たれる、放射線の一種です。宇宙線は、長い時間をかけて、宇宙を旅して、太陽系そして地球に到達します。

「霧箱」と呼ばれる装置を用いると、到達した放射線の飛跡を見ることができます。霧箱は、蒸気の凝結作用を用いて放射線や荷電粒子を検出するための装置であり、1897年にチャールズ・ウィルソンが発明しました。

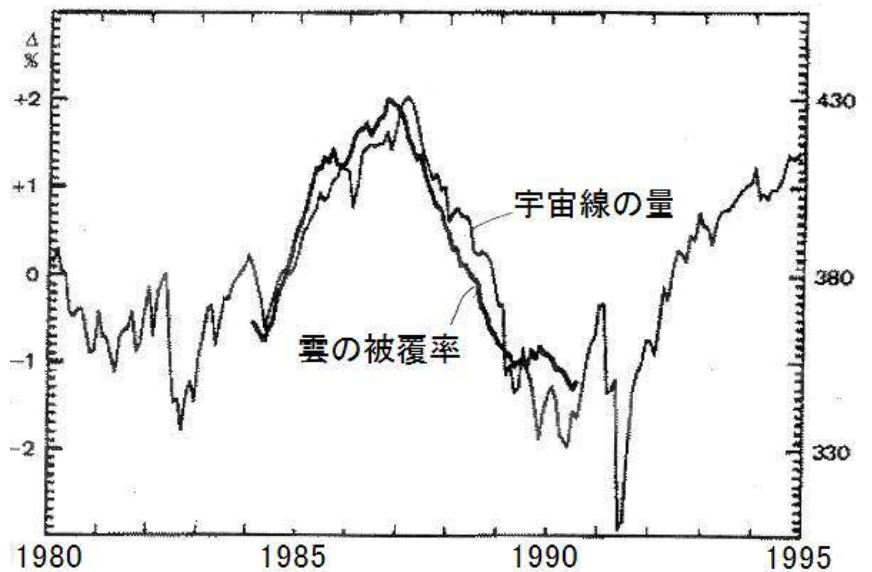
過度に飽和している蒸気中に、放射線や荷電粒子が入射すると、その軌道上にある窒素や酸素の気体分子と衝突して、その電子を跳ね飛ばし(電離させ)、イオンができます。水分子は極性をもつので、このイオンに引きつけられます。ゆえに、放射線の軌道に沿って、電離した気体分子が核となって、気体分子が集まり、液滴となって雲ができます。したがって、放射線の通った飛跡が、筋状の飛行機雲のように見ることができます。

気体を含むことのできる最大の蒸気の量を「飽和蒸気量」と呼びます。気体の温度が下がると、飽和蒸気量は減少し、気体中に留まれなくなった蒸気は液滴となります。ただし、液滴となるためには、中心となる核が必要です。通常は、大気中の細かい塵(ちり)や埃(ほこり)が核の役割を果たします。青空に伸びる飛行機雲は、飛行機のエンジンから噴きだす排気ガスの小さな塵を核にして、大気中の水分が次々とくっついて出来ていきます。

【問】雲の量は、どのようなときに増えると考えられますか？

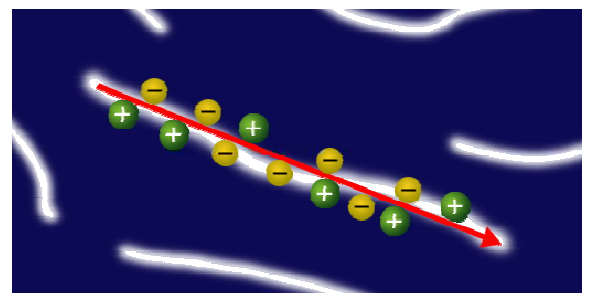
【参考文献】

Svensmark, Henrik; Friis-Christensen, Eigil (1997). "Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage—a missing link in solar-climate relationships". *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 59 (11): 1225-1232.



宇宙線量と雲量の相関変動

【引用】Svensmark & Friis-Christensen, (1997)



放射線の飛跡

【引用】拡散霧箱の原理

<http://www.kiribako-rado.co.jp/genri-m.html>

実践①－2 言語活動を生かした探究的な活動の授業モデルの提案

－化学の授業における効果的な言語活動の在り方とその評価の方法について－

1 はじめに

高等学校の化学では、理論化学における定量的な扱いを苦手とする生徒は少なくない。その一因は「文章を読み、科学的な視点から現象を捉える上で必要な想像力」や「数式や値から、現象を捉えたり説明したりする論理的思考力」の不足と考えられる。生徒にとってこれらの力は、化学の学習に限らず社会で生きる上でも必要となるものであり、学習指導要領の中で示されている「生きる力」の一部と言える。また、新学習指導要領では言語活動の充実が求められており、これは言語活用能力の育成が求められていると考えられる。言語活用能力は先に述べた想像力や論理的思考力の根底をなすものであり、言語活動の充実によって生徒の想像力や論理的思考力を育むことは特に重要な課題である。

一方で、生徒が言語活動を通じて身に付けた力を客観的に評価することは難しい。言語活動の充実は求められているものの、そこで育んだ言語活用能力の評価については十分な提案がなされているとは言い難い現状がある。平成24年6月に示された「言語活動の充実に関する指導事例集」においても評価規準を示すにとどまっており、より踏み込んだ評価手法については言及されていない。しかし、授業によって言語活用能力の向上を目指すには、それを客観的に評価し授業の工夫や改善に反映させることは不可欠な課題である。現在多くの高等学校において、授業における言語活動は手探りの中で進められているが、このような現状からも、言語活用能力の客観的評価方法についての検討は急務であると言える。

2 研究の目的

(1) 言語活動を効果的に取り入れる授業の在り方についての検討

東京大学大学院教育学研究科の藤村宣之教授の研究によれば、ことばによる思考力を向上させる方法として、各生徒が自身の既有知識と関連付けながら考えること、その多様な考えを授業場面で検討し合うこと、その集団的検討を個人の思考や理解の深化に生かすことを特徴とする協同学習が有効である。そこで本研究では、①生徒の多様な考えを喚起する発問、②多様な考えを比較検討する討論場面の組織、③個人が（討論の前後で）理解や論理的思考を深める個別解決時間の設定の三つを取り入れた協同学習を行うこととした。

(2) 言語活動を通じて向上した論理的思考力を、客観的に評価する方法の検討

客観的な論理的思考力の評価については、生徒に学習の成果を示すだけでなく、手探りの状態の高等学校での言語活動を取り入れた授業について、模索する上での材料とすることも目指している。そこで本研究では、継続的に言語活動を行いながら自由記述型課題にも取り組ませた。生徒の解答内容をフィードバックしながら生徒の科学的思考の幅を広げる指導に生かすとともに、その解答内容を概念的理解という視点から分析し、質的な違いを明らかにし、生徒の変容を見ることとした。

3 研究の方法

(1) 学習内容

第3学年理系の生徒41名を対象とした化学Ⅱ（旧学習指導要領）の授業において「気体の分子量測

定実験」を行った。この内容は既習事項であったため、まず実験の前時の授業において事前指導の時間を設け、実験原理や操作方法について確認した。分子量測定実験は理論化学分野の一部として学習するが、気体の分子や圧力といった肉眼で見ることができないものを扱うため、観察・観測した事実から原理・現象を人に説明したり、人から聞いた説明を具体的にイメージしたりするには、特に言語活用能力が必要である。また、数式を導出して知りたい値を求めたり、実験によって得られた値から何かを考察したりするには論理的思考力が必要である。さらにはグループごとに実験を行うことで、より生徒間のコミュニケーションを取りやすくできる。以上の理由から、この題材が本研究を行う上で有効な教材となり得ると考えた。

(2) 実験原理や操作内容を題材とした言語活動

ア 実践内容

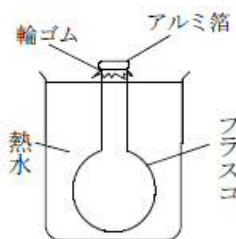
(ア) 各個人による考えを準備する時間の設定

本研究で取り組んだ実験の概略を次に示す。(詳細は資料参照)

次の実験の結果から、アセトンの分子量を有効数字2桁で求める。

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ L} \cdot \text{Pa} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

- ① 右図のアルミ箔、フラスコ、輪ゴムの質量を測った。
- ② フラスコに 約 5 mL のアセトンを入れた。
- ③ 右図のようにフラスコの口をアルミ箔と輪ゴムを用いてふたをし、針で小さな穴を開け、熱水中に深く浸した。
- ④ アセトンが全部蒸発したことを確かめ、熱水の温度をはかった。
- ⑤ フラスコを取り出し、放冷したのち外側の水をよくふきとり質量をはかった。
- ⑥ フラスコに水を満たし、その容量をはかった。
- ⑦ 実験時の大気圧を気圧計で測定した。



初めに、複数の実験原理や操作に関する質問(次ページ参照)に、他の生徒と相談させず自分だけで取り組ませた。この時間では、後のグループ内での比較検討場面が必要となる、各個人による多様な考えや表現を準備させることを目的とした。

(イ) グループ内での比較検討場面の設定

十分な時間を確保して個人による思考、解答をさせた後、グループ内で各自の解答を持ち寄り、議論させた。各グループは4名または5名で構成し、机の配置は互いに顔が向き合い会話がしやすい状況とした(図1)。その間授業者は机間指導を行い生徒の様子を観察したが、議論が活発にならないグループに対しては鍵となる着眼点のヒントを与えたり、議論が進んでいる他のグループの発言を拾い上げて伝えたりすることで、言語活動の活性化を図った。



図1 グループによる比較検討場面の様子

(ウ) 個別解決時間の設定

グループ内での比較検討場面を経た後、再度個人で思考する時間を設定し、解答をまとめさせた。言語活動の前後において個人による解答はそれぞれ別の欄を指定し、言語活動の前後における生徒の思考の質的变化を分析できるようにした。

イ 言語活動の評価

言語活動の前後における思考の質的变化の分析を行うにはノート分析や授業中の発話分析などから

評価する方法もあるが、授業中に発言しない生徒も含めて学習の成果としての論理的思考力を評価するには、自由記述型の問題に解答させ、記述内容を分析する方法が有効である。そこで藤村（2008）の方法を参考に、生徒の記述内容を水準Ⅰ、Ⅱの3水準に分類し、水準Ⅰの解答に0点、水準Ⅱの解答に1点、水準Ⅲの解答に2点を与える点数化を試みた。全ての質問に共通する基準として、該当する要因に着目した推理を行っている場合を水準Ⅰ、さらにメカニズムとして理解し、因果的統合による説明を行っている場合を水準Ⅱ、水準Ⅰを満たさない解答を水準Ⅲとして評価した。これにより問題の解答を正誤の判断のみで評価するような従来型の評価ではなく、新学習指導要領にもある観点別評価に基づいて生徒の力を客観的に評価することを試みた。特に説明を求める問題においては、このように生徒の解答を三つの水準に分類し、評価する方法が有効であると考えられる。

具体的な質問内容、解答の評価の観点、評価基準、評価結果は次のとおりである。評価結果は言語活動の前後でそれぞれ集計した。

質問 1	(はじめに入れるアセトンの量である) 5 mL は、「正確に 5 mL」でなければならないのか、「だいたい 5 mL」でよいのかどちらか。理由とともに答えよ。				
評価の観点	「知識・理解」				
評価基準	水準Ⅲ (2点)	水準Ⅰを満たしていることに加え、一定量以上であればフラスコに留まるアセトンの蒸気の量は変わらないことに言及している。			
	水準Ⅱ (1点)	アルミニウム箔の穴から余分なアセトンの蒸気は逃げていくことに着目している。			
	水準Ⅰ (0点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準Ⅲ (2点)	水準Ⅱ (1点)	水準Ⅰ (0点)	平均値 (点)
	言語活動前	6 (14.6%)	5 (12.2%)	30 (73.2%)	0.41
	言語活動後	22 (53.7%)	7 (17.1%)	12 (29.3%)	1.24

質問 2	(2回目のフラスコの質量測定について) なぜフラスコの質量は放冷後に測定しなければならないのか。説明せよ。				
評価の観点	「観察・実験の技能」				
評価基準	水準Ⅲ (2点)	水準Ⅰを満たしていることに加え、実験前後で測定した「フラスコの質量」には、空気の質量も含んでいることに言及している。			
	水準Ⅱ (1点)	1回目の質量測定と同じ温度条件にしなければ、不都合が生じる可能性のあることに着目している。			
	水準Ⅰ (0点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準Ⅲ (2点)	水準Ⅱ (1点)	水準Ⅰ (0点)	平均値 (点)
	言語活動前	0 (0%)	6 (14.6%)	35 (85.4%)	0.15
	言語活動後	5 (12.2%)	13 (31.7%)	23 (56.1%)	0.56

言語活動の前後で生徒の解答の質が向上している。質問2については空気の質量という概念がなければ説明できないため、水準Ⅲに至った生徒はやや少なかったが、測定値の差を求める際は条件を揃えるという科学的思考の基本的スタンスは獲得できた生徒が増加している。

質問 3	(アセトンを蒸発させる際に) フラスコの口を小さな穴の空いたアルミニウム箔で覆う理由を説明せよ。				
評価の観点	「思考・判断・表現」				
評価基準	水準Ⅲ (2点)	水準Ⅰの基準にある3点のうち、2点以上を組み合わせて複数の理由がある点に言及している。			
	水準Ⅱ (1点)	「フラスコ内の空気を追い出す」「フラスコ内をアセトンの蒸気のみで満たす」「フラスコの容積を超えた分のアセトンの蒸気を逃がす」の3点のうち、いずれか1点のみに着目している。			

	水準 0 (0 点)	水準 I を満たさない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準 II (2 点)	水準 I (1 点)	水準 0 (0 点)	平均値 (点)
	言語活動前	6 (14.6%)	15 (36.6%)	20 (48.8%)	0.66
	言語活動後	4 (9.8%)	20 (48.8%)	17 (41.5%)	0.68

質問 4	フラスコを直接ガスバーナーで加熱しない理由を説明せよ。				
評価の観点	「観察・実験の技能」				
評価基準	水準 II (2 点)	水準 I の基準にある 2 点を組み合わせて複数の理由がある点に言及している。			
	水準 I (1 点)	「アセトンを安全に加熱する」「フラスコ全体を均等に加熱する」の 2 点のうち、いずれか 1 点のみに着目している。			
	水準 0 (0 点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準 II (2 点)	水準 I (1 点)	水準 0 (0 点)	平均値 (点)
	言語活動前	0 (0%)	23 (56.1%)	18 (43.9%)	0.56
	言語活動後	5 (12.2%)	26 (63.4%)	10 (24.4%)	0.88

質問 5	アセトンが完全に蒸発した後も、2 分間フラスコを加熱し続ける理由を説明せよ。				
評価の観点	「思考・判断・表現」				
評価基準	水準 II (2 点)	水準 I の基準を満たした上で、フラスコ内の蒸気の温度をビーカーの水温と一致させる目的があることに言及している。			
	水準 I (1 点)	アセトンの蒸気の温度を、ビーカーの水温から間接的に測定している点に着目している。			
	水準 0 (0 点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準 II (2 点)	水準 I (1 点)	水準 0 (0 点)	平均値 (点)
	言語活動前	2 (4.9%)	0 (0%)	39 (95.1%)	0.10
	言語活動後	7 (17.1%)	0 (0%)	34 (82.9%)	0.34

質問 3 については、言語活動の前後での差は見られず、むしろ水準 II の数が減少している。原因として、着目すべき点が多過ぎ、生徒が質問の意図を十分理解できなかったことが考えられる。議論の際に各自で持ち寄った内容が多様であったことから自信を失って書かなくなったり、簡潔に説明することを諦めてしまったりした可能性もある。この結果は、授業者は単に生徒を話し合わせればよいというものではなく、ある程度着眼点などをタイミング良く与えることが必要であるということを示している。質問 4 については若干の上昇が見られ、質問 5 については水準 II の割合が大きくなったものの、グループ内での情報の共有に留まる生徒が多かったため、大きな上昇には至っていない。質問 3 の結果同様、授業者が他のグループの望ましい着眼点などを拾い上げ、クラス全体に紹介することの重要性が分かる結果である。

質問 6	デュマ法によって分子量測定が可能な物質の条件を考えよ。				
評価の観点	「知識・理解」				
評価基準	水準 II (2 点)	水準 I の基準となる二つの条件ともに、根拠も含めて説明ができてい			
	水準 I (1 点)	気体の密度が同条件の空気よりも大きい点、または常圧における沸点または昇華点が 100℃以下の物質であることを挙げている。			
	水準 0 (0 点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。			
評価結果 (人数)		水準 II (2 点)	水準 I (1 点)	水準 0 (0 点)	平均値 (点)
	言語活動前	10 (24.4%)	13 (43.9%)	13 (31.7%)	0.93
	言語活動後	24 (58.5%)	13 (31.7%)	9 (9.8%)	1.49

質問6については、グループワークを経て、水準Ⅱに移行する生徒の数が大幅に増加している。アセトンと同様の性質をもつ物質を考えるという点に着目すればよいと、生徒同士で教え合う効果がよく表れたと言える。

机の配置やヒントの与え方などの配慮の効果もあり、グループワークにおいては単に答えのみを教え合うのではなく、なぜその条件なのかという点について熱心に議論する生徒の姿が見られた。このような取組の継続により、自分の言葉や身振り手振りも交えながら考えを説明し合うことで、教えられる側だけでなく、教える側の概念理解も深まるようになればと思う。

(3) 実験結果の考察を題材とした言語活動

これまでの質問は操作手順の理由について考える内容であったが、ここからは実際に各グループが実験によって得られた分子量の値をどのように捉えるかという点を、言語活動の題材とした。

ここでは単にデータ（数値）を求めて終わりとするのではなく、得られたデータから何を考えるのかという科学的な探究心を育むことを目指した。これまでの生徒実験では、結果が理論値と異なったときに「失敗した」で終わらせる生徒が多いことが気になっていたが、これは生徒実験の目的が事実を追認するだけになっているためであると思われる。本校は大学の理系学部への進学を目指す生徒が多いが、大学入学後はそれぞれが大学の研究室等に配属され、まだ誰も結論の分からないことについて探究していくことになる。そこでさまざまな力が求められる中、最も重視されるのは実験により得られた結果に基づいて考察し、結論を導き出せる力、つまり論理的思考力である。また大学での研究は研究室の指導教員や仲間とディスカッションするプロセスも重要である。以上の理由から、ここでの言語活動は自然科学を志す生徒たちにとって特に大切な取組であると考えた。

生徒が求めた分子量が理論値とずれてしまうことは予想していたため、分子量が実験の測定値から計算によって間接的に得られている点に着目させ、自分のグループの結果が理論値とずれてしまった要因について考えさせた。分子量の計算には気体の状態方程式 $PV = (w/M)RT$ を用いており、分子量 M の値が理論値より上にずれたか下にずれたかによって考察する内容が変わるため、原因として考えられることを生徒が思いつくままに列挙するだけでは、科学的な考察にならない。したがってこの考察には一定の論理的思考が求められるので、言語活動の題材として適切ではないかと考えた。

生徒の実験結果の考察を評価した結果を次に示す。

評価規準	「思考・判断・表現」			
評価基準	水準Ⅱ (2点)	水準Ⅰの基準を満たした上で、測定値の大小のずれが分子量の計算結果にどう影響を与えたのか、矛盾のない説明ができています。		
	水準Ⅰ (1点)	測定した気体の体積、質量、絶対温度のうち、どれが自分たちのグループの求めた分子量の値のずれに影響を与えたのかを分析、説明している。ただし、説明と求めた分子量の関係に矛盾があるものは除く。		
	水準0 (0点)	自分の考えを表現することができない、もしくは無解答。		
評価結果 (人数)	水準Ⅱ (2点)	水準Ⅰ (1点)	水準0 (0点)	平均値 (点)
	8 (19.5%)	18 (43.9%)	15 (36.6%)	0.83

気体の体積 V 、質量 w 、絶対温度 T のうち、どの値の測定が分子量のずれに大きく関わったのかを考えることはできても、それを定量的な視点から検証する力にはまだ不足があることが分かる。今後も、普段の授業から継続的に数式から現象を読む機会を与えながら、この力の変化の追跡調査を行い、さらなる授業改善のヒントを探ることが必要であると考えた。

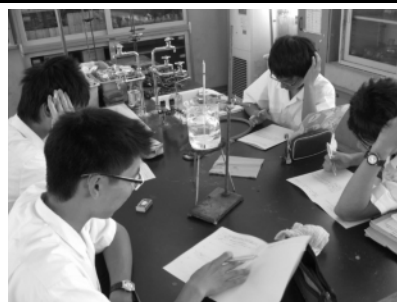


図2 実験後の考察の様子

4 評価の分析

(1) 言語活動の評価に関する分析結果

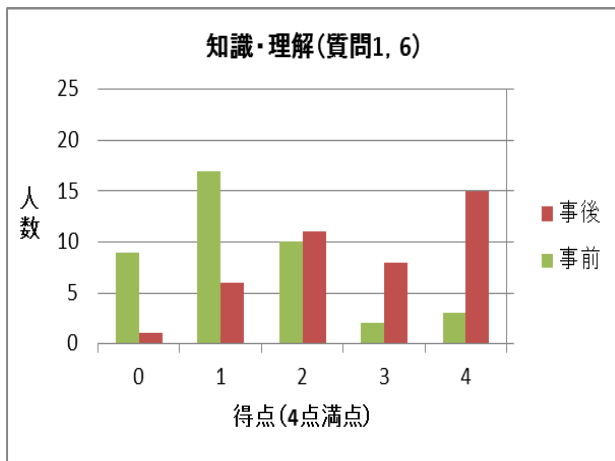


図3 「知識・理解」の得点分布

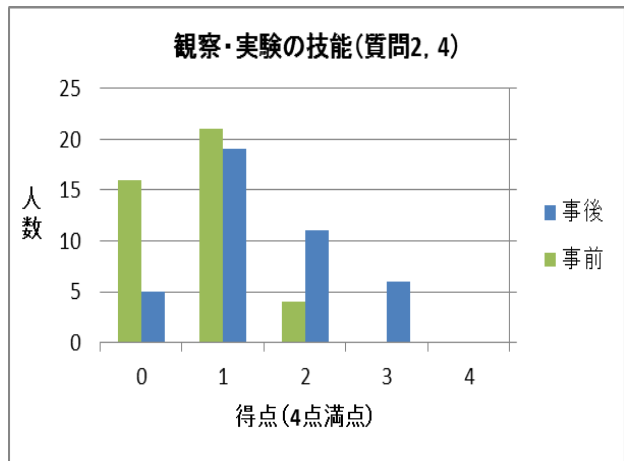


図4 「観察・実験の技能」の得点分布

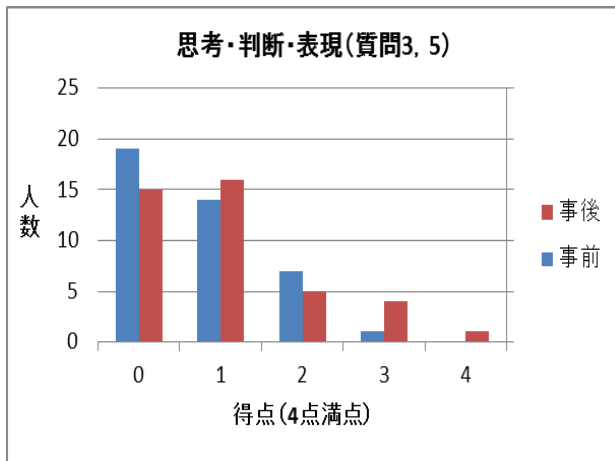


図5 「思考・判断・表現」の得点分布

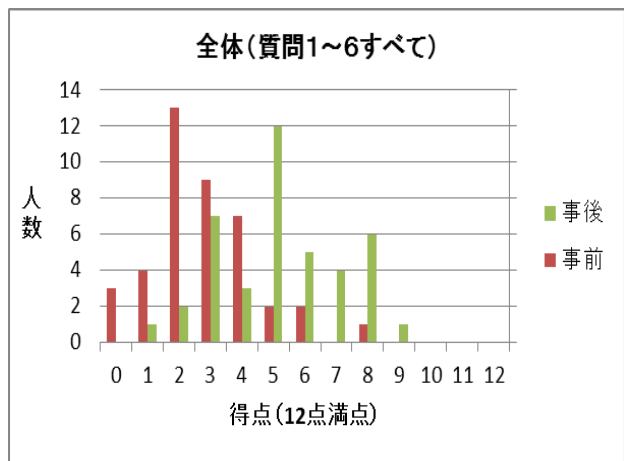


図6 全体の得点分布

ア 評価の観点別の得点分布（図3～5）

事前－事後の得点上昇は、「知識・理解」の方が「観察・実験の技能」や「思考・判断・表現」よりも顕著であった。「知識・理解」の質問は、ある着眼点に気付けば比較的容易に解答できたのに対し、「観察・実験の技能」や「思考・判断・表現」の質問は複数の着眼点に基づいた、論理的な思考や表現が求められたことが結果の差となって表れたのではないかと考えている。今回の取組における言語活動では「知識・理解」に関しては一定の成果が得られたものの、「観察・実験の技能」や「思考・判断・表現」に関しては質問のレベル設定等も含めた工夫・改善の余地があると考えられる。

イ 三つの評価の観点を合わせた、全体の得点分布（図6）

グラフを見る限り、言語活動が生徒の論理的思考力の向上に一定の成果を与えていることが分かる。先述のとおり本研究での言語活動にはまだ工夫の余地はあるものの、言語活動を授業に取り入れる方向性そのものは間違っていないと判断できる結果である。

(2) 言語活動の評価と、実験結果の考察の評価との相関性

ここまでは言語活動によって生徒の論理的思考力が高まるという点を報告してきたが、ここからは言語活動の評価と、実験結果を考察する力の関連を見るために比較を行った。前頁に報告したように実験結果の考察を水準Ⅱ，Ⅰ，Ⅰの3水準で評価し、水準ごとでまとめたグループを、言語活動の評価得点（事後，12点満点）の平均値で比較した。

実験結果の考察に関する評価 (人数)	水準Ⅱ (8人, 19.5%)	水準Ⅰ (18人, 43.9%)	水準Ⅲ (15人, 36.6%)
言語活動の評価得点の平均値 (事後, 12点満点)	5.75	5.44	4.60

水準ⅡとⅠのグループ間では平均値に大きな差はなかったが、水準Ⅲのグループとでは平均値に若干の開きがある。実験結果の考察において水準Ⅱや水準Ⅰを満たすには、定量的な思考とその過程の論理的な説明というハードルを超えなければならないので、水準ⅡおよびⅠのグループの平均値が高くなっている点は納得がいく。以上から本研究における言語活動は、科学的思考力の向上に少なからず影響を与えていると言えるのではないだろうか。しかしながら一方で、水準Ⅱ、Ⅰ、Ⅲのグループ間での評価得点の差が顕著とはいえない点を考えると、今回の取組からは効果があるとは言えない。したがって、今後も言語活動が科学的思考力を高める可能性について前向きに捉え、長期にわたっての継続的な実践を行いながら、より多くの検証材料を積み重ね、検討していく必要があると考えている。

5 今後の課題とまとめ

(1) 生徒のアンケート結果から見る本研究の成果と課題

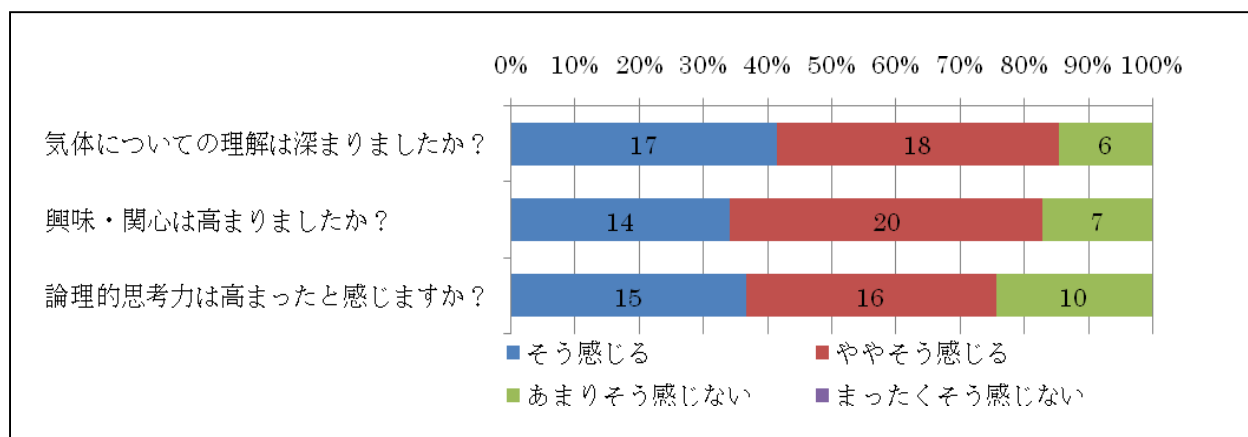


図7 生徒のアンケート結果

各質問ともに肯定的回答が7割を超えていることから、生徒の満足度は高かったことがうかがえる。生徒は実験をしたということだけでも楽しんで取り組めたと推測されるが、他にも理由として「結果について自分なりに考え、他人の考え方も聞くことによって自分の思考の幅や視点が広がったと思う」「実験結果の値がひどかった（大きく理論値とずれた）ので、どうしたら近づけることができるのか考えようとする意欲が高まった」「なぜだろうと思うことが授業よりも多かった」「ただ何となく計算問題を解いている、という感覚から脱却できた気がした」など、言語活動を取り入れる授業に対して肯定的な感想を理由に挙げてきた生徒も多く、一定の成果は得られたのではないかと考えている。

しかしその一方で「結局多くの疑問が残ってしまった」「考察（議論）する時間が短く結論が曖昧なまま終わってしまったので、十分な時間を取ってほしかった」等の感想もあり、時間設定の方法やグループワーク中の授業者の効果的な働きかけ方等において課題が残った。

(2) 今後の課題

ア 継続的な取組と、その効果の検証

既述の通り、今回は言語活動に軸足を置いて展開したが、生徒の力の評価分析結果からも分かる通り、十分に効果が得られたとはいえない。やはりより望ましい効果を得るためには、長期間にわたっ

て言語活動を取り入れる授業展開を模索することが必要であろう。しかし現実的には今回のような形ですべての授業を行うことは不可能であるため、継続的に実施していくならば言語活動を取り入れるポイントとタイミングを精選する必要がある。よって本研究の中で実施してきた言語活動のうち、どの要素がより効果を与えているのかを検証し、効果が高いと思われるものだけを普段の授業で少しずつ、継続的に取り入れていくのが現実的であろう。そのためにも言語活動が生徒に与える影響について、より深い考察が必要である。

イ 時間の設定や議論のポイントの提示

先述の通り、言語活動は単に話し合わせればよいというものではなく、他人の多様な意見や考えも参考にしながら自らの思考や理解を深めることが大切である。しかしグループワークの時間を設けても議論があまり進まず、結論があいまいなままに終わるグループも少なくなかった。原因としては時間の制限を意識できず無駄に時間を使ってしまうケースや、着目すべきポイントがグループの誰もが分からないために一向に議論が進まなかったケースもあった。それを解決するには、あらかじめ「今から 10 分間で結論を考えなさい」といった制限時間の設定や、グループでの議論に入る前に参考となる着眼点を提示しておくことが有効ではないかと考える。グループワークを活性化させるためには、ある程度オープンなアプローチが可能となる題材である必要があるが、今後は議論の前にポイントをうまく提示して議論の入り口を適度に狭めることで、望ましい結論に生徒が辿り着けるような工夫を講じなければならないと感じている。

(3) まとめ

今回の言語活動とその評価は一つのモデルケースとして報告させていただいたが、新学習指導要領の実施を受け、生徒の論理的思考力の育成と観点別評価は今後ますます重視されると思われる。学習内容が多い上に抽象的思考を要する場面も多い高等学校の理科教育において、言語活動を継続的に取り入れる時間的な余裕はないと感じる教員も多い。しかし、例えば各単元のまとめの際に発展的内容を扱う場面や、今回のように実験の考察の場面であれば少しばかりの余地はある。授業者が一方的に解説していく授業は、時間的効率がよく、生徒が誤った理解をするリスクも少ない。しかしはじめから授業者がすべてを解説してしまうことで、生徒が主体的に考えたり疑問に思ったりするような、科学的に物事を考える機会を奪ってはいないだろうか。授業者がはじめから丁寧に解説しづらい点はあるが、生徒の発言や気づきを上手に拾い上げ、望ましい結論に導く指導力がこれから求められてくるのではないかと考えている。

参考文献等

- 『教科連携型協同学習を通じた「ことばによる思考力」の育成』『第2回 博報「ことばと文化・教育」研究助成 研究成果論文集』藤村宣之（2008 財団法人博報児童教育振興会，pp. 31-46）
- 『数学的・科学的リテラシーの心理学—子どもの学力はどう高まるか』藤村宣之（2012 有斐閣）
- 『高等学校理科における読解力の育成に関する研究』愛知県総合教育センター（2007 第 47 回研究発表会第 3 部会）
- 『言語活動の充実に関する指導事例集（高等学校版）』（2012 文部科学省）
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/gengo/1322283.htm
- 『高等学校学習指導要領解説理科編』文部科学省編（2009 実教出版）

資料

化学 実験ワークシート

No.1

揮発性液体の分子量測定（デュマ法）

1 目的

気体の状態方程式を用いて、揮発性液体（今回はアセトンを使用）の分子量を求める。

2 実験前のグループワーク

- ・実験の前に、実験手順に関する以下の質問 1～6 に解答しなさい。ただし、解答にあたっては以下の手順で進めていくものとします。

- ① 人とは相談せず、自分だけで考えて解答（説明）を考え、記入する。
- ② 各自で準備した①の解答（説明）を基にグループで議論して、参考になった点があればメモ等を記録しておく。
- ③ 再度①と同様、自分だけで考えて解答（説明）を考え、記入する。

- ・質問 1～6 は別紙「実験ワークシート No.2」の「4 手順ならびに測定・記録」に関するものです。操作手順を参照しながら解答しなさい。

質問 1 4 (3)にある「5mL」は、「正確に 5mL」でなければならないのか、「だいたい 5mL」で良いのかどちらか。理由とともに答えよ。

①

②

③

質問 2 4 (7)にて、なぜフラスコの質量は放冷後に測定しなければならないのか。説明せよ。

①

②

③

質問 3 4 (3)にて, フラスコの口を小さな穴の空いたアルミニウム箔で覆う理由を説明せよ。

①

②

③

質問 4 4 (4)にて, フラスコを直接ガスバーナーで加熱しない理由を説明せよ。

①

②

③

質問 5 4 (5)にて, アセトンが完全に蒸発した後も, 2 分間フラスコを加熱し続ける理由を説明せよ。

①

②

③

質問 6 デュマ法によって分子量測定が可能な物質の条件を考えよ。

①

②

③

3 準備

(1) 器具

(ア) グループ毎に準備されるもの

- | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| ☐ 丸底フラスコ (×1) | ☐ 1L ビーカー (×1) | ☐ 温度計 |
| ☐ アルミニウム箔 | ☐ スタンド | ☐ 金網 |
| ☐ ガスバーナー | ☐ マッチ | ☐ 沸騰石 |

(イ) 教卓に準備されるもの

- | | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| ☐ 500mL メスシリンダー | ☐ 電子天秤 | ☐ 気圧計 | ☐ 駒込ピペット |
|--|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------|

(2) 試薬

- ☐ アセトン

4 手順ならびに測定・記録

(1) 乾燥した丸底フラスコにアルミニウム箔で蓋をし、針で小さい穴を 1 カ所開ける。

(2) (1)のフラスコの質量を電子天秤で測定する。

- ・ 乾燥した状態のフラスコの質量 $w_1 =$ [g]

(3) 丸底フラスコに約 5 [mL] のアセトンを入れ、アルミニウム箔で再度蓋をする。

(4) 1L ビーカーに水と沸騰石を入れ、丸底フラスコをアルミニウム箔が濡れない程度に深く浸し、加熱する。

(5) フラスコ内のアセトンが完全に蒸発した後、さらに 2 分間加熱を続け、一定温度を保つ (ガスバーナーの火力を調整)。その後、水温を測定する。

- ・ 測定温度 $t =$ [°C]

(6) 丸底フラスコをビーカーから取り出し、すぐに水で十分に冷やす。フラスコの外側の水分を完全に拭きとり、室温に戻す。

(7) 室温に戻した後のフラスコの質量を測定する。

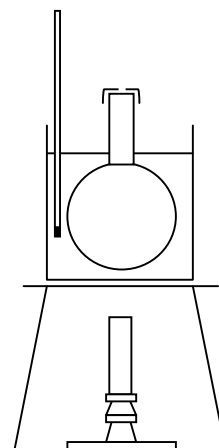
- ・ 実験後のフラスコの質量 $w_2 =$ [g]

(8) 丸底フラスコを水で満たし、その体積をメスシリンダーで測定する。

- ・ 体積 $V =$ [mL]

(9) 実験室の気圧を気圧計で測定する。

- ・ 圧力 $P =$ [Pa]



5 実験結果についての考察

(1) 得られた測定値および気体の状態方程式を用いて、アセトンの分子量を有効数字 2 桁で求めよ。

- (2) (1)で求めた分子量 M は、観察および測定の結果、得られた値を気体の状態方程式に代入して算出している。つまり、分子量 M の値は P , V , w , T の測定値から間接的に求めているため、仮に M の値が理論値とずれてしまった場合、その要因が P , V , w , T の測定にある可能性を考えねばならない。

そこで各グループの実験操作を振り返り、それが分子量 M の値に与える影響について考察しなさい。

- ① 相談せず、自分だけで考えて解答（説明）を考え、記入する。
- ② 各自で準備した①の解答（説明）を基にグループで議論して、参考になった点があればメモ等を記録しておく。
- ③ 再度①と同様、自分だけで考えて解答（説明）を考え、記入する。

①

②

③

実践② 観察，実験に言語活動を取り入れた授業改善の提案

－観察，実験を通して思考力・表現力を育てる生物の探究活動の実践－

1 はじめに

学習指導要領における理科の改善の基本方針には「科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から，学年や発達の段階，指導内容に応じて，例えば，観察，実験の結果を整理し考察する学習活動，科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動，探究的な学習活動を充実する方向で改善する。」とある。併せて，全ての教科で「言語活動の充実」が求められている。このような背景を踏まえ，講義等による授業で知識・理解を得ることと併せて，観察，実験や自然体験，科学的な体験を一層充実させたり，科学を学ぶことの楽しさや有用性を実感する機会を増やしたりする必要がある。また，その中で生徒が主体的に実験結果を分析し，討議等で考えをまとめて発表する学習活動を設けることも必要である。探究活動の取組と言語活動の充実により生徒が本来もっている力，従来の講義形式の授業だけでは発揮されにくかった力を上手に引き出す方法を本研究で考え，実践することとした。

2 研究の目的

これまでも本校ではさまざまな探究活動を授業で行ってきたが，ここ数年は生徒の学習に対する消極的かつ受け身の姿勢や，習得した知識から物事を判断する力や自分の考えを表現する力に課題があると感じている。そこで探究活動の課題を身近なものにしたり，観察，実験の結果等をじっくりと考察する活動を多く取り入れたりすることで，生徒が実験は楽しいだけでなく奥が深いということを感じられるようにした。今回の実践では，「顕微鏡操作」「光合成に関する探究」をテーマとした探究活動に工夫を加えた。ただ観察，実験に取り組ませるだけでなく，生徒同士または生徒と教師の関わりを重視し，言語活動として，仮説を立てたり考察したりする際に意見等を交換し合う場面や，それを踏まえて自分の考えをまとめる場面を設定した。

3 研究の方法と内容

(1) 科目・単元

生物基礎「探究活動の進め方」「生物と遺伝子」（教科書：数研出版「生物基礎」）

(2) 対象生徒

2年生文系3クラス（118名）

(3) 実施計画

探究活動の進め方

1 顕微鏡観察の基本操作	1時間（…実践1）
2 ミクロメーターによる測定	1時間（…実践1）
第1編 生物と遺伝子／第1章 生物の特徴	
1 生物の多様性と共通性	4時間
2 エネルギーと代謝	3時間
3 光合成と呼吸	6時間（…実践2）

※本校は1時限47分で授業を行っている。

(4) 授業の展開

ア 実践1 (47 分×2 時間)

過程	学習活動	指導上の留意点
導入 (5 分)	顕微鏡に接眼レンズ，対物レンズを装着する。	顕微鏡の基本操作を確認させ，一人1台ずつ，取り扱いに注意しながら組み立てさせる。
展開① (35 分)	- 自分の髪の毛を数本用意し，プレパラートを作成する。 - 髪の毛を観察し，感想や疑問点をまとめる。 - クラス全体の討議で，自分の考えを口頭で発表する。また，周囲の生徒の意見を聞き，必要に応じて自分の考えを修正しまとめ直す。	- 観察を進めながら，ペアや小グループでも討議させる。 - 挙手，教師の指名等を併用して生徒に発表させる。 - 同様の意見をまとめながら全体の意見等を共有させる。
展開② (15 分)	「髪の毛の太さを測る」という課題を解決するための手立てを考える。 - 考えた手立てを実践して，測定結果をまとめる。 - 展開①と同様に結果を口頭で発表するとともに他の生徒の考えを聞く。	- 測定がうまくいかない場合は，その原因に関するヒントを与える。 - 他に良い方法がないか，周囲の生徒と意見交換を行わせる。 - 同様の意見をまとめながら全体の意見等を共有させる。
展開③ (29 分)	- マイクロメーターを使用し，髪の毛の太さを測定する（図1）。 - 展開②で考えた方法との違いや，便利な点について考えながら観察に取り組む。 - 間違えやすいポイントを確認しながらミスをしないよう計算に取り組む。	- マイクロメーターがなぜ必要なのかを，普段使用している単位のmmとμmを比較して考えさせる。 - 他の生徒との髪の毛の太さを比較させながら，疑問点や気付いた点を確認させる。
まとめ (10 分)	- マイクロメーターの必要性について文章でまとめ，口頭で発表する。 - 事後アンケートで自己評価を行う。（資料3）	観察する前と観察した後で自分の考えがどう変化したか振り返らせる。



図1 顕微鏡で髪の毛の太さを測定している様子

イ 実践2 (47分×2時間)

過程	学習活動	指導上の留意点
導入 (5分)	・光合成の復習。	・葉に含まれる色素は光合成に欠かせないものであることを確認させる。
展開① (35分)	・ほうれん草などの葉を細かくちぎって乳鉢にいれ、すりつぶし、エタノールを加えて葉の抽出液をつくる(図2) ・ペーパークロマトグラフィー用のろ紙に鉛筆で原点を書き、その原点に抽出液をしみこませる。 ・展開液に20分程浸し、葉に含まれる色素を分離する。 ・分離したろ紙を観察し、分離した色素の色や数など気付いたことを周囲の生徒と意見交換する。 ・まとめた意見を口頭で発表する。	・二人で1班とし、実験を行わせる。 ・実験前にどんな色の色素が含まれるか予想を立てさせる。 ・葉に含まれる色素が分離した様子(輪郭)を鉛筆でなぞらせる。 ・いくつの色素が分離したか、葉の色から観察した色素が予想できたかなど、隣の班と意見を交換させ自分の考えをまとめさせる。 ・挙手、教師の指名等を併用して生徒に発表させる。ペアや小グループでも討議させる。 ・同様の意見をまとめながら全体の意見等を共有させる。
展開② (15分)	・「光合成に使われる光の色は何色か」という課題に対して、自分の仮説を立てる。 ・仮説を立てた理由を口頭で発表する。	・立てた仮説、理由について、考えを具体的に表現するよう促す。 ・同様の意見をまとめながら全体の意見等を共有させる。
展開③ (29分)	・分光器を使って吸収される光の色を観察し(図3)、光合成に利用される光の種類を確認する。	・分光させることで(太陽の)光に種類(色)があることを理解させる。 ・見えている光と吸収する光の関係を考えさせる。 ・余裕のある生徒には蛍光灯や電球などの光を分光し、見え方の違いを考察するように指導する。
まとめ (10分)	・光合成に利用される光の種類や見えている光の種類との関係について、自分の考えを文章でまとめる。 ・事後アンケートで自己評価を行う。(資料4)	・観察する前と観察した後で自分の考えがどう変化したかを記述させる。



図2 抽出液を作る



図3 分光の様子

(5) 評価規準

ア 実践1

項 目	関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	知識・理解
単元の評価規準	接眼マイクロメーター1目盛の表を作成する方法に関心をもち、意欲的に探究しようとしている。	接眼マイクロメーターや対物マイクロメーターを使う理由について考察し、考えを表現している。	細胞の大きさを測るための操作を正しく行って観察し、結果を的確に記録・整理している。	顕微鏡やマイクロメーターの基本操作について理解し、知識を身に付けている。
評価区分A 十分満足できる	表の作成だけでなく倍率と接眼マイクロメーター1目盛との相関性に触れた記述がある。	理由について、「ピント」に触れた考察が書かれている。	目的を果たすための手段を意欲的に探究し、安全かつ十分な取組ができています。	観察で取り組んだ基本操作を理解し、データを正確に扱うことができる。
評価区分B おおむね満足できる	表の作成ができている。	「ピント」というキーワードは無いが考察が書かれている。	道具を適切に使い、安全に取り組んでいる。	観察で取り組んだ基本操作を理解できている。
評価区分C 努力を要する	表の作成ができていない。	考察が書かれているが考えがまとめられていない。	安全に取り組んでいるが操作等に誤りが見られる。	観察で取り組んだ基本操作が理解できていない。

* 知識・理解の状況を確認するために行った小テストの内容は次の通りである。

1 顕微鏡・マイクロメーターの操作について、以下の問いに答えよ。

(1) 下の文章中の空欄を埋めよ。

- A) 顕微鏡を(①) ところに置く。
- B) (②) レンズ, (③) レンズの順番に取り付ける。
- C) 接眼レンズをのぞきながら、反射鏡を動かし、視野の明るさを調節する。観察するプレパラートをステージの上にのせ、クリップで押さえる。
- D) (④) から見ながら調節ねじを回して、対物レンズの先端をプレパラートに近づける。
- E) 次に接眼レンズをのぞき、調節ねじを回して対物レンズを(⑤) ながら、焦点を合わせる。

(2) 髪の毛の太さを測定するため、接眼マイクロメーターをセットして測定したところ、接眼マイクロメーター8目盛り分だった。同じ倍率で接眼マイクロメーターと対物マイクロメーター(1目盛り=10 μ m)をセットして観察したところ、接眼マイクロメーター5目盛りと対物マイクロメーター6目盛りが一致した。

- ①接眼マイクロメーター1目盛りは何 μ mか。
- ②髪の毛の太さは何 μ mか。
- ③接眼レンズはそのまま、対物レンズを40倍にかえた場合、接眼マイクロメーターの1目盛りは大きくなるか小さくなるか、どちらか。

イ 実践2

項 目	関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	知識・理解
単元の 評価規準	分離された色素や吸収された光の種類に関心を持ち、意欲的に探究しようとしている。	葉に含まれている色素の色と吸収する光の種類との関係性について考察し、考えを表現している。	色素の分離や吸収光を調べるための操作を正しく行なって実験し、結果を的確に記録・整理している。	色素の分離方法の基本操作や、植物が吸収する光の種類について理解し、知識を身に付けている。
評価区分A 十分満足できる	分離した色素の名称を図説で調べたり、分光の様子をスケッチ等で示したりしている。	自分の考えが表現できているとともに、日常生活と関連付けた発展的な記述がある。	色素の分離で使用する葉の色について意欲的に探究し、安全に取り組んでいる。	観察で取り組んだ基本操作を理解し、観察の結果を適切に扱うことができる。
評価区分B おおむね満足できる	分離した色素の色や感想等が文章で書かれている。	自分の考えを表現できている。	道具や薬品を適切に使い、安全に取り組んでいる。	観察で取り組んだ基本操作を理解できている。
評価区分C 努力を要する	図説をそのまま写すなど、探究する姿勢に乏しい。	自分の考えを表現することができない。	安全に取り組んでいるが操作等に誤りが見られる。	観察で取り組んだ基本操作が理解できていない。

* 知識・理解の状況を確認するために行った小テストの内容は次の通りである。

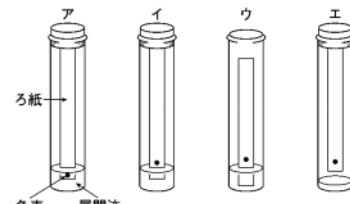
1 次の文章は、ハウレンソウから光合成色素をペーパークロマトグラフィーで分離する実験の手順を述べたものである。

(1) 文章中の(a)に入る語、および(b)に当てはまる記号をそれぞれ答えよ。

ハウレンソウの葉片を乳鉢に入れ、(a)を加えて乳棒ですりつぶして色素を抽出する。次にこの色素抽出液を、ガラスの毛細管を用いて細長いろ紙の1点につけて乾かす。このろ紙を右図の(b)のように大型試験管に入れて密閉し、展開液を用いて色素を分離する。

(2) 植物の光合成に使われないのは何色の光か。次のア～エから全て選べ。

ア 緑色 イ 赤色 ウ 青紫色 エ 黄色

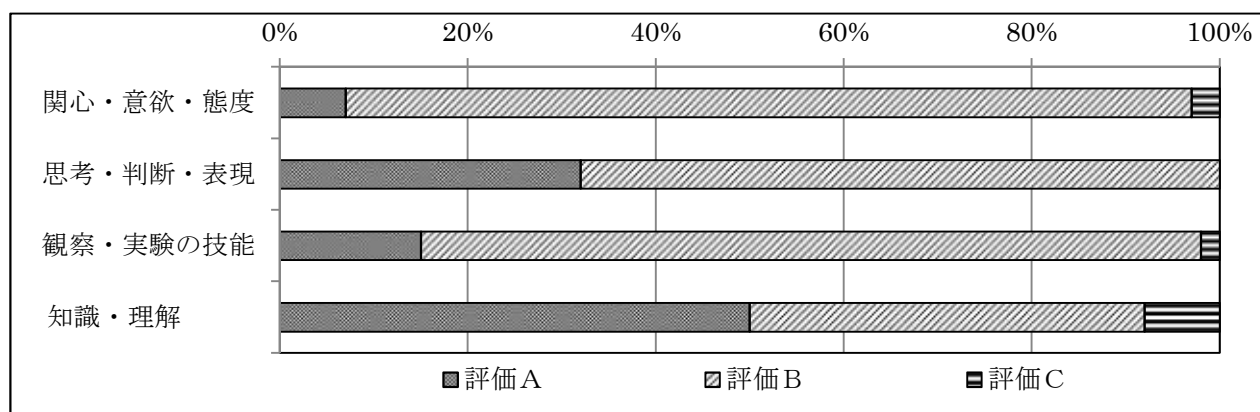


出典：『トライアル生物Ⅱ』数研出版株式会社

4 研究結果

(1) 設定した評価規準に対する生徒の割合

ア 実践1



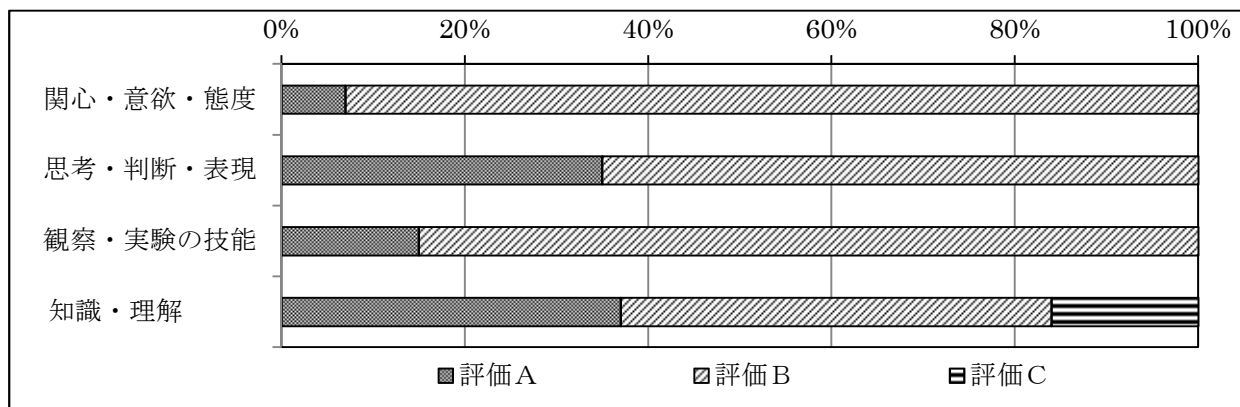
「関心・意欲・態度」については目指す生徒像を基準として考えたため、意欲の示し方、書いたり話したりする量や表現方法などのハードルを高くした結果、「A」の生徒の割合が少なくなっているが、取組としてはほとんどの生徒が前向きであり、今後の生徒のレベルの向上を期待できる手応えを感じた。

「思考・判断・表現」では、さまざまな言語活動を通じ「同じ意味を表す異なった表現」や「似ているが意味が異なる表現」があることに気付き、自分の思考の幅を広げることができた生徒が予想以上に多く見られた。このような生徒が増えると言語活動の幅もさらに広がりを見せるのではないかと感じた。

「観察・実験の技能」は実験の経験不足もあったため、「A」の生徒の割合が少なくほとんどが「B」であるが、今後の経験の積み重ねによって改善されると感じている。

「知識・理解」については、小テストで特に知識として定着させたい問題である「1(2)」の「①接眼マイクロメーター1目盛りは何 μm か。」「②髪の毛の太さは何 μm か。」「③接眼レンズはそのまま、対物レンズを40倍にかえた場合、接眼マイクロメーターの1目盛りはどうなるか。」で、正答率はそれぞれ60.5%、60.5%、71.0%となった。

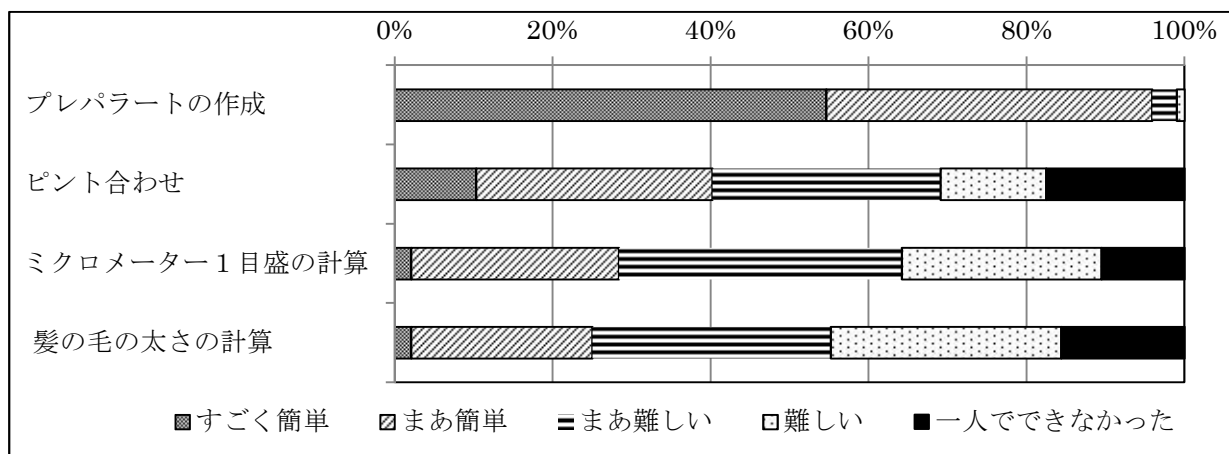
イ 実践2

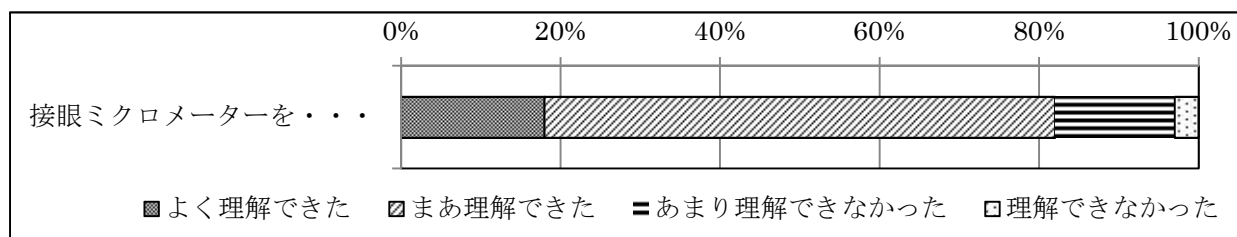


「関心・意欲・態度」と「観察・実験の技能」については、実践1と同様のことが言える。また、「思考・判断・表現」については、実践1以上に生徒の表現の幅の広がりを感じることもできた。さまざまな言語活動の場面を設定することで、それぞれの生徒に自分の言葉で表現する姿勢が身についてきたことがうかがえた。「知識・理解」については、小テストで特に知識として定着させたい内容の「1(2)植物の光合成に使われないのは何色の光か」で、正答率が39.4%であった。問題の内容を再考する必要もあるが不注意による誤りも目立ったため、生徒に問題を最後まで丁寧に読ませるよう指導していきたい。

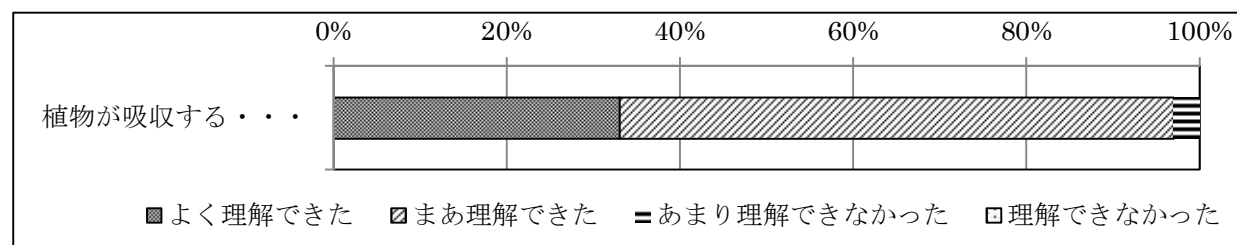
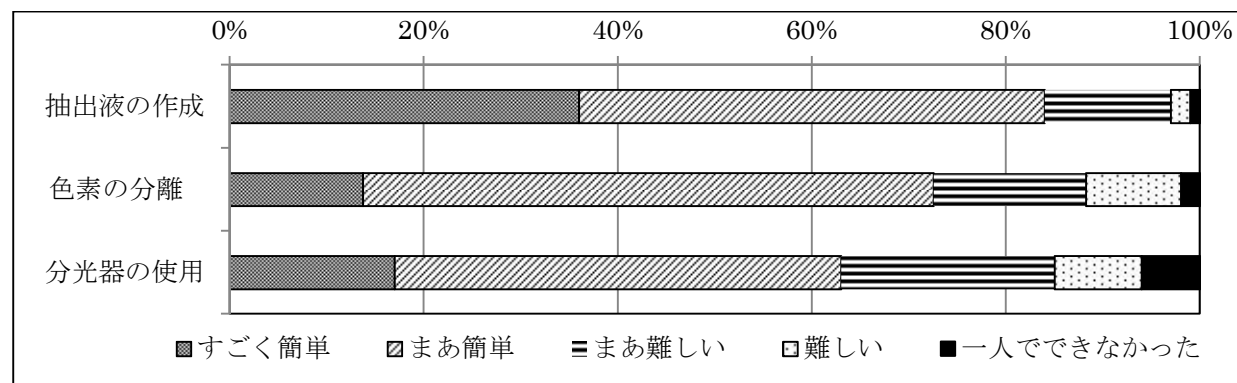
(2) 生徒の事後アンケートの結果

ア 実践1





イ 実践2



(3) 生徒の自由記述

次のような内容の記述が見られた。生徒の純粋な驚きや前向きな姿勢から、今後のさらなる変容が期待される。

ア 実践1

(ア) 「関心・意欲・態度」に関連した内容

- ・ 実験器具の使い方を知らないとなスムーズに観察できないと思った。

(イ) 「思考・判断・表現」に関連した内容

- ・ 普段見ている1mmは、細胞の世界ではとても大きいのだと思った。
- ・ 自分の髪の毛が意外と太かった。人それぞれで太さや色が違って驚いた。

(ウ) 「知識・理解」に関連した内容

- ・ 初めて顕微鏡を本格的に使って観察したので、顕微鏡の仕組みを知ることができた。
- ・ 細かい目盛りの定規（マイクロメーター）に驚きました。

(エ) 「観察・実験の技能」に関連した内容

- ・ 一度ピントを合わせると、あとはレボルバーを回すだけでどの対物レンズでもだいたいピントが合うということに驚きだった。
- ・ ピントをうまく合わせるのに時間がかかってしまい、じっくり観察できなかった。

自由記述欄から、顕微鏡の基本操作であるピント合わせに苦労している生徒が予想以上に多かったことが分かった。中学までの学習活動において、一人で顕微鏡を操作したことがない、または積極的に取り組める環境が整っていないなどの理由が考えられる。ピント合わせに時間がかかったため、接眼マイクロメーター1目盛分の計算ができなかった生徒や、マイクロメーターを使用する理由に気付かなかった生

徒もいたため、もっと積極的に顕微鏡を使用し基本操作を身に付けさせるよう指導していきたい。

イ 実践2

(ア) 「関心・意欲・態度」に関連した内容

- ・ 紫外線の名前の由来は、紫色の光に関係があるのかと思った。
- ・ 自分の考えと違う答えだったので、まだ知らないことがたくさんあるのだなと思った。

(イ) 「思考・判断・表現」に関連した内容

- ・ 葉緑体が光エネルギーを吸収して光合成するのは知っていたが、吸収される光の色がこの実験を通じてよく分かった。他の植物でも同じ結果になるのかと疑問に感じた。
- ・ 葉が緑色をしているので、緑色を吸収していると思ったら違って驚いた。

(ウ) 「知識・理解」に関連した内容

- ・ 私たちの目に入ってくる光は反射した色であることが分かった。
- ・ 秋になるとクロロフィルが無くなって、赤や黄色の葉の色になることが分かった。

(エ) 「観察・実験の技能」に関連した内容

- ・ この方法で葉に含まれる色素が一つずつ分離できることに感動した。
- ・ 分光器を使うと一目で吸収している光の種類が分かることに魅力を感じた。

この実践では「植物の吸収する光の色」の答えがはっきりと分かるため、生徒はよく理解できていた。ただし、「見えている色＝吸収する色」という生徒の常識が否定されるため、植物が吸収する光の色について、理解はできても納得できなかった生徒もあり、そのことを「実験が難しい」という言葉で表現する生徒もいた。また、自由記述欄から、光に色があることを初めて知った生徒が多いことが分かり大変驚いた。今後は、中学校で学習している内容との接続に留意して実験を行いたい。

5 研究結果のまとめと今後の課題

事後アンケートでは多くの生徒が「実験の内容を十分理解した」と答えていた。しかし、観察、実験の結果を正しく考察し表現できた生徒は40%程度にとどまってしまった。生徒と教師の「理解」の捉え方に多少の開きがあったのではと感じた。また、実験のテーマが明確であれば、「実験が分かりやすい」、「取り組みやすい」と表現し、テーマが分かりにくいと「実験が難しい」と表現する生徒が複数いた。普段、学習に取り組む態度が受け身である生徒達が増える傾向にある以上、なるべくテーマは身近で分かりやすいものがよいと感じた。その一方で「実験が難しい」という言葉で表現した生徒に対して、「簡単・難しい」という判断をした理由と一緒に書かせる指導を行う必要があると痛感した。

当たり前のことであるが、生徒はテーマが理解できると積極的かつ自発的な姿勢で実験に取り組む。今回の実践では同じ疑問点をもつ生徒同士が共同して実験を行う様子もうかがえた。これから行うDNAの抽出実験や細胞分裂の観察にもテーマを設定し、生徒が積極的に実験に参加したり、深く考えようとする意識を育む工夫を加えたい。こうやって継続的に生徒の科学的な思考力の向上や言語表現の改善がみられたりするよう、今後もテーマの設定や材料の工夫を行っていきたい。

参考文献等

- 『思考と表現を一体化させる理科授業』 猿田祐嗣・中山迅（東洋館出版社）
- 『中等教育資料 平成24年7月号』文部科学省（ぎょうせい）
- 『評価規準の作成，評価方法などの工夫改善のための参考資料（高等学校 理科）』

（2012 国立教育政策研究所教育課程研究センター）

顕微鏡操作と細胞の大きさの測定方法

(目的) 顕微鏡の扱いに慣れる。細胞の大きさの測り方を理解する。

1 実験方法

〔準備〕

材料：髪の毛・タマネギ・オオカナダモ

薬品：なし

器具：顕微鏡、セロテープ（カバーガラス）、スライドガラス

(), ()

＜顕微鏡の操作＞

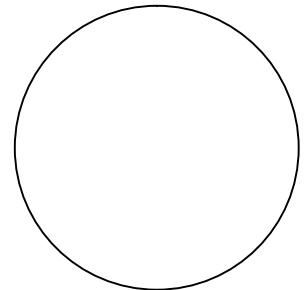
- (1) 顕微鏡を直射日光の当たらないところに置く。
- (2) 接眼レンズ（ $\times 15$ ）、対物レンズ（ $\times 10$ ）の順番に取り付ける。
- (3) 接眼レンズをのぞきながら、反射鏡を動かし視野の明るさを調節する。
- (4) 髪の毛をスライドガラスに乗せ、セロテープで留め、プレパラートを作る。そのプレパラートをステージの上にのせ、クリップで押さえる。
- (5) 横から見ながら調節ねじを回して、対物レンズの先端をプレパラートに近づける。次に接眼レンズをのぞき、調節ねじを回して対物レンズを遠ざけながら、焦点を合わせる。

2 結果

- (1) 接眼レンズ $\times 15$ 、対物レンズ $\times 10$ で髪の毛の観察し、スケッチをする。

* 顕微鏡で観察した髪の毛の様子：

.....
.....



思考学習

髪の毛の太さを測りたい。どうすればよいか。いろいろ試してみよ。

試した方法①：

○・× 理由

試した方法②：

○・× 理由

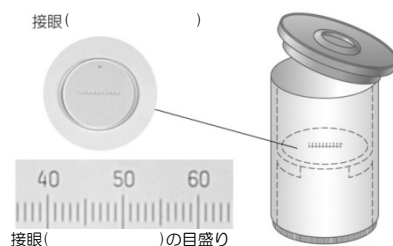
試した方法③：

○・× 理由

結論

<髪の毛の太さの測定>

- (1) 接眼()を接眼レンズ内に入れる (右図参照)。
- (2) 目盛りを読み、髪の毛の太さを測る。
- (3) 対物()をステージに載せ、接眼()
1目盛の長さを計算し、以下の表を完成させる。



出典『新課程対応版 スクエア
最新図説生物』第一学習社

	対物レンズ	
	× 1 0	× 4 0
接眼レンズ × 1 5	μm	μm

- (4) 計算した接眼() 1目盛の長さを使って、髪の毛の太さを計算する。次に、他の細胞 (タマネギ・オオカナダモ・ツユクサなど) の大きさを測定せよ。

試料名	倍率		接眼()		細胞の大きさ(μm) (太さ)
	接眼	対物	1目盛の長さ(μm)	目盛数	
髪の毛					

3 考察

- (1) なぜ接眼マイクロメーターを使って細胞の大きさを測るのか。理由を説明せよ。

.....

- (2) 高倍率にすると接眼マイクロメーターの1目盛の長さはどうなるか。またその理由を考え説明せよ。

.....

- (3) (2)以外のことで、さまざまな倍率で観察したときに気付いたこと。

.....

- (4) この実験を通じてわかったこと、気付いたこと、新たに生じた疑問など。

.....

.....

.....

.....

葉の色素の分離と吸収される光の種類

(目的) 葉に含まれている色素や、植物は何色の光を吸収しているかを調べ、植物の代謝と太陽光との関係性を理解する。

1 実験方法

〔準備〕

材料：ほうれん草などの柔らかい葉

薬品：抽出液（エタノール）、展開液（キシレンなど）、シリカゲル

器具：乳鉢、乳棒、ビーカー、試験管、試験管立て、ペーパークロマトグラフィー用のろ紙、ガラス毛细管、簡易分光器

- (1) 葉を細かくちぎって乳鉢にいれ、すりつぶし、エタノールを加えて抽出液をつくる。
- (2) ろ紙の下から 2 cm のところに鉛筆で線を引き、線の中点を原点とする。(1)で作った抽出液をガラス毛细管で原点にしみこませる。しみ込ませる作業を何度も繰り返す。
- (3) ろ紙の原点を下にして、ろ紙の原点が展開液につからないように浸す。
- (4) ろ紙の上まで展開液がしみ込んだらろ紙を試験管の中から取りだし、展開液が上昇した上端部分と分離した色素の輪郭を鉛筆でなぞる。

2 観察結果 …ろ紙を貼る、またはスケッチする

植物名 ()

観察して気付いたこと

思考学習

植物は何色の光を吸収しているのだろうか。下の①～④から仮説を選び、選んだ理由を答えよ。

- ① 吸収する光の色は植物の色と同じで_____色
- ② 吸収する光の色は植物の色と異なり、_____色
- ③ 吸収していない。 ④ その他 ()

仮説

理由

それぞれの仮説に基づき、それぞれの植物が吸収する光について観察し、結果をまとめよ。

- (1) エタノールを加えて作った抽出液をろ紙でこし、透明な液体にする。抽出液の色が濃いとうまく分光できないので、エタノールで薄める。
- (2) 簡易分光器を使って（なければ自作する）、それぞれの抽出液をみる（分光する）。エタノールだけについても分光する。
- (3) 抽出液を分光したときの観察を記録する。

	1	2	3
植物・溶液名			エタノール
観察結果 (写真や スケッチ)			

3 考察

- (1) エタノールを分光するのはなぜか。

.....

- (2) 簡易分光器を使ってそれぞれの抽出液を分光した結果から、どのようなことが考えられるか。

.....

.....

- (3) 吸収した光は何に使われていると考えられるか。

.....

- (4) この実験を通じて分かったこと、気付いたこと、新たに生じた疑問など。

.....

.....

.....

.....

資料3

4 自己評価と感想（実践1：マイクロメーターについて）

実験前について教えてください

(1)この実験の印象について

1：すごく簡単そう

2：まあまあ簡単そう

3：まあまあ難しそう

4：すごく難しそう

5：難しすぎて一人ではできそうもない

項 目	自己評価	自由記述欄
髪の毛のプレパートの作成		
ピント合わせ		
1目盛の長さの表の作成		
髪の毛の太さの測定		

実験後について教えてください

(2)この実験をやってみて

1：すごく簡単だった

2：まあまあ簡単だった

3：まあまあ難しかったけどできた

4：難しいけどなんとかできた

5：一人でできなかった

項 目	自己評価	自由記述欄
髪の毛のプレパートの作成		
ピント合わせ		
1目盛の長さの表の作成		
髪の毛の太さの測定		

実験をする前と実験をした後の両方について教えてください

(3)実験実施前と実施後の理解度について

1：よく理解できた（できていた）

2：まあまあ理解できた（できていた）

3：あまり理解できなかった（できていなかった）

4：よく理解できなかった（できていなかった）

項 目	自己評価		項 目	自己評価	
	前	後		前	後
思考学習			考察(1)		
接眼マイクロメーター1目盛の計算			考察(2)		
髪の毛の太さの計算			考察(3)		

(4)実験（探究活動）を通して気付いたこと、今後の工夫点など。

.....

.....

.....

2年 組 番 氏名

資料 4

4 自己評価と感想（実践 2：葉の色素の分離と吸収する光の種類）

実験前に教えてください

(1)この実験の印象について

- 1：すごく簡単そう 2：まあまあ簡単そう 3：まあまあ難しそう
4：すごく難しそう 5：難しすぎて一人ではできそうもない

項 目	自己評価	自由記述欄
使用する植物を選ぶこと		
抽出液を作ること		
色素を分離すること		

実験後に教えてください

(2)この実験をやってみて

- 1：すごく簡単だった 2：まあまあ簡単だった 3：まあまあ難しかったけどできた
4：難しいけどなんとかできた 5：一人でできなかった

項 目	自己評価	自由記述欄
使用する植物を選ぶこと		
抽出液を作ること		
色素を分離すること		

実験をする前と実験をした後の両方について教えてください

(3)実験実施前と実施後の理解度について

- 1：よく理解できた（できていた） 2：まあまあ理解できた（できていた）
3：あまり理解できなかった（できていなかった） 4：よく理解できなかった（できていなかった）

項 目	自己評価		項 目	自己評価	
	前	後		前	後
色素の分離の仕組み			考察(1)		
思考学習			考察(2)		
			考察(3)		
			考察(4)		

(4)実験（探究活動）を通して気付いたこと、今後の工夫点など。

.....

.....

.....

2年 組 番 氏名

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耳にする。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える。

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ませた。

(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

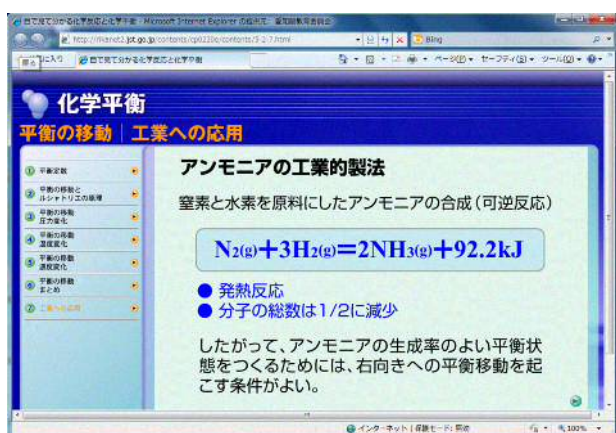
(ウ) 今回、論述問題を解くときにどのように解くことが多かったですか

(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、それを通し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. α -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]

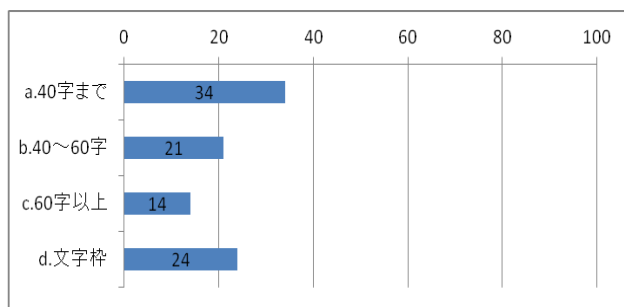
問題番号12. シリカゲルが乾燥材になる理由(20文字) [多孔質表面積]

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)

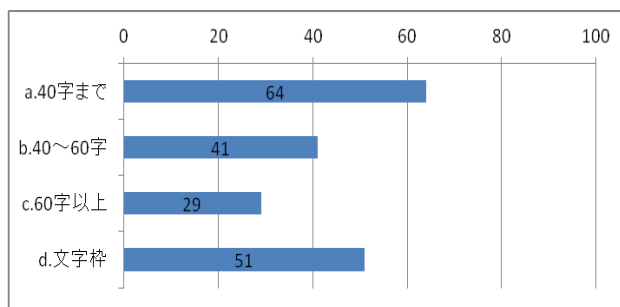
[光合成, 食糧資源]

イ 字数制限による解答の傾向

(ア) 「a. 書くことができた」 (%)

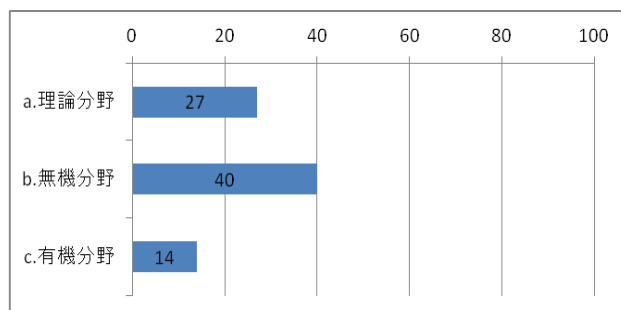


(イ) 「a. 書くことができた」 「b. ヒントがあれば書くことができた」 を合算した割合 (%)

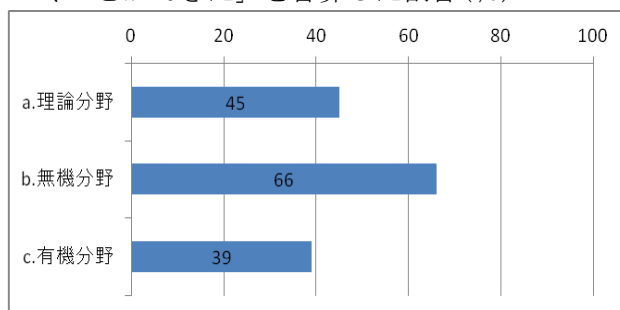


ウ 分野の違いによる解答の傾向

(ア) 「a. 書くことができた」 (%)

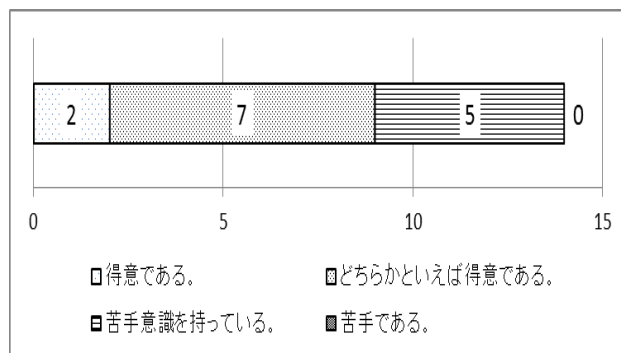


(イ) 「a. 書くことができた」 「b. ヒントがあれば書くことができた」 を合算した割合 (%)

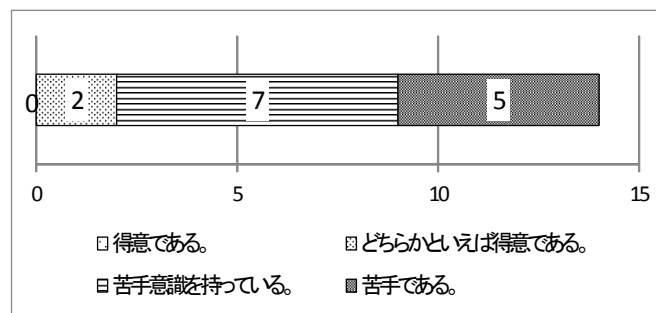


エ アンケートの結果 (人数)

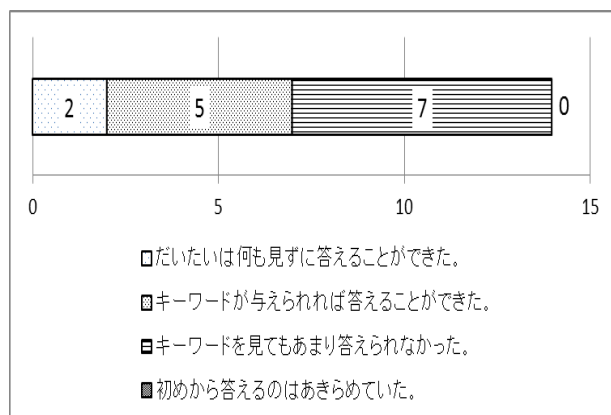
(ア) 化学は得意ですか



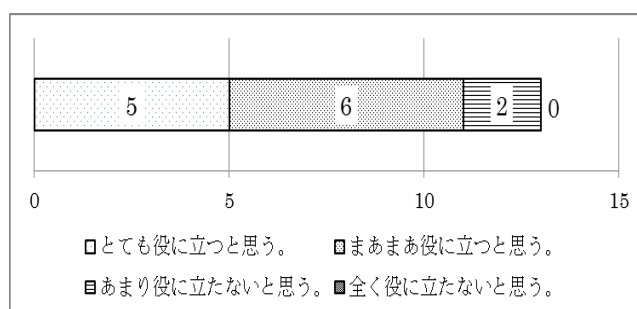
(イ) 論述問題は得意ですか



(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)

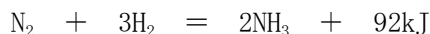
番号	理 由
1	・化学を学ぶ上で重要なことばかりだと思う。 ・自分が分かっていると思っても実は全然理解できていないということがあり、いざ問題を解く時に言葉が出てこないという経験をしたので、役に立った。 ・毎回の授業で数多くの問題に触れて、だんだん書けるようになってきた。
2	・頭で分かっているけど、文章で説明できるものとできないものを見つけることができた。 ・二次試験の役に立つから。 ・大学で化学を学ぶためには必要な知識ばかりだから。
3	・進学したい大学の過去問に記述が無かったから。 ・もう大学受験では化学をしないから。
4	なし

(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

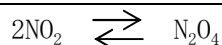
ハーバー法の原理は次の熱化学方程式で説明できる。



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 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 ₂ 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。

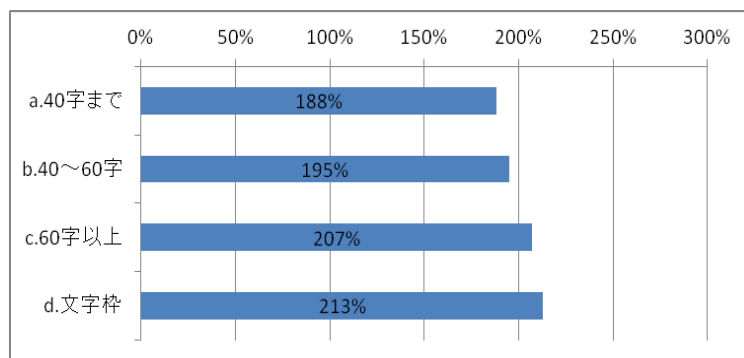
5 研究のまとめ

(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

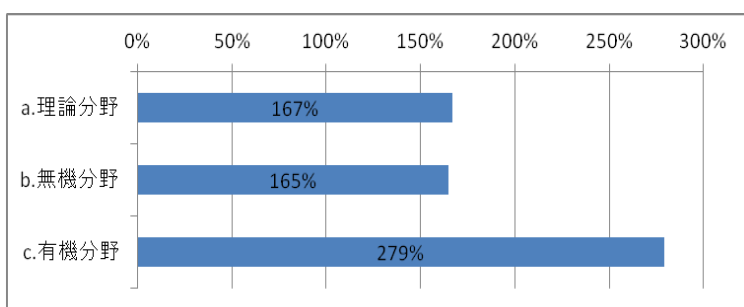
字数が制限されている場合とされていない場合のキーワード効果の違いや、字数制限の場合は 40 字以下と 40 字から 60 字、それ以上の場合について傾向を確認するとともに、効果的な指導法について考察した。下のグラフは、キーワードを与えられたことによって正解までたどり着いた生徒がどれだけ増加したか（4 (1) イにおける $((イ)/(ア)) \times 100$ ）を表したグラフである。正答率については文字数が増えるにつれて正解の割合が減少したが、キーワードを与えたことによって、正答者の数は字数にあまり関係なく約 2 倍に伸びるという結果となった。



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ませることによって、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にならず、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、言語活動を通した思考力・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した思考力・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. α -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。

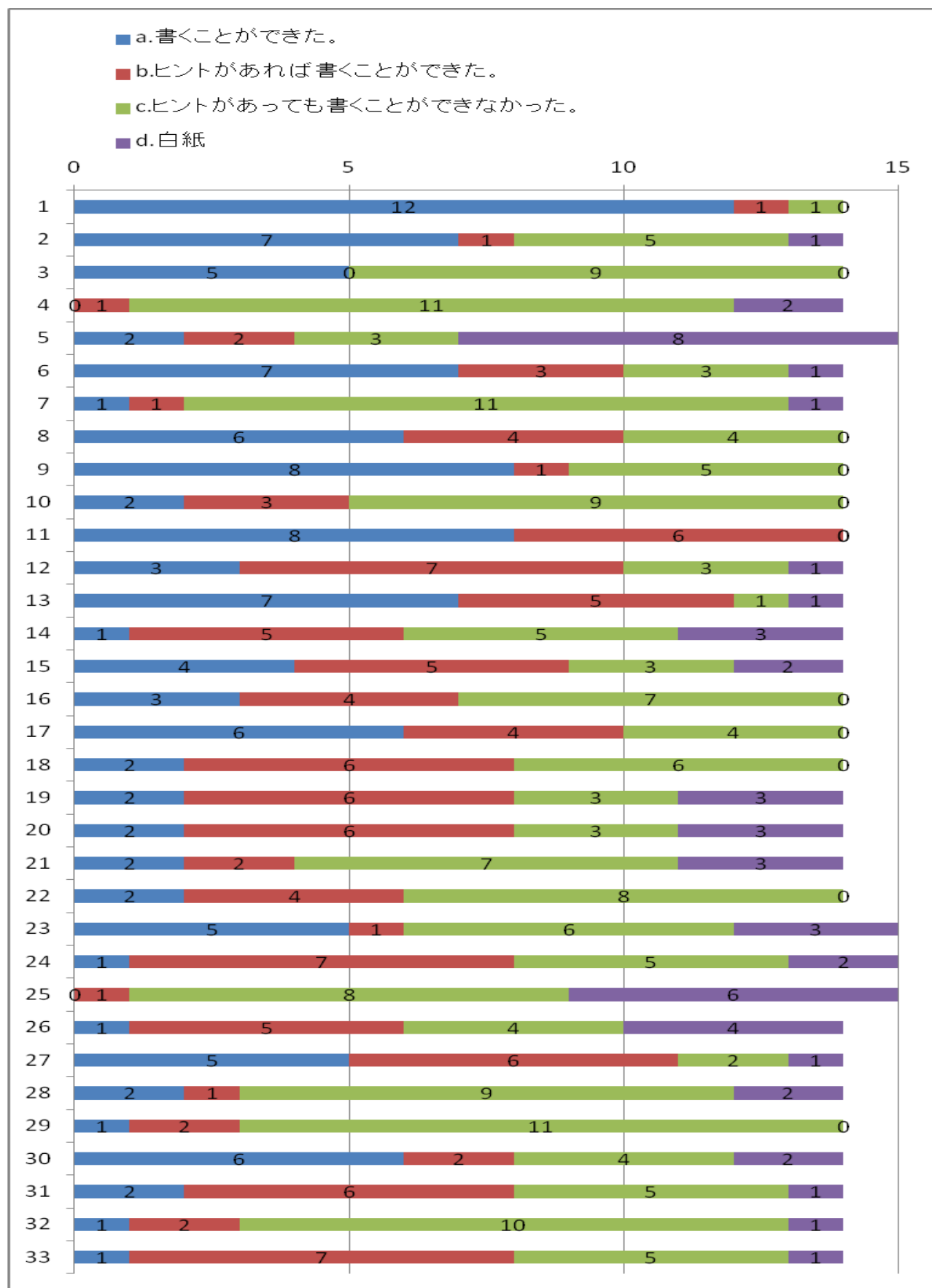
・ 各問に a~d のアンケートをつけ, 解答の時に書かせる。(以下は質問項目)

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| 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)

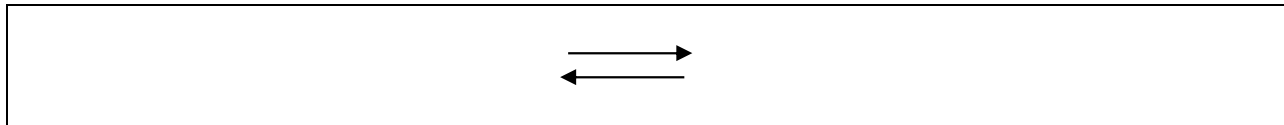


資料3

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

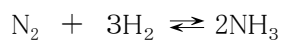
→（ ）反応のため、温度を上げると（ ）方向に移動 …… [右・左]へ移動

○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。



○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	$\rightleftharpoons$	（ ）色
----------------------	----------------------	-----------------

○平衡移動と温度の関係

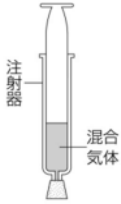
※熱化学方程式

→（ ）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。 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{無色}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{赤褐色})$ 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

--

実践③－２ 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

－中学校理科と高等学校の化学との効率的な接続について－

１ はじめに

子どもたちの「生きる力」をよりいっそう育むことを目指した学習指導要領が、いよいよ平成25年度より全面実施となった。学習指導要領解説理科編では「第1章総説 第1節改訂の趣旨 2改訂の趣旨」に「理数教育の充実」が示されており、新しい理科教育に対する社会の期待に、大きなやりがいと身の引き締まる思いを感じる。一方で「科目履修の柔軟性の向上」や「はどめ規定」の原則削除によって、何をどこまで教えるべきかを判断する学校の裁量が急激に拡大したことに対する戸惑いも感じずにはいられない。教える内容に充実が求められる一方で教える授業時数は限られており、「詰め込み教育」への逆戻りを心配する声もある。

高等学校学習指導要領解説理科編における「化学基礎」の内容の構成とその取扱いには、「中学校理科との関連を考慮しながら、化学の基本的な概念の形成を図るとともに、化学的に探究する方法の習得を通して、科学的な思考力、判断力及び表現力を育成すること」とある。そして、今回の改訂では、高等学校理科から中学校理科へ移行した内容も多く見られる。私たち高等学校理科教員が、新しい中学校理科をもっと研究し中高の接続を効率的に行えば、前述の心配を少しでも解消できるのではないかと考える。

２ 研究の目的

本研究では、化学分野を中心に、学習指導要領で高等学校理科から中学校理科へ移行した内容について、それらが中学校でどのように扱われ、どの程度定着しているかを調査し、中学校理科との効率的な接続を重視した授業の提案を行う。

３ 研究の方法

(1) 中学校学習指導要領の調査

中学校学習指導要領や中学校学習指導要領解説理科編を調査し、高等学校理科から移行された内容(中学校理科に追加された内容)を整理する。

(2) 中学校理科教科書の調査

高等学校理科から移行された内容が中学校の教科書でどのように記述されているかを調査する。教科書による扱いの違いや発展的内容の扱い方も調査する。

(3) 中学校理科の定着度の調査

平成25年度の高等学校1年生を対象に、中学校理科に移行した内容等について、実際の授業でどのように扱われ、どの程度理解できたかをアンケート調査する。発展的内容や実験の扱いも調査する。

(4) 新教育課程における中学校理科との効率的な接続を重視した授業の提案

上記の結果を踏まえ、中学校理科との効率的な接続を重視した授業の在り方を提案する。

4 研究の内容

(1) 中学校学習指導要領の調査

今回の改訂で、中学校学習指導要領解説理科編(p12)にある通り、理科の授業時数が第1学年で105時間、第2学年で140時間、第3学年で140時間、合計385時間に増えた(図1)。これにより、週あたりの授業時数に換算すると、第1学年では週3時間、第2学年と第3学年では週4時間であり、これまでより理科の学習にかけられる時間は多くなっている(図2)。平成20年度における理科の標準時間数は290時間であり、増加率でみると理科は全教科中最大である(図3)。

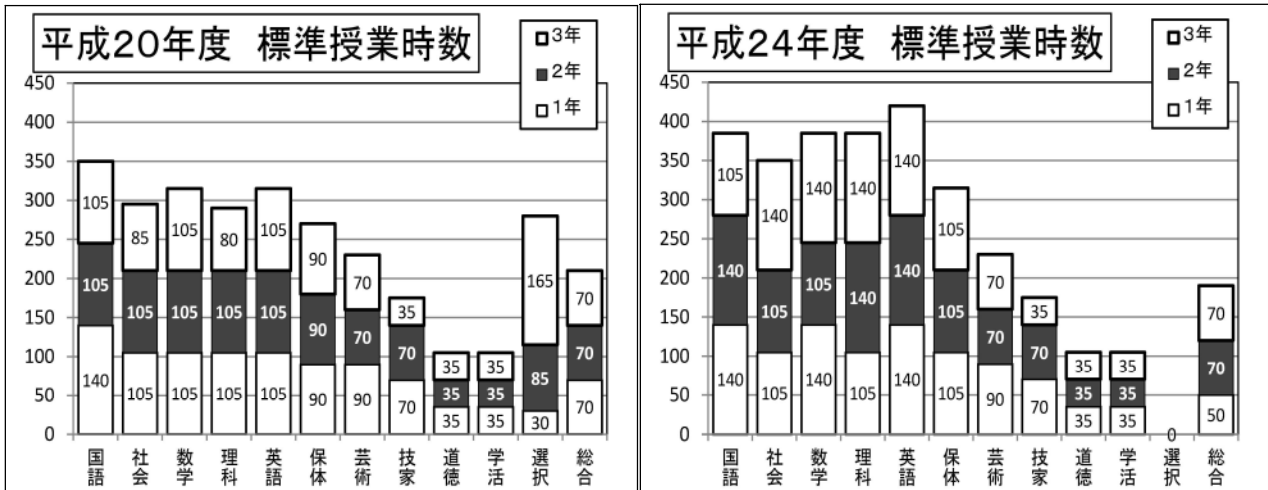


図1 平成20年度と平成24年度の中学校における各教科の標準授業時数のまとめ

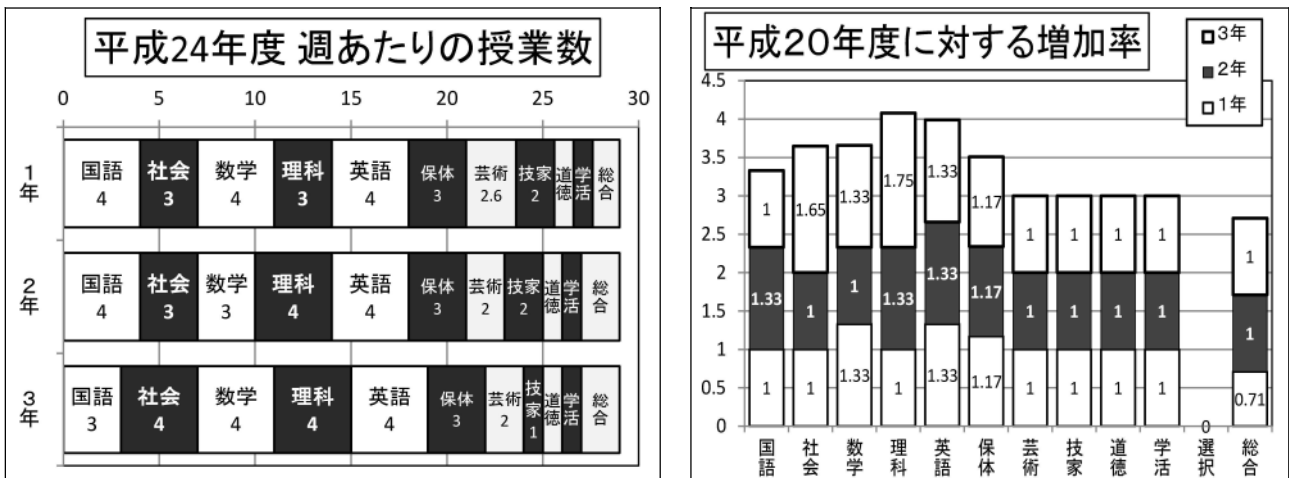


図2 中学校における各教科の週あたりの授業時数

図3 中学校における各教科の授業時数の増加率

また、今回の学習指導要領では、小・中・高を通じた理科の内容の構造化が図られており、小学校、中学校、及び高等学校理科の「基礎」を付した科目について、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」を柱として内容が構成されている。新中学校学習指導要領解説理科編(p11)にある「今回の改訂で追加した主な内容」(高等学校理科から移行した内容)を4分野別、取り扱う学年別に整理した表を次に示す。今回の改訂では、「～は扱わないこと」や「～程度にとどめること」などの「はどめ規定」が原則削除された。その代わりに、学習指導要領解説理科編の「内容の取り扱い」の中の「扱う」と「触れる」という語句によって、取扱う軽重を判断できるようになっている。これを、次ページの表の「程度」欄に示す。なお、学習指導要領解説理科編の中に「扱う」とも「触れる」とも書かれていない場合は、「－」とした。

ア 「エネルギー」分野の追加内容（高等学校の物理から中学校理科へ移行した内容）

学 年	内 容	程 度	備 考（）内に中学校学習指導要領解説理科編のページを示す。
1	力とばねの伸び	扱う	(p30) 力は大きさと向き。(p32) 誤差処理やグラフ化等の測定の基礎。
1	重さと質量の違い	触れる	(p31) 力の単位はN。(p32) 1Nは100gに働く重力。(p32) 作用点。
1	水圧	触れる	(p33) 水圧は水の重さにより生じている。(p31) 浮力にも触れる。
2	電力量	扱う	(p42) 電力の単位はW。(p43) 電力量は電力と時間の積で単位J。
2	熱量	触れる	(p43) 熱量の単位はJ。(p43) 日常使われている単位にも触れる。
2	電子	扱う	(p43) 電流が電子の流れであることを扱う。
2	直流と交流の違い	扱う	(p45) オシロスコープや発光ダイオードなどを用いて違いを理解させる。
3	力の合成と分解	－	(p53) 合力や分力の規則性を理解。(p53) 作用反作用にも触れる。
3	仕事、仕事率	－	(p56) 仕事の原理、力学的エネルギーの保存、摩擦にも触れる。

イ 「粒子」分野の追加内容（高等学校の化学から中学校理科へ移行した内容）

学 年	内 容	程 度	備 考（）内に中学校学習指導要領解説理科編のページを示す。
1	プラスチック	触れる	(p35) PEやPETなど。(p34) 金属と非金属、無機物と有機物も扱う。
2	周期表	触れる	(p47) 周期表を用いて多くの種類が存在することに触れる。
3	水溶液の電気伝導性	－	(p59) (溶質を) 電解質と非電解質に分類できることを理解する。
3	イオン	－	(p58) 電気分解実験の考察からイオンの存在や形成を知る。
3	原子の成り立ち	扱う	(p59) 原子核は「扱う」、陽子と中性子は「触れる」。
3	化学変化と電池	扱う	(p59) 電池の電極反応は「扱う」、代表的な実用電池は「触れる」。

ウ 「生命」分野の追加内容（高等学校の生物から中学校理科へ移行した内容）

学 年	内 容	程 度	備 考（）内に中学校学習指導要領解説理科編のページを示す。
1	種子をつくらない植物	－	(p79) コケ植物やシダ植物が胞子を作ることに触れる。
2	無脊椎動物の仲間	扱う	(p90, 91) 昆虫類や甲殻類、貝やイカ、タコ、アルテミアなど。
2	生物の変遷と進化	触れる	(p93) 始祖鳥も。生命の歴史の長さを認識し尊重する態度を養う。
3	遺伝の規則性と遺伝子	扱う	(p101) 子の形質は両親と同じとは限らない(優性の法則)、分離の法則
3	DNA	触れる	(p101) 遺伝子の本体がDNA。遺伝子は不変ではなく変化する。

エ 「地球」分野の追加内容（高等学校の地学から中学校理科へ移行した内容）

学 年	内 容	程 度	備 考（）内に中学校学習指導要領解説理科編のページを示す。
2	日本の天気の特徴	扱う	(p97) 日本周辺の気団の特徴。(p98) 気団の活動と台風の進路。
2	大気の動きと海洋の影響	触れる	(p97) 地球を取り巻く大気の動き。地球の大きさや大気の厚さ。
3	月の運動と見え方	触れる	(p105, 106) 月の公転、太陽との位置関係による形。日食や月食も。
3	銀河系の存在	触れる	(p107) 恒星が集団をなし、銀河系を構成している。

オ 複数の分野にわたる追加内容

学 年	内 容	程 度	備 考（）内に中学校学習指導要領解説理科編のページを示す。
3	熱の伝わり方	扱う	(p65) 伝導や対流、放射があることを理解させる。
3	エネルギーの変換	扱う	(p64) エネルギー総量保存。変換時にエネルギーの一部は目的外に変換。
3	放射線	触れる	(p65) 発電の仕組みと特徴。放射線は自然界に存在。放射線利用。
3	地球温暖化、外来種	触れる	(p111) 人間の活動や自然環境の変化が自然界のつり合いに影響。

自然環境の保全と科学技術の利用は、第1分野と第2分野で併せて一括で扱う。

(2) 中学校理科の定着度の調査

ア 総合教育センター実施の「教科指導の充実に関する調査」について

平成25年7月に愛知県総合教育センターが協力校9校に依頼して実施された「教科指導の充実に関する研究(理科a)『高等学校部会』にかかわる調査」で、次のようなアンケート結果が得られた。

生徒アンケートの結果

問5 中学校では、理科の授業は好きでしたか。

①[好き]37.2% , ②[どちらかといえば好き]37.2% , . . .

問6 中学校では、理科の授業の内容は理解できましたか。

①[理解できた]46.3% , ②[どちらかといえば理解できた]40.5% , . .

理科教員アンケートの結果

問15 学習指導要領が変わってから、生徒が中学校の理科の授業でどこまでの内容を学習しているか把握していますか。

①[把握している]3.4% , ②[どちらかといえば把握している]52.5%

多くの生徒が、中学校での理科が好きで内容も理解できたと答えている一方、中学校理科の内容を把握していると答えた高等学校理科教員は約半数にとどまっていることが分かる。

イ 本校生徒に対する「中学校理科に関するアンケート」について

高等学校理科から中学校理科へ移行した内容について詳細に調査するため、平成25年6月に本校の1年生約100名(普通科約60名, 調理国際科約40名)に対し、中学校理科に追加(高等学校理科から移行)された化学分野の内容について、次のアンケートを実施した。

問1 「水溶液の電気分解」について

塩化銅水溶液に十分な電圧をかけると、電気分解が起こって、電流が流れた。陰極には赤い物質が付着した。この物質を乳棒でこすると金属光沢が見られた。この物質は銅である。また、陽極からは気体が発生した。陽極付近の水溶液は赤インクを脱色したので、この気体は塩素だと分かる。以上のことから、塩化銅は銅と塩素に電気分解したと分かる。この化学変化は、次のように表せる。 $\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{Cl}_2$ この電気分解でも、電源装置の+極と一極をつなぎ替えると、電極で起こる化学変化の様子は逆になった。(3年教科書より)

(1) 上記の内容を中学の授業で学習しましたか。

①学習した, ②たぶん学習した, ③たぶん学習しなかった, ④学習しなかった, ⑤分からない
69.6% 22.6% 3.5% 0% 4.3%

(2) ((1)で①②と答えた人へ) 授業で理解できましたか。

①理解できた, ②だいたい理解できた, ③あまり理解できなかった, ④理解できなかった
13.9% 41.7% 27.8% 10.4%

問2 「原子の構造」について

『原子の中心には+の電気を持った原子核が1個あり、そのまわりを-の電気をもった電子がいくつか回っている。原子核は原子に比べ大変小さい。原子核には、+の電気をもつ陽子と、電気を持たない中性子がいくつかずつまっている。原子核が+の電気をもつのは、陽子があるためである。原子の種類は原子核中の陽子の数で決まる。たとえば、陽子を1個もつ原子は水素原子で、陽子が6個の原子は炭素原子である。2年で学習した周期表は、原子を陽子の数の順に並べた表である。陽子と電子がもつ電気の量は同じで、電気の+、-の符号が反対である。原子の中では、陽子の数と電子の数が等しいため、原子全体では電気をもたない。電子

の質量は、陽子や中性子に比べてたいへん小さい。(3年教科書より)

(1) 上記の内容を中学の授業で学習しましたか。

①学習した, ②たぶん学習した, ③たぶん学習しなかった, ④学習しなかった, ⑤分からない
53.0% 25.2% 7.8% 2.6% 11.3%

(2) ((1)で①②と答えた人へ) 授業で理解できましたか。

①理解できた, ②だいたい理解できた, ③あまり理解できなかった, ④理解できなかった
11.3% 32.2% 29.6% 7.8%

問3 「イオンの表し方とイオン式」について

水素イオンやナトリウムイオンは、水素原子やナトリウム原子が電子を1個失ってできる1価の陽イオンである。塩化物イオンは塩素原子が電子を1個受け取ってできる1価の陰イオンである。カルシウムイオンや銅イオンはカルシウム原子や銅原子が電子を2個失ってできる2価の陽イオンである。水酸化ナトリウムを水に溶かすと、ナトリウムイオンと水酸化物イオンに電離する。水酸化物イオンは、酸素原子と水素原子からなる原子の集団が、全体として電子を1個受け取ってできる1価の陰イオンである。(3年教科書より)

イオン式 H^+ Na^+ Ca^{2+} NH_4^+ Cu^{2+} Cl^- OH^- S^{2-} CO_3^{2-} SO_4^{2-}

(1) 上記の内容を中学の授業で学習しましたか。

①学習した, ②たぶん学習した, ③たぶん学習しなかった, ④学習しなかった, ⑤分からない
78.3% 14.8% 4.3% 0% 2.6%

(2) ((1)で①②と答えた人へ) 授業で理解できましたか。

①理解できた, ②だいたい理解できた, ③あまり理解できなかった, ④理解できなかった
16.5% 36.5% 30.4% 12.2%

問4 「電池で起こる化学変化」について

電池の金属板上では、どのような化学変化が起こっているのだろうか。2年で学習したように、電子の動く向きは電流の動く向きとは逆だった。つまり、電池の－極では電子を出す化学変化が起こっていて、＋極では電子を受け取る化学変化が起こっていることになる。電池の場合、－極では亜鉛原子が亜鉛イオンになって電子を放出する。また、＋極では水素イオンが2個結びついて水素の分子となり、気体として発生する。(3年教科書より) －極: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{○○}--$ ＋極: $2\text{H}^+ + \text{○○} \rightarrow \text{H}_2$

(1) 上記の内容を中学の授業で学習しましたか。

①学習した, ②たぶん学習した, ③たぶん学習しなかった, ④学習しなかった, ⑤分からない
58.3% 28.7% 5.2% 0.9% 7.0%

(2) ((1)で①②と答えた人へ) 授業で理解できましたか。

①理解できた, ②だいたい理解できた, ③あまり理解できなかった, ④理解できなかった
1.7% 33.0% 40.9% 13.0%

問5 中学校理科全般について

(1) 教科書の内容以外の「発展」は、授業で学習しましたか。

①教科書の内容程度に学習しことが多かった 22.6%
②授業の中で読んで終わったことが多かった 44.3%
③学習しないことが多かった 26.1%
④その他 4.3%

- (2) 教科書に載っている「実験」を実施しましたか。
- | | |
|--------------|-------|
| ①ほとんど実施した | 44.3% |
| ②半分くらい実施した | 42.6% |
| ③一部しか実施していない | 7.8% |
| ④分からない | 4.3% |
- (3) 実験はどの程度実施しましたか。(3年間の大体の平均で教えてください)
- | | | | |
|----------|-----------|------------|--------|
| ①毎週1回は実施 | ②半月に1回くらい | ③一か月に1回くらい | ④分からない |
| 37.4% | 28.7% | 18.3% | 13.0% |

アンケートの結果、次のようなことが分かった。

- ① 愛知県総合教育センター実施の「教科指導の充実に関する調査」では、約85%の生徒が、中学校の理科の内容を「理解できた」または「やや理解できた」と答えている。この調査の回答のうち本校生徒の分のみを集計したところ、「理解」と「やや理解」の合計は約65%であった。一方、移行内容に焦点を当てて行った、本校生徒に対する「中学校理科に関するアンケート」では、分野によっては「理解」と「やや理解」が約35%程度という結果となった。これらの結果から、個々の生徒で程度に差はあるものの、3年間の中学校理科全般の理解度は良好であるが、分野によっては理解できていない生徒も多く、それは今回の改訂で高等学校から移行された内容において顕著であると言える。なお本校の場合は、「イオン」のように平成10年告示の学習指導要領で削除されたが、その前の平成元年告示の学習指導要領には含まれていたため、今回復活したといえる内容では、アンケートでの理解度も比較的高かったが、今まで中学校で扱われていたことがない「電池」では、理解度が他に比べて低かった。
- ② 7割近くの生徒が、授業の中で「発展」に触れたことを覚えており、予想外に多かった。なお、ある出版社の教科書の第3学年の化学分野で扱われている発展項目は次の通りである。

同位体とその利用	同位体は中性子数が異なることと、同位体を利用した年代測定。
電解質の固体の電気伝導性	イオン結晶は、融解して液体となれば電気伝導性をもつ。
粒子の発見の歴史	陽子、中性子、電子の発見の歴史と、素粒子の存在を簡単に紹介。
原子の電子配置	$1\text{H} \sim 18\text{Ar}$ の電子殻を用いた電子配置と、イオンの希ガス型電子配置。
イオン化傾向	イオン化傾向($\text{Na} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ag}$)で電池で+-極が決まること。
電気分解とイオン	水の電解反応を、高等学校レベルで説明。 e^- と言う記号も使用。
アンモニア水のアルカリ性	H^+ と OH^- の濃度と液性の強弱の関係。アンモニア水中の電離。

(3) 新学習指導要領における高等学校化学と中学校理科との効率的な接続を重視した授業の提案

本研究のまとめとして、「化学基礎」の標準的な学習順に、高等学校化学と中学校理科との効率的な接続を重視した授業を提案する。

ア 授業の新しい単元に入るときに、以前学習したことを想起させる。

小・中・高の内容のつながりを教員が意識して指導していきたい。以前に学習したことがどれだけ身についているか、生徒に問いかけて想起させるだけでも有効であろう。本研究の最後に、小学校・中学校理科と高等学校化学の「粒子」を柱とした内容の構成を示す。小・中で学習した内容を分かりやすくまとめたものとして、岩手県立総合教育センターの「小中での学習事項をまとめたサポート資

料」，青森県総合教育センター研究紀要なども便利である。

イ 「原子番号」「元素」は中学校では使用されていないので，正確な定義を指導する。

原子の構造はどの教科書でも分かりやすく説明しており，原子の大きさについてもさまざまな工夫が見られる。しかし，意外なことにどの教科書も「原子番号」という用語を使用していない。そして「元素」という用語も，本文中では「原子の種類」としてある。今後，化学基礎で頻出する用語であるだけに，正確な定義を高等学校で指導する必要がある。

ウ 周期表は記載されているだけなので，基礎基本から丁寧な指導が必要である。

周期表は，価電子を学習する前の「単に記号を並べた表」程度にしか記載されていない。上下に並んだ元素同士で性質が似ることも，わずかに触れられている程度である。巻頭または巻末に原子番号100番くらいまでの元素記号と原子量が入った詳しい周期表が載っている教科書もあるが，かえって着目させたい内容が埋もれてしまっているようにも感じた。周期表は中学2年生での学習である，化学基礎で扱うまでのブランクの期間もあるため（「化学基礎」の履修が2年生の高等学校も多い），高等学校で周期表を教える際は，最も基本的な内容までさかのぼって丁寧に扱うべきである。

エ イオンの名称と化学式およびその書き方は，「復習する」という感覚でよい。

H^+ ， Na^+ ， Ca^{2+} ， NH_4^+ ， Cu^{2+} ， Cl^- ， OH^- ， S^{2-} ， CO_3^{2-} ， SO_4^{2-} などのイオン式は名称とイオン式が本文中で扱われ，原子から電子が出入りすることによるイオンの形成過程や価数の書き方も説明されていた。これらの代表的なイオンは「復習する」という感覚でよいと思われる。しかし，陽イオンと陰イオンから組成式を書く内容は，本文に書かれている教科書と全く書かれていない教科書があり，大きな違いが見られた。指導者によって扱いに違いが生じることも危惧されるので，組成式についても高等学校で基本的な内容から指導したい。

オ 酸塩基と中和では，定量的内容は基本から指導する。

酸塩基は，中学校化学分野の集大成として，とても丁寧に記載してある。酸や塩基の性質は高等学校では「復習する」という感覚でよいと思われる。中学校理科ではアルカリという用語を使っている点は注意が必要である。pHも身の回りの物質が示す値や指示薬の変色の様子と併せ，分かりやすく説明してある。中和反応も，2価の酸や塩基を用いた反応式まで本文中に記載がある。過不足なく中和する条件も，粒子モデルを使って丁寧に説明してある。高等学校理科では，新たに学習した物質質量を使って，中学校理科で学習した粒子モデルによる概念を具体化していく指導が効果的である。

カ 酸化と還元は丁寧に学習してきているが，「化学基礎」とのブランクに注意が必要。

酸化と還元は中学2年生で，適切と思われる内容を丁寧に学習する。比較的多くの実験が，併せて紹介されている。しかし，中学3年生では本文にほとんど出てこないで，高等学校の化学基礎で学習する際には，ブランクを意識して指導する必要がある。なお，酸化還元は全て「酸素原子を得るか失うか」で述べられており，水素原子との関連付けはされていない。

キ 電池の学習は，高等学校で「なぜそうなるか」を丁寧に教えていきたい。

電池は，比較的多くのページを割いて丁寧に説明されているが，イオン化傾向との関連付けがされていないこと，酸化還元との関連付けがされていないこと，ボルタ電池しか説明されていないことなどに気が付く。鉛蓄電池や乾電池，燃料電池は，触れているが仕組みは説明されていない。ダニエル電池は記載されていない。電極は，＋極や－極としてあり，正極，負極という用語は使われていない。どの教科書も電子を表す記号に○の中にマイナスを書いた記号を用いており， e^- という記号も使わ

れていない。また、電極の組み合わせを変えると起電力が変化することは学習している。高等学校化学基礎で扱う場合には、中学で教わった「知識」をブランクを踏まえて確認しながら、「なぜそうなるか」を丁寧に教えていきたい。

ク 電気分解の学習はとても断片的。高等学校では基本から丁寧な指導が必要。

電気分解は、どの教科書でもイオンの存在に気付かせるための「導入」として電池より先に扱われている。陽極、陰極という語は使われているが、起こる化学反応を系統的に述べている教科書はなかった。 e^- という記号を使っている教科書はなかった。高等学校の化学基礎で電気分解を扱う際は、長いブランクも空いていることになるので、基本から丁寧な指導をする必要がある。

5 今後の課題

今回は化学分野について中学校との効率的な接続を研究したが、今後、物理・生物・地学分野についても同様の調査・研究を行っていきたい。また、今回のように資料を調査するだけでなく、中学校の理科担当の先生方から生の声を集め、中高の連携を深めることができるようにしたい。

参考文献等

- 『高等学校学習指導要領解説理科編』(2009 文部科学省)
- 『中学校学習指導要領解説理科編』(2008 文部科学省)
- 『中央教育審議会答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善について」』(2008)
- 『小学校生活, 理科・中学校理科 現行・新学習指導要領新旧対照表』大日本図書(2008)
http://www.dainippon-tosho.co.jp/jh_school/rika/archive/pdf/guidance_plan/onscience.pdf
- 『小・中学校での学習事項をまとめたサポート資料』齊藤耕子(2012)
http://www1.iwate-ed.jp/tantou/kagaku/3233_rikakiso_support%20data/Support%20data.pdf
- 『ニューサポート高校「理科」vol114(2010年秋号)特集「中学校で何を学んでいるか」』(2010 東京書籍(株)編集部) <http://ten.tokyo-shoseki.co.jp/downloadfr1/htm/hrd84390.htm>
- 『粒子の概念を深める安価で効果的な演示実験の工夫について』馬渡孝(2013 青森県総合教育センター研究紀要)