

学ぶことの意義を実感できる化学の授業を目指して

— 科学的な見方や考え方を育む授業づくり —

池田正俊¹

理科を学ぶことの意義を実感させるために、理科学習の中で将来に役立つ汎用的な能力が育まれていることを、生徒に自覚させる仕組みが必要だと考えた。そこで本研究では、科学的な見方や考え方に着目し、教材設計の視点を整理した。科学的な見方や考え方を働かせる場面や問いかけを設定した授業を実践した結果、科学的に探究する態度が養われ、理科を学ぶことの意義を実感した生徒の姿が見られた。

はじめに

平成27年に実施したOECD生徒の学習到達度調査(PISA2015)では、日本の子どもの科学的リテラシーの平均得点は上位レベルにある。一方、理科の科目を勉強することは大切だと回答した生徒の割合は国際平均より低い。こうした状況に対し、「国際調査において、日本の生徒は理科が『役に立つ』、『楽しい』との回答が国際平均より低く、理科の好きな子供が少ない状況を改善する必要がある」(中央教育審議会答申 2016 p.148)という指摘があり、理科を学ぶことの意義を実感できる指導の充実が今求められている。

研究の目的

本研究は、科学的な見方や考え方を育む授業づくりのための手立てを考案し、生徒が理科を学ぶことの意義を実感できるようになることを目的とした。

研究の内容

1 理科を学ぶことの意義について

小倉(2009)は、科学的な見方や考え方は、あらゆる職業の基礎であり、理科の学習は科学者や技術者になりたい人だけでなく、誰にとっても将来役に立つということを子どもたちが理解すれば、理科を勉強することは大切だと感じてくれるに違いないと述べている。

高等学校理科の学習内容の一部は専門的であり、関連する進路を選択する生徒でなければ、その知識を活用する場面を想像することは難しい。しかし、小倉が述べるように、理科教育によって育まれる科学的な見方や考え方は汎用的な資質・能力であり、将来どのような職業に就いたとしても、生きていく上で役に立つという視点をどの生徒にも持たせることが必要だと考える。

2 科学的な見方や考え方について

「科学的」ということは、実証性、再現性、客観性などの条件を検討する手続きを重視するという側面から捉えることができると小学校学習指導要領解説理科編に示されている。そして「見方や考え方とは、問題解決の活動によって児童が身に付ける方法や手続きと、その方法や手続きによって得られた結果及び概念を包含する」(文部科学省 2008)としている。

また、「理科においては、従来、『科学的な見方や考え方』を育成することを重要な目標として位置付け、資質・能力を包括するものとして示してきたところであるが、(中略)『理科の見方・考え方』を改めて検討することが必要である」(中央教育審議会答申 2016 p.146)とある。

これらから、科学的な見方や考え方とは、「科学的」な手続きを重視した問題解決の過程において育まれる資質・能力などから構築されるものであると捉えることができる。

高等学校学習指導要領解説理科編(文部科学省 2009)に示される問題解決の過程において育まれる資質・能力の例を整理し、「科学的に探究する態度」、「科学的な思考」、「科学的探究のスキル」の観点で分類して第1表にまとめた。これらは小倉の述べている将来に役立つ汎用的な資質・能力の例と考えられる。本研究では、科学的な見方や考え方の中でも第1表に示すような資質・能力を重視した。

第1表 科学的な見方や考え方の例

【科学的に探究する態度】

根拠に基づき考えようとする態度・
物事を多面的に捉えようとする態度など

【科学的な思考】

論理的思考・推論・類推・比較・関連付けなど

【科学的探究のスキル】

情報の収集・観察・仮説の形成・実験の計画・数値化・
条件制御・実験データの分析や解釈など

1 神奈川県立住吉高等学校
研究分野(授業改善推進研究 理科)

3 現状の分析

平成28年10月に住吉高等学校3年生の化学選択者を

対象に次のような学習意識調査を行い、生徒の実態を分析した(有効回答数48)。

(1) 理科を学ぶことの意義の実感について

調査では、理科の中でも化学に焦点を絞り、「化学の勉強は受験に関係なくても大切だと思う」かどうかを尋ね、学ぶことの意義を感じているかを調べた。「当てはまる」「やや当てはまる」と肯定的に回答した割合は54.2%であり、化学選択者であっても、化学を学ぶことの意義を実感している生徒は半数程度であった。

(2) 生徒は理科の授業をどのように捉えているか

生徒の理科の授業の捉え方について、①～⑦の項目を調べた(第2表)。表中①～④は「知識・技能」に関する項目であり、⑤～⑦は「見方や考え方」に関する項目である。4件法の問いに対して「そう思う」と回答した割合は、①～④に比べて、⑤～⑦で低い傾向にある。すなわち、生徒は知識・技能を中心に学んでいると捉えていることが分かった。

また、「理科を学ぶことの意義の実感」と、「授業の捉え方」の相関を調べた(第2表の相関係数参照)。

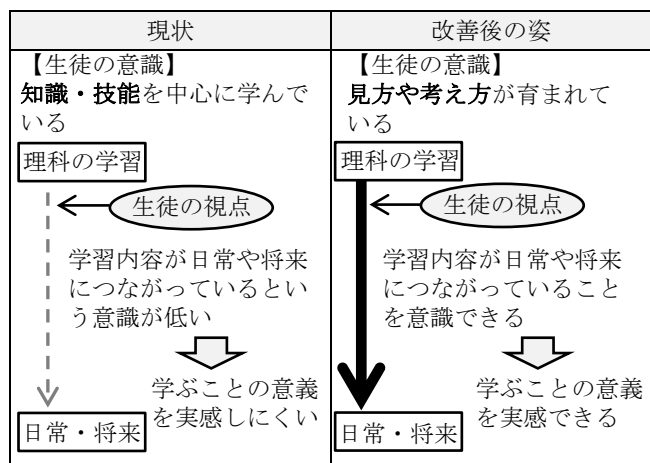
①～④の「知識・技能」に関する項目よりも⑤～⑦の「見方や考え方」に関する項目の方が、学ぶことの意義の実感と正の相関が見られる。「見方や考え方」を意識している生徒は、学ぶことの意義を実感している傾向にあるのではないかと考えられる。

授業の中で科学的な見方や考え方が育まれていることを生徒に自覚させるには、授業の中で何を学んでいて、それによって何ができるようになるのかを教員が整理し、生徒に明示する必要がある。

4 研究仮説

このような現状の分析を踏まえ、本研究では次のように研究仮説を立てた。期待される生徒の変容を第1図に示す

研究仮説
授業の中に科学的な見方や考え方を働かせる場面を設定し、問いかかけをおこない、将来に役立つ汎用的な能力を養っていることを生徒に自覚させることで、学ぶことの意義を実感できるようになるであろう。



第1図 期待される生徒の変容

5 教材設計の視点について

第1表を基に教材設計の視点を整理し、第3表にまとめた。表の右側には指導の留意点を例示した。

なお、指導の留意点は、平成27年度全国学力・学習状況調査解説資料中学校理科(国立教育政策研究所 2015)を参考にした。

第3表の視点に基づき教材設計することで、実験・観察のような探究的な活動が行えない単元であっても、授業の中で生徒に仮説を立てさせたり、考察や推論させる場面を設定するなど、科学的な見方や考え方を働かせる授業づくりが容易になると考える。

6 検証の方法

本研究では、第3表に基づき授業を設計することを手立てとし、仮説を検証するための授業を実践した。

検証授業の事前事後に質問紙調査を行い、研究の仮説及び、手立ての有効性について、次の検証結果から分析し、考察した。

(1) 科学的に探究する態度の育成

生徒の「科学的に探究する態度」の変容を調べ、科学的な見方や考え方を育む授業づくりができたかどうかを調べた。

(2) 理科を学ぶことの意義の実感

「化学の勉強は受験に関係なくても大切だと思う」

第2表 学習意識調査結果 (n=48)

理科の授業の捉え方	そう思う (回答割合)	理科を学ぶ意義との相関	
		相関係数	t 値
①物質の性質や構造などの知識を学んでいる	43.8%	0.36	2.64*
②化学変化や物理変化の仕組みを学んでいる	41.7%	0.26	1.83
③法則とそこから導きだされる公式の使い方や計算の方法を学んでいる	31.3%	0.12	0.81
④実験器具の扱い方、観察の方法など実験の技術を学んでいる	27.1%	0.2	1.38
⑤疑問に対する仮説の立て方や検証の方法を学んでいる	8.3%	0.31	2.25*
⑥ものごとを筋道立てて考える論理的な思考方法を学んでいる	8.3%	0.34	2.44*
⑦どうすれば科学的に判断できるようになるかという考え方を学んでいる	10.4%	0.34	2.49*

4件法「1:そう思う、2:ややそう思う、3:ややそう思わない、4:そう思わない」で回答。

* p < .05

「1:そう思う」と回答した割合を示す。また、表右側の t 値は相関係数の有意性の検定結果を示す。

第3表 教材設計の視点

科学的な見方や考え方	指導の留意点(例)
【科学的に探究する態度】 根拠に基づき考えようとする態度・ 物事を多面的に捉えようとする態度	・批判的思考を働かせる場面を設定しているか(根拠を示すように指示する など) ・妥当性を確認する活動があるか(教え合い、意見交換、情報の共有 など) ・複数の情報から多面的、総合的に考えさせる課題であるか
【科学的な思考】 論理的思考・推論・類推・比較・ 関連付け	・考察させたいことに正しく対応した課題であるか ・他人に考えを説明する場面があるか ・予想や仮説を設定するため、比較・関連付けするための知識や情報を与えているか ・解や解決方法が複数ある課題であるか
【科学的探究のスキル】 情報の収集・観察・仮説の形成・ 実験の計画・数値化・条件制御・ 実験データの分析や解釈	・生徒が条件を制御できる実験であるか ・定量的な取扱いが含まれるか ・データをグラフ化する、複数のグラフを比較する、グラフの特徴を見出したり、分析して解釈するといった活動があるか ・従属変数と独立変数の関係として捉えることができる実験か

という問いに対する回答と質問紙への生徒の記述を分析し、理科を学ぶことの意義の実感に関する変容を調べた。

7 検証授業

(1) 検証授業の概要

- 【実施期間】平成28年10月28日～11月4日
 【対象】3学年化学選択2クラス(22名、29名)
 【科目】化学
 【単元】単糖類と多糖類(各時の学習内容とねらいを第4表に示す)

第4表 検証授業のねらいと主な学習活動

第1時	学習内容	単糖類(単糖類の性質、生体内の糖鎖)
	ねらい	【科学的に探究する態度】 を育む
	教材設計の視点	批判的思考を働かせる場面を設定 妥当性を確認する活動 複数の情報から考えさせる課題
	活動	血液型性格診断を教材に、科学的とはどういうことかを話し合う
第2時	学習内容	多糖類(デンプンの構造と性質)
	ねらい	【科学的な思考】 を育む
	教材設計の視点	考察させたいことに正しく対応した課題 他人に考えを説明する場面 比較・関連付けするための情報
	活動	ヨウ素デンプン反応の発色の仕組みについて、複数の実験的証拠を統合して考える
第3時	学習内容	発展課題(ビタミンCの滴定)
	ねらい	【科学的探究のスキル】 を育む
	教材設計の視点	定量的な取扱い データをグラフ化し、分析・解釈する 従属変数と独立変数の関係
	活動	ビタミンCの滴定方法を検討する 検量線を作成して、未知量を推定する

(2) 各時間の授業内容と学習活動

ア 第1時【単糖類】

第1時は、科学的に探究する態度を育むことをねら

いとしたり。根拠に基づき考えることの重要性を理解させるためには、科学的な文章や言説、データ等を示し、妥当性や真偽について、議論し検討するといった批判的思考を働かせる場面を設定することが効果的だと考えた。そこで、単元の単糖類と関連付けて血液型性格診断の科学的信憑性を問う教材を用いた。

導入では、数種類の単糖類の構造式を示し、気が付いたことを記述させた。生徒は、構成元素や官能基、名称など糖類に共通する部分に気付くことができた。

展開では、はじめに、生徒の血液型別に、性格診断の質問紙を配付し、回答させた。ほとんどの生徒は自分の診断結果が当たっていると感じたようであった。

次に、血液型と糖鎖の関係を説明した。ABO式の血液型は赤血球の糖鎖の構造で分類される。血液型の違いは赤血球表面のごく一部の分子構造の違いであることを解説した上で、先ほど配付した質問紙の内容が、実は全員同じものであったことを種明かしした。

血液型性格診断のように誰にでも当てはまる曖昧な事柄を自分だけに当てはまると捉えてしまう現象は、バーナム効果として知られている。そのことを説明し、「科学的とはどういうことか」、「血液型性格診断は科学的か」という問いについて意見交換させた。

その後、科学的であることを満たすための条件について解説し、生徒に、多くの情報を調べることで、先入観にとらわれず客観的に考えること、思考を振り返ることの重要性を意識させた。

イ 第2時【多糖類】

第2時は、科学的な思考を育むことをねらいとし、ヨウ素デンプン反応の発色の仕組みについて、三つの実験的証拠を統合して考える活動を実施した。

導入では、デンプンは分子内の水素結合によって「らせん構造」が保持されていることを解説し、生徒にデンプンの構造を理解させた後に、ヨウ素デンプン反応の発色の仕組みを考えることを課題として示した。

ヨウ素デンプン反応の発色は、デンプンのらせん構造の内部にヨウ素が包接されることにより起きる。そ

の詳細については、矢島(2015)が報告している。

三つの実験A、B、Cの結果を統合することで、はじめてヨウ素デンプン反応の発色の仕組みが分かるように実験内容を工夫した(各実験の内容を第5表に示す)。また、生徒に見通しや根拠を持った考察をさせるため、それぞれの実験に対応する関連事項を実験プリントに記載し、それを基に考察するように指導を行った。

はじめに、班ごとに実験A、B、Cのいずれか一つを実施させた。各実験結果を考察した後にA、B、Cの結果が集まるようにメンバーを入れ替えて、ヨウ素デンプン反応の発色の仕組みを考えさせた。

実験Aからは、デンプンのらせん構造が発色に寄与していること、実験Bからはヨウ素が発色の要因であること、実験Cからはヨウ素が他の分子に囲まれることで色変化することが分かる。

各実験から分かったことをまとめ、ヨウ素デンプン反応の発色の仕組みについて話し合わせ、自分達が出した結論を発表させた。得られた知見を統合して議論する中で、自分達の考えをより妥当なものに高める学習場面を設けることができた。

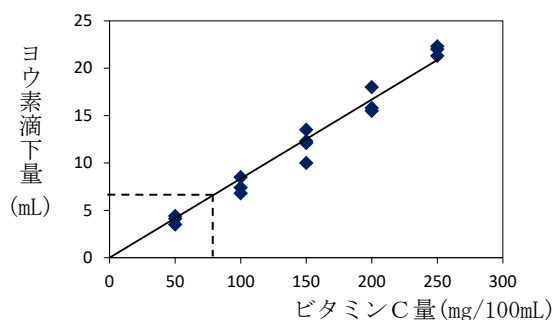
ウ 第3時【発展課題(ビタミンCの滴定)】

第3時は、科学的探究のスキルを育むことをねらいとし、ヨウ素デンプン反応を利用したビタミンCの滴定を実施した。滴定ではモル濃度と体積を用いた計算から結果を求める方法が一般的であるが、データをグラフ化して定量的に関数として把握させることで、より見方や考え方を働かせる教材になると考えた。

導入では発問を交えて実験原理の確認をし、その後実験を行った。実験の手順を以下に示す。

水100mL当たりの溶解量が50mg、100mg、150mg、200mg、250mgのビタミンC標準液を準備する。それらに対して、ヨウ素液を滴下し、指示薬であるデンプンとの反応で青紫色に呈色したところを終点とする。各班で求めたデータを集約し、表計算ソフトで回帰分析を行い、検量線を作成した(第2図)。

次に、検量線を用いて身近な飲料水中のビタミンCを測定した。ある清涼飲料水と反応したヨウ素の量が7mLであったことをグラフに当てはめて、生徒は清涼飲料水100mL当たり約80mgのビタミンCが含まれていると推測した。実際の製品ラベルを示し、その値とほぼ一致していることが分かったと、驚きの声が上がった。



第2図 生徒が作成した検量線

二量の間数関係をグラフ化し、そこから未知量を推定する活動へと展開できた。データを集めて分析することで見えてくるものがあること、そのデータに基づいて考えたり、議論したりすることの重要性を伝えた。

8 検証授業の分析と考察

第2時と第3時の授業について分析と考察を行った。

(1) 第2時

実験プリントの生徒の記述から、生徒がどのように科学的な見方や考え方を働かせていたのかを分析した。

実験Aでは、タンパク質を加熱すると水素結合が切れて立体構造が崩れることを関連事項として示した。水素結合に着目させ、生徒にヨウ素デンプン反応の温度変化を分子構造の視点から考えさせた。

(実験A生徒の記述)

- ・水素結合が切れてまっすぐな構造になったため。
- ・78℃で変化が起きた。水素結合が切れた。

青紫色のヨウ素デンプン水溶液を加熱すると無色に変化する理由について、生徒は「加熱により水素結合が切断されてデンプンのらせん構造が変化したことに起因する」と推測することができた。また、「78℃で変化が起きた」という測定結果とタンパク質が変性する温度と関連付けて、「水素結合が切れた」という考察に対する科学的根拠を示す様子が見られた。

実験Bではデンプンの構造ではなく、ヨウ素の性質からヨウ素デンプン反応の発色の仕組みを考えさせた。

(実験B生徒の記述)

- ・ビタミンCは還元性を持っている。ヨウ素が還元されてヨウ化物イオンに変化したため無色になった。
- ・ヨウ素は水に溶けにくい。ヨウ素はデンプンのらせんの内側に入りやすい。

青紫色のヨウ素デンプン液にビタミンCを加えると、

第5表 実験A、B、Cの内容と関連事項について

	実験A	実験B	実験C
内容	ヨウ素デンプン水溶液をお湯に入れると無色に変化し、氷水に付けると、再び青紫色に戻る現象を確認する。	ヨウ素デンプン水溶液にビタミンCを加えると無色になることを確認する。ヨウ素液にヘキサンを加えて分液しヨウ素を抽出する。	ポリビニルアルコールにホウ酸を加えた後、ヨウ素を滴下すると濃青色に変化することを確認する。
関連事項	・加熱により水素結合が切断されることについて(ゆで卵などタンパク質の変性を例示)	・ビタミンCの還元性について ・ヨウ素の溶解性について(うがい薬、消毒薬を例示)	・ポリビニルアルコールとホウ酸による架橋構造について(スライムの実験を例示)

無色に変化する理由について、生徒はヨウ素が還元されてヨウ化物イオンになったことに起因すると推測した。また、ヨウ素の水への溶解性が低いことを確認し、デンプンのらせん構造内部が疎水的環境であるため、ヨウ素が入り込みやすいのではないかと、既存の知識と関連付けて考察している様子が見られた。

実験Cはデンプン以外の物質でも類似の反応が起きることから、共通の仕組みがあることを探らせた。

(実験C生徒の記述)

- ・架橋によって網目構造が形成されヨウ素が入り込む。
- ・ヨウ素は囲まれると色が変わる。

生徒は「ポリビニルアルコールが架橋してできた空隙に、ヨウ素が入り込むことで色が変わる」と推測した。マクロな変化を分子というミクロな視点から捉え、筋道立てて論理的に考察している様子が見られた。

生徒が比較・関連付けするための情報を与え、考察させたいことに正しく対応した課題を出すことで、科学的な見方や考え方を働かせる活動につながったと考えられる。

(2) 第3時

第3時は実験の原理を確認する中で、科学的な見方や考え方を働かせている様子が見られた。

滴定とは、化学反応を利用して水溶液の中に含まれる特定の物質の量を求める操作である。例えば、中和滴定では、中和反応を利用し、水溶液中の H^+ に対して等量の OH^- を加え、加えた OH^- の量から H^+ の量を求める。

この滴定原理を再確認した後、「ビタミンCの滴定は、どうすればよいか？」という発問をした。ビタミンCとヨウ素の反応については、前時で学習しており、「滴定原理」と「ビタミンCとヨウ素の反応」という二つの知識を組み合わせることで、ビタミンCの滴定方法を見いだすことができる。生徒は既習の知識を組み合わせ、ビタミンCとヨウ素を反応させ、加えたヨウ素の量からビタミンCの量を求めることができると気付くことができた。

次に、「滴定の終点をどう調べるか？」という発問をした。ビタミンCの水溶液にヨウ素を加えていくと、水溶液中のビタミンCはヨウ素と反応して消費されていく。ビタミンCとヨウ素の反応が完結して、ヨウ素が余った時点で滴定の終点となる。生徒は、指示薬としてデンプンを加えておくことで、余ったヨウ素とデンプンが反応して青紫色に呈色することから、終点の見極めが容易になることに気付くことができた。

第2時のヨウ素デンプン反応の仕組みの学習と滴定原理をつなげる展開の工夫により、生徒は類推思考を働かせ、実験方法を自分達で検討することができたと考えられる。

9 検証結果の分析と考察

(1) 科学的に探究する態度の育成

結果を第6表に示す。なお、3回の検証授業に2回以上出席した生徒48名を対象とした。

第6表に示す四つの問いに対して、検証授業後では肯定的な回答が増加している。また、t検定を行ったところ、三つの項目で有意な差であることを示す結果が得られた。これらから、科学的に探究する態度の育成が図れたと考えられる。

以上より、本研究が示す手立てにより、科学的な見方や考え方を育む授業づくりができたことと結論付けた。

第6表 科学的に探究する態度の変容 (n=48)

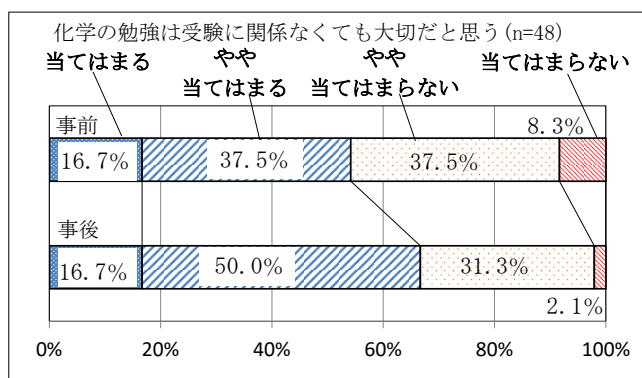
質問内容	事前	事後	t 値
様々な事象に共通点を見つけたり、関連付けて考えようとしている	38%	54%	1.65
何か行うときに、見通しをもってやろうとしている	42%	69%	2.96**
順序立てて論理的に考えようとしている	48%	63%	2.20*
情報を鵜呑みにせず、根拠に基づいて考えようとしている	56%	75%	3.08**

4件法(1:当てはまる、2:やや当てはまる、3:やや当てはまらない、4:当てはまらない)で回答。1、2の回答を肯定的回答とし、その割合を示す。

* $p < .05$, ** $p < .01$

(2) 理科を学ぶことの意義の実感

科学的な見方や考え方を育む授業を実践した結果、生徒が理科を学ぶことの意義を実感したかどうかを調べた。結果を第3図に示す。「化学の勉強は受験に関係なくても大切だと思う」という問いに対する肯定的な回答割合は54.2%から66.7%に増加した。また、「当てはまらない」という否定的な回答は2.1%に減少した。



第3図 理科を学ぶことの意義の実感

事前事後の平均の差について、有意水準5%で両側検定のt検定を行ったところ、「 $t(47)=2.03, p=.048$ 」となり、有意であることを示す結果が得られた。

以上より、生徒が理科を学ぶことの意義を実感できる指導の充実が図れたことと結論付けた。

また、記述式調査には次のような回答が見られた

学習内容はどのような場面で活用できるでしょうか？

- ・実験データの収集はあらゆる事データの整理に役立つ。
- ・データを収集すると、いろいろなことに応用できる。

・将来、就職したときなどに役立つものだった。
授業を通して身に付いたこと、理解できたこと
・物事をさまざまな角度から見る事が大切だと理解した。
・科学的に考えて物事を整理すること。
・日常で起きる現象について、考えるようになった。
・物事が生じる背景には何事も根拠があると分かった。

記述から、理科の授業で育まれる科学的な見方や考え方が、将来に役立つと実感できている様子が見られる。また、日常生活において、科学的な見方や考え方を働かせようとする姿勢が見られる。第1図に示した期待される生徒の変容にあるように理科の学習を日常や将来につなげることができた生徒の姿が見られた。

研究のまとめ

1 研究の成果

科学的な見方や考え方を働かせる場面や問いかけを設定した授業を実践し、理科を学ぶことで何が身に付くのかを生徒に理解させた。その結果、理科を学ぶことの意義を実感できた生徒の姿が見られた。

平成28年に示された「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等の改善及び必要な方策等について(答申)」には、『見方・考え方』には教科等ごとの特質があり、各教科等を学ぶ本質的な意義の中核をなすものとして、教科等の教育と社会をつなぐものである。子供たちが学習や人生において『見方・考え方』を自在に働かされるようにすることにこそ、教員の専門性が発揮されることが求められる(中央教育審議会答申 2016 p. 34)とある。本研究では、この理念の重要性、及び理念の実現のための具体的な手立てを実践を通して示すことができた。

2 今後の展望

検証授業では実験を中心とした実践を行ったが、毎回の授業に実験や観察を取り入れることは現実的に難しい。日々の授業の中で見方や考え方を働かせる場面や問いかけを設定し、継続的に取り組むことで科学的な見方や考え方を育むことが重要だと考える。

今回の検証において変容が見られなかった生徒に対しても、科学的な見方や考え方を育む継続的な取組を通して、自身の成長を自覚させることで、学ぶことの意義を実感できるようにしていくことが大切である。

本研究で整理した授業づくりの視点は実験や観察の場面だけでなく、授業の各場面に加えることが可能である。今回の実践を短期的なものとして完結させず、継続できる取組につなげることが課題である。本研究を足掛かりに、更なる指導の改善・充実を図っていきたい。

おわりに

次期学習指導要領の改訂において、「見方・考え方」は資質・能力を育成する過程で働く、物事を捉える視点や考え方として全教科を通して整理される。それに伴い、理科においても科学的な見方や考え方から、「理科の見方・考え方」と「理科で育成する資質・能力」に分けられ、再整理される見込みである。なお、本研究で用いた科学的な見方や考え方は現行の学習指導要領に基づいたものであることを付記する。

生徒たちは、科学的な見方や考え方を働かせる場面を設定すると、初めは戸惑いを感じている様子であったが、やがて目を輝かせ、生き生きと課題に取り組んでいた。考えることの難しさを感じつつも楽しんでいく様子であった。こうした活動の中に理科の楽しさがあることを改めて実感した。本研究が、更なる指導の改善・充実を図るための一助となれば幸いである。

最後に、本研究を進めるに当たり、御協力いただいた住吉高等学校の先生方に深く感謝を申し上げ、結びとしたい。

引用文献

- 文部科学省 2008 『小学校学習指導要領解説理科編』大日本図書 p. 10
 中央教育審議会 2016 「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等の改善及び必要な方策等について(答申)」
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/c_hukyo0/toushin/1380731.htm(2017年1月取得)

参考文献

- 国立教育政策研究所 2015 「平成27年度全国学力・学習状況調査解説資料中学校理科」
http://www.nier.go.jp/15chousa/pdf/15kaisetsu_chuu_rika.pdf(2016年8月取得)
 国立教育政策研究所 2016 「PISA2015年調査国際結果の要約」
http://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/pdf/2015/03_result.pdf(2016年12月取得)
 文部科学省 2009 『高等学校学習指導要領解説理科編』 実教出版株式会社
 小倉康 2009 「データからみる理科教育の課題 -科学を学ぶ意義が伝わる授業とカリキュラムを-」(ベネッセ教育総合研究所『BERD』No. 15)
http://berd.benesse.jp/berd/center/open/berd/2009/01/pdf/15berd_02.pdf(2016年4月取得)
 矢島博文 2015 「ヨウ素デンプン反応の発色のしくみ」(公益社団法人日本化学会『化学と教育』第63巻第5号)