

理科(各教科の概要・授業案)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-02-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00024626

理科

<研究主題>

主体性を高める授業過程

<主体性ある人間>

- 様々な状況や場面において、自己と集団・社会・ものとの関わりを意識しながら、
- 自己や集団にとって価値あるものや課題を見付けだす
 - 自己や集団の取るべき行動を決定し、実践する
 - 自己や集団の決定や行動を振り返り、評価し、改善する
- これらに、継続的に取り組むとともに、自己や集団を高め続けるよう努力する人間

国語

社会

数学

理科

音楽

美術

保健体育

技術

家庭

英語

<教科で育てたい生徒像>

科学技術が関わる社会的な課題に対して、科学的根拠に基づき自分なりの考えを提案し、議論をおこないながら最適解を求める生徒

<教科で身に付けさせたい要素>

〔知識・技能〕【要素A】

- ・科学的知識や概念（自然や科学に関する知識や概念）
- ・科学的探究の方法に関する知識
- ・実験・観察器具を正しく扱う技能
- ・実験結果を、表やグラフで表す技能

〔思考力・判断力・表現力・その他の能力〕【要素B】

- ・自然事象に対する疑問を認識し、仮説を立てる力
- ・仮説の検証実験を立案する力
- ・観察や実験の結果、資料を定性的、定量的に分析し、解釈する力
- ・獲得した科学的知識や概念を、他の自然事象に活用する力
- ・意思決定する際に、科学的根拠を活用しながら他者と議論する力

〔関心・意欲・態度〕【要素C】

- ・自然事象や科学技術に対する興味や疑問
- ・粘り強く探究する態度
- ・考えが異なる他者ともコミュニケーションをとろうとする態度
- ・社会的な課題に対し、主体的に関わろうとする態度

<教科テーマ>

生徒を取り巻く課題について主体的に関わる生徒の育成
～科学的探究を通して意思決定をおこなう授業づくり～

○ 教科テーマ設定の理由

科学技術はこれまで、人類の発展に大きく貢献し、私たちの豊かな生活を支えてきた。しかし、豊かな生活の陰では、エネルギー資源の枯渇や環境破壊などの課題を引き起こしていることも事実である。つまり科学技術は、その使い方によって、私たちの生活を豊かにするものでもあり、地球規模の社会的課題を引き起こす要因ともなる。そのため、現在はそれらの課題について、科学的な探究を通し、新たな事柄を解明するとともに、それを根拠として新たな科学技術を開発している。そして、科学技術を発展させることで、自分たちが引き起こした社会的課題を解決しようと試みているのである。しかし、科学技術は万能ではなく、また科学技術が発展したとしても、別の新たな課題が生じる可能性もある。そのため、科学技術が私たちの生活、または地球環境に与える影響が大きければ大きいほど、その在り方や発展方向について、個人や社会でよく思慮する必要がある。さらに、科学技術の利用の過程では、生活の中で立場の違う多くの人たちによって議論が重ねられた末に社会的な合意が図られ、正解ではなく、より多くの人にとっての最適解を求めなければいけない。

生徒たちは、小学校から高等学校までの理科の学習を通して、多くの科学的な知識や概念を身に付ける。しかし、その生徒たちが、必ずしも科学技術に関わる社会的な課題の解決に向けた主体的な行動をとるとは限らない。「知ってはいるが関心が低い（または実践まで至らない）」「科学の有用性を感じられず、身に付けたものをどのように活用すればいいのか分からない」という生徒が多いのが現状ではないだろうか。

そこで、本校理科部では研究主題「主体性ある授業過程」のもと、育てたい生徒像を「科学技術に関わる社会的な課題に対して、科学的根拠に基づき自分なりの考えを提案し、議論をおこないながら最適解を求める生徒」とした。科学的根拠を得るためには、要素Aや要素Bにある科学的知識や概念、それらをもとにした科学的探究能力が主に必要となる。そして、科学的探究によって得た科学的根拠に基づき自分の考えを提案し、他者との議論によって自分にとっての最適解を導き出す（意思決定する）活動を重ねることで、社会的課題に対して科学的な視点を持ち、主体的に関わろうとする態度を養いたい。ただし、社会的課題というのは環境問題などの地球規模でとらえるものがすべてではない。まずは、生徒の日常生活に密接に関わる課題（生徒を取り巻く課題）について考える活動を通し、科学技術が自分たちの生活に大きな影響を与えていることを実感させたいと考えた。また、この活動を経験する中で、他人と協働や議論しながら自分なりの考えをもてるようなプロセスをふみ、他者との人間関係形成能力の向上も試みたいと考えている。

以上をふまえ、本校理科部では教科テーマを「生徒を取り巻く課題について主体的に関わる生徒の育成」とし、課題に対して科学的根拠をもとに意思決定する力の育成をめざしていくため、サブテーマを「科学的探究を通して意思決定をおこなう授業づくり」とした。

○ これまでの取組について

1 研究方法

- (1) 3年生の単元に関して、中学校の学習内容を省察して授業実践をおこない、生徒の様子を分析した。
- (2) 単元の学習終了後、学習内容に関する調査問題や質問紙調査を実施し、生徒の回答結果を分析・考察した。

2 授業実践について

(1) 単元計画について

3年生「酸、アルカリとイオン」の単元において、「ある化学工場から排出される酸性の廃液処理に使う薬品選び」をテーマとした学習を計画した。この学習では、「酸とアルカリの性質」「中和」に関する学習内容を活用し、意思決定することをめざした。

【表1 3年生「酸、アルカリと中和」単元計画】

時	【 】教材名 ○目標 ・学習内容	主な要素		
		A	B	C
第1時	【酸性の廃液処理方法を考えよう①…単元ガイダンス】 ○酸性の廃液を中性に近づけるための薬品選びの視点を挙げ、これからの学習の必要性を感じている。 ・酸性の廃液を中性に近づけるために、4種類の薬品（水酸化ナトリウム、水酸化カルシウム、炭酸カルシウム、水酸化マグネシウム）の中からどの薬品を選ぶべきか、資料をもとに考える。			◎
第2時	【DHMOについて考えよう】 ○生徒を取り巻く課題に対して、印象や感情ではなく科学的な根拠に基づいた議論の必要性を感じている。 ・DHMO（Dihydrogen Monoxide）に関する論文を読み、その是非について議論する。			◎
第3時	【酸性・中性・アルカリ性①…さまざまな水溶液のpH】 ○酸性・中性・アルカリ性の水溶液にはどのようなものがあるか調べることができる。 ・さまざまな水溶液の性質について、BTB液・フェノールフタレイン液、pH試験紙を用いて調べる。	◎		
第4時	【酸性・中性・アルカリ性②…酸とアルカリ】 ○前時の実験結果から、酸性とアルカリ性の水溶液を決める要因について仮説を立て、検証実験の結果から説明することができる。 ○水溶液の酸性が水素イオン、アルカリ性が水酸化物イオンの存在によるものであることを理解することができる。 ・水溶液が酸性やアルカリ性を示す要因について仮説を立て、検証実験の結果から説明する。	◎	○	
第5時	【中和反応】 ○実験結果から、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜると、水と食塩が生成する中和反応が起こることを、水溶液中のイオンの様子に着目しながら説明することができる。 ・マグネシウムを加えた塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を加えていくと、やがてマグネシウムの反応がなくなる理由について、水溶液中のイオンの様子に着目しながら説明する。		◎	
第6時	【中和滴定】			

	○ pH の差が 1 未満である 2 つの水溶液の酸性度の違いを調べる方法を提案することができる。 ○ 中和滴定の身近な利用例に関心をもつことができる。 ・ 酢とレモン果汁水のどちらが酸性度が高いか、検証する方法を提案し、実験をおこなう。 ・ 中和や中和滴定の利用例について学習する。		◎	○
第 7 時 第 8 時	【薬品選びのデータ集めとプレゼン準備】 ○ 実験を行い、その結果から薬品選びのための科学的根拠を集め、プレゼンの準備をすることができる。 ・ 4 種類の薬品（水酸化ナトリウム、水酸化カルシウム、炭酸カルシウム、水酸化マグネシウム）を用いて実験をおこない、薬品選びの根拠となるデータを集める。 ・ 自分たちが推薦する薬品について、科学的根拠をもとにプレゼンする準備をする。	○	◎	
第 9 時	【酸性の廃液処理方法を考えよう②】 ○ 酸性の廃液を中性に近づけるための薬品を、科学的な根拠をふまえた議論ができる。 ○ 環境問題の解決のために、中和反応が身近に利用されていることを実感できる。 ・ 4 種類の薬品についてのプレゼンを発表しあい、最終的にどの薬品を用いるべきか議論する。 ・ 環境問題の解決のために、中和反応が利用されていることを紹介する。		◎	○

本単元では、「意思決定する際に、科学的根拠を活用しながら他者と議論する力」の育成に重点を置いた。それは、生徒を取り巻く課題に対して科学的な視点をもって他者と議論を重ねることで、よりその課題に対する関心が高まると考えているからである。議論の際は、「一長一短のある複数の選択肢を吟味し、自分なりの理由で意思決定できるもの」「観察実験結果などが同じでも、個人の価値観や解釈の仕方によって導き出される結論が異なるもの」を話題とし、実際に自分で得た科学的根拠をもとに、他者との議論、特に「他者の考えに科学的根拠をもとに反論すること」を重視した。

(2) 実際の授業の様子

① 第 7・8 時について

本単元における課題を、以下のように設定した。

島田くんは、とある化学工場の環境担当の技術者です。その工場では、廃液として塩酸や硫酸を大量に（1 日に塩酸は 2000 L、硫酸 2000 L）出します。廃液は近くの河川にそのまま流すため、薬品で廃液処理をして流さなくてはなりません。薬品の候補としては、

A 水酸化ナトリウム

B 水酸化カルシウム

C 炭酸カルシウム

D 水酸化マグネシウム

の 4 つの薬品があります。島田君は、どの薬品を使って廃液処理をすればよいでしょう。

授業の冒頭に、上記の薬品選びのポイントとなるのが

- ・ 候補となる 4 つの薬品の性質
- ・ 中和によってできる塩の性質
- ・ 酸性の廃液を中性にするのに必要な量

となることを全体で確認した。その後、グループごとに実験をおこなったり、薬品や塩について iPad を用いて調べたりしながら、判断の根拠となる情報を集めた。生徒が集められるそれぞれの薬品についての情報例を示す。

【表2 4つの薬品に関する情報例】

A 水酸化ナトリウム ・水溶液は強いアルカリ性 ・反応が早い ・潮解性がある ・溶解度は 111g/100g ・500 g …1600 円 ・中和により発生する塩は、塩化ナトリウムや硫酸ナトリウムであり、人体には無害なもの（過剰摂取時を除く）であり、溶解度もカルシウム塩に比べると大きい。	B 水酸化カルシウム ・反応が遅い ・水溶液は石灰水で、強いアルカリ性 ・溶解度は 0.126g/100g ・500 g …2200 円 ・中和により発生する塩は、塩化カルシウムや硫酸カルシウム。塩化カルシウムは毒性が少なく溶解度も大きく、除湿剤などさまざまな場面で活用されている。硫酸カルシウムは石膏の主成分で、溶解度はかなり小さい。
C 炭酸カルシウム ・石灰石、大理石の主成分 ・反応は水酸化カルシウムより遅い ・溶解度は 0.072g/100g ・500 g …2200 円 ・中和により発生する塩は、塩化カルシウムや硫酸カルシウム。中和の際に、二酸化炭素も生じる。塩の性質については、②水酸化カルシウムを参照。	D 水酸化マグネシウム ・反応が極めて遅い ・水溶液は弱いアルカリ性 ・溶解度は 0.00019g/100g ・500 g …3800 円 ・中和により発生する塩は、塩化マグネシウムや硫酸マグネシウムで、豆腐のにがりに含まれるなど、無害（過剰摂取時を除く）。溶解度も他のカルシウム塩に比べると大きい。

【表3 中性にするのに必要な薬品量（実験値例）】

	5%の塩酸 20mL	10%の硫酸 20mL
A 水酸化ナトリウム	1.0g	1.4～1.5g
B 水酸化カルシウム	1.0～1.2g	1.2～1.4g
C 炭酸カルシウム	2.0～2.2g	2.2～2.4g
D 水酸化マグネシウム	0.6～0.8g	1.2～1.4g

この授業では、グループの仲間と協議し、手順を確認しながら実験をおこなったり、薬品について調べたりする姿を認めることができた。

②第9時について

第7・8時で調べたことをもとに、どの薬品がよいか協議した。手順としては、まず自分の推薦する薬品についてプレゼンし、その後、そのプレゼンに対し質問や反論をおこなうという形式をとった。生徒から出された、それぞれの薬品を推薦する理由や、それに対する反論例を以下に示す。

【表4 第9時における生徒の意見例】

A 水酸化ナトリウムについて	
推薦理由例	反論例
・中和後に発生する塩が無害。 ・水溶液として混ぜたときに、反応が他のものに比べ早い。 ・費用は比較的安い。 ・危険とはいえど、対処は可能。	・強アルカリであるため、安全性に課題。 ・潮解性があり、保存に向かない。 ・塩酸との中和後は塩化ナトリウムができるが、川へ流すと塩分が多い川になって良くない。
B 水酸化カルシウムについて	
推薦理由例	反論例
・費用は比較的安い。 ・中和後に発生する塩が無害で、回収すれば再利用可。 ・危険とはいえど、対処は可能。	・強アルカリであるため、危険性がある。特に、目に入ると失明の恐れがある。 ・水への溶解度が小さく、扱いにくい。

C 炭酸カルシウムについて	
推薦理由例	反論例
・ 強アルカリではないため、安全。 ・ 中和後に発生する塩が無害で、回収すれば他の用途に使える。 ・ 自然界にあるもの（石灰石）が調達できれば、費用は安くてすむ。	・ 他の薬品に比べ費用がかかる。 ・ 中和時に二酸化炭素が発生するのは、地球環境に良くない。

D 水酸化マグネシウムについて	
推薦理由例	反論例
・ 弱アルカリであるため、安全。 ・ 中和後に発生する塩は食品にも使われるなど、無害で安全。	・ 水への溶解度が小さく、扱いにくい。 ・ 他の薬品に比べ費用がかかる。

全体での議論においては、それぞれの薬品を推薦した後に、それに対して反論する生徒が認められた。また、水酸化ナトリウム使用時に発生する塩化ナトリウムについては、その性質の解釈によって「環境や生物にとって安全である」という生徒や、「環境や生物にとって有害である」という生徒が認められた。

- (3) 単元終了後の調査問題より
- 単元終了後、中和に関する知識の定着度の検証のため、調査問題をおこなった。
- ①中和に関する化学反応式について
- 今回の実践に関わる中和反応の化学反応式と、正答率を以下に示す。

【表 5 中和反応に関する化学反応式の正答率】

化学反応式	正答率
$\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	95%
$2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	37%
$2\text{HCl} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	32%
$2\text{HCl} + \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	34%
$\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	26%
$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	42%
$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	32%
$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	34%

- ②他者の考えに対する反論の仕方について
- 今回の単元で重視した、「意思決定する際に、科学的根拠を活用しながら他者と議論する力」について検証するために、「他者の考えに科学的根拠をもって反論すること」ができているかどうかを検証した。質問内容を以下に示す。

附属くんは、（廃液処理に適する薬品として、）水酸化ナトリウムについて、以下のように推薦してきました。これに対し、水酸化ナトリウムを推薦したいあなたはどのように反論しますか。
水酸化ナトリウムは、溶解度も他の薬品に比べて大きく、水溶液にして使用できる。値段も最も安く、廃液を中性にする量も含めて考えれば、費用もかからない。また、廃液と混ぜることによって発生する物質は、生物に対して安全性の高いものであり、かつ溶解度も大きい。ため、水溶液として川などに流すことができる。よって、水酸化ナトリウムを推薦します。

この質問に対し、規準を以下のように設定し、検証した結果を以下に示す。

【表 6 「他者の考えに科学的根拠をもって反論すること」に関する検証の規準】		
A	水酸化ナトリウムの性質（長所や短所など）と水酸化マグネシウムの性質を把握し、両者を比べた上で、反論を述べている。	74%
B	どちらかの物質の性質をふまえ、反論を述べている。	21%
C	A、Bのどちらも満たしていない	5%

(4) 質問紙調査より

本研究で意識している「社会的課題に対して科学的な視点を持ち、主体的に関わろうとする態度」「意思決定する際に、科学的根拠を活用しながら他者と議論する力」について、生徒の自己評価による質問紙調査をおこなった。その内容と結果を以下に示す。

【表7 生徒への質問紙調査の内容と結果 (N=34)】

①授業で学ぶことが「実社会で使われている」ことを感じられましたか？

自己評価	学習前	学習後
3	29	31
2	5	3
1	0	0

②自分の意見を言うことができましたか？

自己評価	学習前	学習後
3	19	20
2	13	12
1	2	2

③相手の意見に対し、意見（質問、反論等）が言えましたか？

自己評価	学習前	学習後
3	9	16
2	18	13
1	7	5

(5) 単元終了後の生徒自身による振り返りについて

本単元の学習終了後、「学習前と学習後で、考えが変わったことや、感想」についての自由記述をおこなった。その結果、以下のような記述に分類された。(N=34)

①中和反応に対する学習の深まりを感じた記述例 (12/34)

- ・中和を学ぶ前では、使用する物質の性質だけから決めていたが、学んだ後は、(中性にするのに必要な) 数値や反応後に発生する物質のことも考えて選ぶことができた。
- ・最初は、酸性とアルカリ性を混ぜると何か発生する、とは考えもしませんでした。この学習をしてから、アルカリ性が人にとって危険ということや、酸性、アルカリ性を混ぜると水と塩ができるということを知ったので、何を基準に薬品を選べばいいか、わかるようになりました。だから、むやみに薬品を混ぜてはいけないと思うようにもなりました。また、塩として何が出るか、化学式から予想しておくのが大事になると感じました。

②科学的な探究をふまえ、さまざまな視点で考える必要性を感じた記述例 (13/34)

- ・4つの薬品すべてに利点と欠点があり、大量に使用すること、長年使用することなど、視野を広くしてもなかなか決まりませんでした。しかし、値段、環境、必要な量、化学式で計算をして、多面、多角的な見方で考えられたのでよかったです。
- ・与えられた情報だけで自分なりの解釈をし、結論を出しても、あまり説得力はないとこの学習を通して感じました。自分の意見を述べる上で必要な情報を実験やインターネットから用意し、さらに他と比較すると、よりよい意見となりました。今回は、自分たちが必要とする情報を、自分たちで実験を考えて用意することができ、1からプレゼンづくりができた良い学習だったと思います。

③学習内容と実社会とのつながりを感じた記述例 (10/34)

- ・高い技術の化学工業が進んでいる今、私たちが物理や化学を学んでいるのは、社会をより理解していくことなのかなと感じられた授業でした。
- ・今回の課題は実際に起こっていることでもあり、身近に感じることができました。化学の力がこのような環境や産業的に役立つということにビックリしました。

④議論の仕方についての学びの深まりを感じた記述例 (8/34)

- ・ものは言いようで、相手を賛成にさせる文章も作れば、反対にさせる意見もでき、(述べ方次第で)自分の意図する方向に仕向けることができる。自分の意見を納得させるには、相手と自分の両方を知った上で述べる必要がある。
- ・ディベートでは、薬品のプレゼンを通して、利点を強調し、欠点を隠すなどの情報の操作の重要性について学び、ものごとを多角的に見ることの大切さを学びました。

3 成果と課題

(1) 要素A「中和反応に関する基礎的な科学的知識・技能」について

調査問題の結果から、塩酸と水酸化ナトリウムの中和反応に関する化学反応式の定着度は高かったものの、他の中和反応についての定着度には課題が見られた。今回の単元では、薬品の化学式や化学反応式の取り扱いについては、第7・8時における探究の時間でグループごとに扱っているだけであった。やはり、中和反応に関する化学式や化学反応式の定着度を高めるには、単元を通じた学習の中で、より反復を繰り返す必要があることが明らかとなった。

(2) 要素B「意思決定する際に、科学的根拠を活用しながら他者と議論する力」について

第9時での議論や、調査問題での記述の様子から、「他者の考えに科学的根拠をもって反論すること」ができていた生徒が多く認められた。また、生徒の自己評価による質問紙調査の結果からも、本単元の学習を通して、他者の考えに科学的な根拠をもって反論できるようになった生徒が認められたため、要素B「意思決定する際に、科学的根拠を活用しながら他者と議論する力」の育成に向け、本実践は一定の効果があったと考えられる。

(3) 要素C「社会的課題に対して科学的な視点を持ち、主体的に関わろうとする態度」について

単元学習後の自由記述や、質問紙調査の結果から、本単元の学習内容である中和反応と社会との関連性について実感した生徒が多数認められ、「社会的課題に対して科学的な視点を持ち、主体的に関わろうとする態度」の育成に向け、本実践に一定の効果があったと考えられる。ただ、今回は中和反応という、比較の実社会(環境問題)とのつながりがわかりやすい学習内容であったため、生徒の実感としては大きな伸びは見られなかった。他の学習内容でも、理科の学習と実社会とのつながりを感じられるような文脈の設定を意識した単元開発を継続していく必要があると考えられる。

4 まとめ

中和反応をテーマとした今回の実践は、本年度の研究テーマにせまるものとしては一定の効果があったと考えられる。しかし、科学的知識や技能といった、学習内容面に関する定着度には課題が残った。科学的知識や技能は、単元の学習の中で繰り返し活用していくことで定着が図れるものと考えられる。そのため、今後は学習内容をふまえ、単元を通して知識や技能を学習、活用させられるような「文脈」の提示や単元構成の研究を継続していく必要がある。