

1. 関連する学習指導要領の内容

第3学年〔第1分野〕(6) 化学変化とイオン

2. 平成30年度全国学力・学習状況調査の結果から

【分析結果と課題】

○ 実験を計画することに課題

自然の事物・現象の中に問題を見いだして課題を設定し、解決する過程において、身に付けた知識及び技能を活用し、実験を計画することに課題がある。

〔4〕(2) 正答率 44.5%〕〔報告書 P49～P50〕

【学習指導に当たって】

○ 先人の知恵を手掛かりに、身に付けた知識及び技能を活用して、実験を計画する

身に付けた知識及び技能を活用して実験を計画することができるようにするためには、生徒が解決の必要性を実感できる事象から課題を設定し、試行錯誤しながら課題を解決する授業の構成が大切である。

また、先人の知恵を手掛かりに、自然の事物・現象を科学的に探究することを通して、自分の考えを広げたり深めたりすることも大切である。

3. 本指導事例では

○ 身に付けた知識及び技能だけでは困難になり、探究が行き詰まる

探究は常に順調に進むとは限らず、試行錯誤しながら困難を乗り越えることで新たな知見が得られ、次の探究への意欲が高まる。探究が行き詰まった場合、あきらめてしまうのではなく、他者の考えや関係のある事柄を調べ、それらを基に新たな方法を考え、解決を目指すことが大切である。本指導事例では、身に付けた中和に関する知識及び技能だけでは解決が困難になり、新たな情報を得る必要に迫られる場面を設定している。

○ 先人の知恵を手掛かりに、新たな実験を計画し、課題を解決する

「水酸化ナトリウム水溶液で酸性の河川水を中性に近付けることはできるが、適切な方法ではない」という考察から、身に付けた中和に関する知識及び技能だけでは課題の解決が困難であることに気付く。このことから、課題を解決するためには、参考になる事象や関連した知識の必要性を実感する。そこで、足場掛けとして先人の知恵を提示し、その知恵を手掛かりに新たな実験を計画して、課題を解決する場面を設定している。

○ 理科を学ぶことの意義や有用性を実感する

本時の探究を通して得た、酸性の河川水を中性に近付ける適切な方法が、社会の中で活用されている例として、群馬県草津地域で行われている中和事業を紹介し、先人の知恵が生かされていることに気付き、理科を学ぶことの意義や有用性を実感できるようにしている。

4. 単元(中項目):水溶液とイオン

(1)単元の目標

化学変化をイオンのモデルと関連付けながら、原子の成り立ちとイオン、酸・アルカリ、中和と塩についての基本的な概念や原理・法則などを理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本操作や記録などの基本的な技能を身に付けること。

水溶液とイオンについて、見通しをもって観察、実験などを行い、イオンと関連付けてその結果を分析して解釈し、化学変化における規則性や関係性を見いだして表現すること。

水溶液とイオンに関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとする態度を養うこと。

(2)単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
化学変化をイオンのモデルと関連付けながら、原子の成り立ちとイオン、酸・アルカリ、中和と塩についての基本的な概念や原理・法則などを理解しているとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本操作や記録などの基本的な技能を身に付けている。	水溶液とイオンについて、見通しをもって観察、実験などを行い、イオンと関連付けてその結果を分析して解釈し、化学変化における規則性や関係性を見いだして表現しているとともに、探究の過程を振り返るなど、科学的に探究している。	水溶液とイオンに関する事物・現象に進んで関わり、見通しをもったり振り返ったりするなど、科学的に探究しようとしている。

(3)単元の指導計画(19時間)

次	学習の内容	主な学習活動
第一次 (9時間)	原子の成り立ちとイオン	<ul style="list-style-type: none"> ○ 水溶液に電圧を加え電流を流す実験を行い、水溶液には電流が流れるものと流れないものがあることを見いだす。 ○ 塩化銅水溶液に電圧を加え、水溶液の変化を調べる実験を行い、その結果から、陽極には塩素が発生したこと、陰極には銅が析出したことを見いだす。
第二次 (5時間)	酸・アルカリ	<ul style="list-style-type: none"> ○ 酸とアルカリの性質を調べる実験を行い、酸とアルカリのそれぞれの特性が、水素イオンと水酸化物イオンによることを知る。
第三次 (5時間) 本時5/5	中和と塩	<ul style="list-style-type: none"> ○ 中和反応の実験を行い、酸とアルカリを混ぜると水と塩が生成することを知る。 ○ 先人の知恵を手掛かりに、酸性の河川水を中和して中性に近づけ、農業用水として使う方法を考え、説明する。

5. 本時: 先人の知恵を手掛かりに、知識及び技能を活用して、強い酸性の河川水を中和する

(1) 本時の目標

先人の知恵を手掛かりに、中和に関する知識及び技能を活用して、強い酸性の河川水を中性に近付ける適切な方法を考え、実験を計画することができる。

(2) 展開例

探究の過程	学習活動	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 指導・支援, 留意点 ○ 主に指導に生かす評価 ◎ 指導に生かすとともに記録し総括に用いる評価
課題の把握 (発見)	<p>1 問題を見だし, 課題を設定する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 事象の中に問題を見いだす。  <ul style="list-style-type: none"> ・ 見いだした問題から解決可能な課題を設定する。 	<p>指導のポイント①「課題の設定」 3'08"</p> <p>事象の中に問題を見だし, その原因と考えられる要因を考え, 解決可能な課題を設定できるようにする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 温泉水が河川に流入し, くぎやコンクリートが溶けている様子から温泉水の性質について考え, 問題を見いだすようにする。 ◆ 強い酸性の温泉水が河川に流入したときの生物や生活への影響を考えて, 解決可能な課題を設定する。
課題の探究 (追究)	<p>2 身に付けた知識及び技能を活用して実験を計画する</p>  <p>3 計画した実験を行い, 結果を考察する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 考えた方法が適切か実験で確かめる。  <ul style="list-style-type: none"> ・ 結果を考察し, 考えた方法が適切でないことに気付く。 ・ ほかに適切な方法がないか考える。 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 身に付けた知識及び技能を活用して, 強い酸性の河川水を中性にする方法を個人で考え, 全体で共有して, 実験を計画できるようにする。 ○ 身に付けた中和に関する知識及び技能を活用して実験を計画している。 <p>【思考・判断・表現】 (行動観察)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 考えた方法は, 少量でも中性に近付けることが困難であることに気付き, 多量に流れる河川水に対して, 適切ではないと考察できるようにする。 ◆ 新たに適切な方法はないか班で話し合い, 思い付かないことから, 探究が行き詰まったことに気付くようにする。

<p style="writing-mode: vertical-rl;">課題の探究（追究）</p>	<p>4 先人の知恵を手掛かりに、新たな実験を計画する</p> <ul style="list-style-type: none"> 身に付けている知識及び技能を活用して、提示された先人の知恵の仕組みを考える。  <p>4 提示された先人の知恵を、解決の手掛かりとする</p> <p>「昔のどの地域の人たちは、石灰石をまいて、8' 29" 薬をしていました」</p> <ul style="list-style-type: none"> 先人の知恵を手掛かりに新たな方法を考え、実験を計画する。 	<p>指導のポイント②「先人の知恵を足場掛けとして提示」 7' 52"</p> <p>身に付けている知識及び技能だけでは課題が解決できない場合、足場掛けとしての情報を提示することが大切である。本指導事例では、先人の知恵を手掛かりとして提示する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 酸性の土壌に石灰石をまいて農作物を栽培していた先人の知恵を手掛かりに、石灰石を用いて酸性の河川水を中性に近付ける新たな実験を計画できるようにする。 <p>指導のポイント③「学習活動の見通しをもつ」 9' 09"</p> <p>学習活動の見通しをもち、観察、実験から結論の導出まで区切らず、生徒が主体的に探究できるようにする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 身に付けている知識及び技能を活用して、先人の知恵の仕組みを考え、それを手掛かりに実験を計画している。 【思考・判断・表現】（行動観察、ノートの記述）
<p style="writing-mode: vertical-rl;">課題の解決</p>	<p>5 新たな実験を行い、結果を考察して結論を導出する</p> <ul style="list-style-type: none"> 先人の知恵を手掛かりに考えた方法が適切か確かめる。 結果を考察し、結論を導出する。  <p>5 結果を考察し、結論を導出する</p> <p>「中性に近づいていったことから、その方法は適切であると考えます」 10' 30" に、学級全体で共有し、考察を深める</p> <p>6 まとめと振り返りをする</p> <ul style="list-style-type: none"> 結論を日常生活や社会と関連付けてまとめる。  <p>6 結論を日常生活や社会と関連付ける</p> <p>12' 59"</p> <ul style="list-style-type: none"> 本時を振り返る。  <p>6 本時を振り返る</p> <p>先人の知恵が活用されていることや、身の回りで利用しているという視点で振り返る 14' 18"</p>	<ul style="list-style-type: none"> 酸性の河川水に、過剰な量の石灰石を入れたときの pH の変化を 1 分ごとに調べる実験を行い、その結果から考えた方法が適切か考察して、結論を導出できるようにする。 <ul style="list-style-type: none"> 先人の知恵が社会の中で生かされていることや、中和が利用されることによって生活が豊かになっていることに気づき、理科を学ぶことの意義や有用性を実感できるようにする。 <p>指導のポイント④「振り返りの視点を明示」 13' 43"</p> <p>振り返りの視点を明示し、本時で重点を置いた探究の過程を振り返るようにする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 振り返りの視点として、本時で重点を置いた探究の過程である「先人の知恵を手掛かりに課題を解決したこと」、「探究を通して考えた方法が社会や日常生活で活用されていること」を明示し、振り返るようにする。 先人の知恵の偉大さに気づき、理科を学ぶ意義や有用性を実感している。 【主体的に学習に取り組む態度】（振り返りの記述）

6. 本指導事例における指導の工夫等

(1) 本時の実験で用いた教材等

群馬県草津地域の先人の知恵の偉大さに気付き、困難を乗り越えて、粘り強く探究を進める授業を構成するために、以下の教材を用いた。

○酸性の温泉水

本指導事例では、市販されている濃縮した温泉水を用いて、pH 1.5程度になるように水で希釈して用いた(図1)。市販されている粉末の「温泉の素」は、pH が中性に近く、香料などの成分も含んでおり、本実験には適していない。



図1 温泉水

○pH 試験紙

時間の経過とともに pH の変化を視覚化して把握できるよう、万能 pH 試験紙を使用した(図2)。



図2 万能 pH 試験紙

(2) 探究的な学習活動における実験を計画する際の留意点

実験の計画には、条件制御などの実験の仕組みや原理を考えることと、器具や手順などの具体的な方法を考えることの二つの側面がある。単元の学習で設定する探究的な学習活動における実験の計画は、実験の仕組みや原理を考えることに重点を置き、器具や手順などの具体的な方法は教師が示すことで、実験操作の意味や実験結果の見通しをもつよう指導することが大切である。

全ての探究の過程を生徒が主体的に行う学習活動は、主に単元末や長期休業中等に設定することが考えられる。その探究の過程において、実験の仕組みや原理と具体的な方法の両方を考えるよう指導することが大切である。

(3) 探究の過程と生徒の思考を可視化して構造化した板書の工夫

疑問・思いだした問題

- 強い酸性で生活には使えない?
- 生物は死ぬのでは?
- 農作物も使えないのでは?

結果と考察

- アルカリ性になるとか、少量でも中性に近づけるのは難しい。
- 少量に湧き出す温泉水を中性に近づける最適な方法は?

先人の知恵

- 石灰石を田や畑に入れて農業をやっていた。

新たな疑問

アルカリ性の水溶液を使わない他の適切な方法はありますか?

課題 少量の酸性の河川水を中性に近づけるにはどのような方法が適切か

実験の方法 水酸化ナトリウム水溶液を入れる。

実験の方法 ② 石灰石を酸性の水溶液に入れる。

結果 ②

- pHの変化 ほとんど中性に近づいた。
- 水溶液の脱色 石灰石と河川水が反応し気体が発生した。

考察 ②

- 水素イオンが石灰石と反応して減少し、中性に近づいていく。
- 酸性の河川水に石灰石を多く入れた場合は中性に近づけると考えられる。

結論

- 少量の強い酸性の河川水を中性に近づけるには、石灰石を使う方法が適切である。

図3 探究の過程と生徒の思考を可視化して構造化した板書の例

板書では、探究の過程や生徒の思考の流れを可視化し、構造化することが大切である。本指導事例では、黒板の上段に最初の探究を、下段に先人の知恵を手掛かりに行った新たな探究をまとめた(図3)。このような構造化した板書により、気付いたこと、驚き、不思議さ、新たな発見の喜びなどの情意面を記入して矢印で結ぶなど、生徒自らが思考を整理し、ノートづくりを工夫することによって振り返りも深められるようにした。

(4)「先人の知恵」や「先哲の考え」を教材として用いる意義と具体例

① 教材として用いる意義

本指導事例では、石灰石を用いて酸性の土壌を中性に近付ける「先人の知恵」を取り上げた。また、平成30年度全国学力・学習状況調査の中学校理科設問⁴では、先哲であるファラデー著の『ロウソクの科学』を引用し、「先哲の考え」を足場掛けとして探究を進めていく場面を設定した。

例えば、ファラデーの『ロウソクの科学』を基に物質の燃焼を探究する授業では、ファラデーの見方・考え方を参考にすることで、知識及び技能を身に付けるとともに、生徒の見方・考え方もより豊かで確かなものとなる。このような「先人の知恵」や「先哲の考え」を基にした探究的な授業は、理科を学ぶ意義や有用性を実感する上でも重要である。

② 「先哲の考え」を教材化した例(ダニエル電池)

学習指導要領では、新たにダニエル電池を取り上げている。ダニエルが、分極によってすぐに電圧が低下し、実用化が難しいボルタ型電池を改良した歴史を知り、ダニエルの見方・考え方によってダニエル電池を探究する学習活動が考えられる。

ダニエル電池は、セロハンチューブを用いた半透性の隔膜や寒天などの塩橋が必要であり、準備物が多い実験装置である。そこで、安価で簡易な実験装置(図4)を開発した。水道工事に用いる銅箔テープ(図5)と亜鉛箔テープ(図6)をシャーレに貼り付けて電極とし、塩橋として飽和塩化カリウム水溶液(又は飽和食塩水)をしみ込ませたろ紙を使用する。

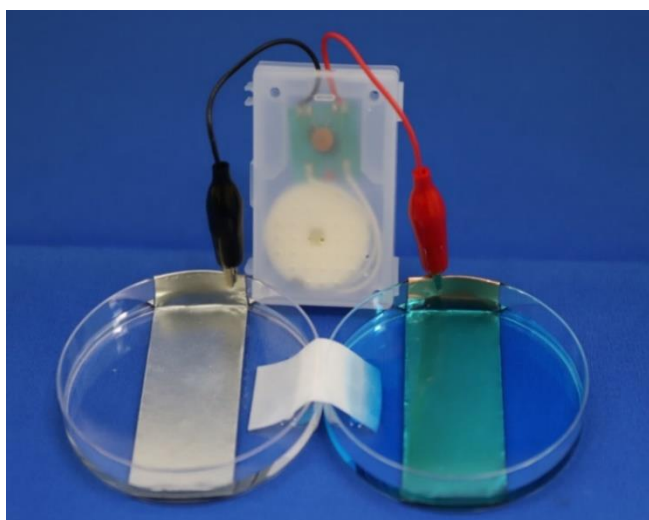


図4 開発した安価で簡易なダニエル電池

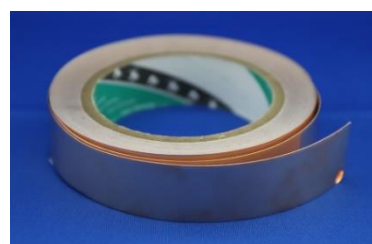


図5 銅箔テープ



図6 亜鉛箔テープ

この装置の起電力は、ダニエル電池の理論値に近い1.1Vを生じ、時間はかかるが電極の変化(各電極の金属光沢の消失)も確認することができる。この電池は長時間電流を取り出せるので、ボルタ型電池との差を比較しやすい。生じる電流値は小さいので、電流値を大きくしようという新たな課題を設定して探究することも考えられる。

また、ダニエル電池は、冬期に電解液が凍ったり、液体のため運びづらかったりといった問題がある。1887年屋井先蔵が、これらの問題を解決した乾電池の開発に成功した。世界に先駆けた乾電池の発明は日本人の功績であることや、日本が電池の開発において世界をリードしていることに触れることで、理科を学ぶ意義や有用性を実感できると考えられる。