

理科授業案

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-08-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 井出, 祐介 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/00026745

理科授業案

授業者 井出 祐介

- 1 日時 平成30年10月12日(金) 第2時 11:20~12:10
- 2 学級 3年A組 (第1理科室)
- 3 題材名 「イオンの視点で食塩を科学する」

4 題材の目標

食塩を構成する原子の種類に疑問をもった子どもたちが、食塩水の電気分解や他の物質との比較を通して、水溶液中のイオンの動きやイオンの性質について考え、イオンの視点で物質の変化を捉えることの有用性を実感することができる。

5 題材観

(1) 見えないものを見ようとする

人類は目には見えない自然の事物や現象を、豊かな想像力を働かせてあたかも見えるように捉えたり、見えるように様々な工夫をしたりすることで追究してきました。例えば光学顕微鏡が発明されたことをきっかけに、全ての生物の体が目には見えないほど小さな細胞という構造をもっていることが明らかになりました。また肉眼でははっきりとわからないほど遠くにある天体の運動についても、望遠鏡をのぞき込むことで、あらゆる天体が規則的な運動をしていることや、地球を中心として宇宙が構成されていないことが明らかになりました。このように微視的であれ、巨視的であれ、目には見えないものを見えるようにすることで、人類は科学的な事実を更新し、積み重ねてきたわけです。

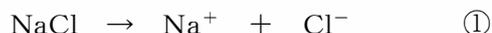
身の回りにある物質は様々な化学反応の結果によって生じたものであり、ありとあらゆる物質が、とうてい目には見えないほど微少ないくつかの原子の組み合わせによって構成されています。物質を原子で捉えることができれば、その物質のもつ特性や、他の物質との反応の様子も推測することができ、近年では新たな物質を作り出すことでさえ可能となっています。実際に原子という微少な粒子があることが目に見えるようになったのは、電子顕微鏡が発達した20世紀に入ってからです。それまでは化学変化や物質の示す性質を鍵として、原子の動きや、原子が電荷を帯びたイオンの存在について考えられてきました。最新の科学技術は、それまで最小であると考えられてきた原子の中に、陽子や中性子、さらに微少なクォークといった粒子があることも明らかにしてきました。

(2) 食塩

一般的な物質の一つである食塩も例外ではなく、今日ではナトリウムイオンと塩化物イオンが1:1の割合で多数結合してできた物質であることが明

らかになっています。食塩は調理の場面だけでなく、生命や身体機能の維持に欠かせません。また、塩素や苛性ソーダ(水酸化ナトリウム)など他の製品を製造するうえで必要な物質を作り出す「ソーダ工業」にも利用され、総計では日本人一人当たりで年間に約72kgもの食塩を消費すると言われていています。このように食塩はとても身近な物質である一方で、その化学的性質に目を向ける人は少ないのではないのでしょうか。

調理の際に食塩を水に溶かすと、それまで見えていた白色の固体が、人の目には見えないほど小さな粒子に分かれ、見た目には透明な状態になってしまいます。水に溶かす前の食塩はナトリウムイオンと塩化物イオンが集まって結晶を構成しています。磁石のN極とS極が引きつけ合うように、+と-の異なる電気を帯びている両イオンは、静電気力によって互いに引きつけ合っています。しかし、ひとたび水に溶けると、水分子中の電荷の偏りによって、塩化ナトリウム中のナトリウムイオンは水分子の一方(酸素側)に引き寄せられてしまい、ナトリウムイオンと塩化物イオンの距離が離れることで引きつけ合う力が弱まり、2種類のイオンとして引き離される電離がおきます。食塩の電離の様子は①式のように表せます。



このように、水に溶かすという単純な操作によって、イオンに劇的な変化がおこることで、固体のままでは電流を通さない食塩に電流を通すことができってしまうわけです。

(3) 食塩水の電気分解

ある物質を何らかの方法で分解し、取り出された物質を明らかにすることで、どのような原子やイオンが、どのような組み合わせで構成されているのかが分かります。しかし、本来自然のまま存在している物質はエネルギー的に安定な状態にあるので、

その安定な状態を打破するような大きなエネルギーを加えたり、より安定な状態をもたらすような物質と反応させたりしなければ分解はできません。電流が流れる物質の場合、電気エネルギーを加えることで分解することができます。食塩の固体をそのまま加熱しても分解できませんが、水中で電離した状態ならば電気エネルギーで分解できそうです。電流を流す電気分解をすることで、本当にナトリウム原子と塩素原子から構成されているのか確かめてみました。

図1のような装置で蒸留水 400 g に食塩 10 g を溶かした水溶液に炭素棒を用いて電気分解をしました。陰極からは激しく気体が発生し、陽極からはぼつぼつと気体が発生しました(図2)。それぞれの気体を試験管に集めて、陰極側の気体にマッチの炎を近づけると小爆発をし、陽極側の気体からはボールの消毒薬のような刺激臭がしました。陰極には水素、陽極には塩素が発生したことがわかります。

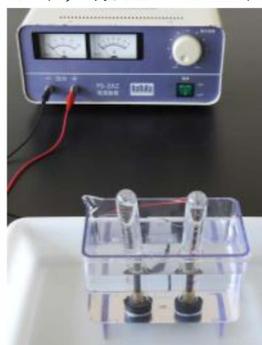
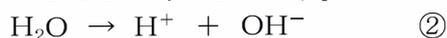


図1 装置概要
炭素電極

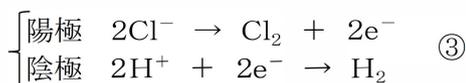


図2 気体捕集の様子
左：陰極，右：陽極

これらの結果をどのように捉えればよいでしょうか。陽極側に塩素が発生したことから、食塩を構成しているイオンとして塩化物イオンが考えられます。しかし食塩NaClの中に水素原子Hはありませんが、電気分解によって水素が発生します。水素原子は水分子の中にしかないので、発生した水素は水分子H₂Oの中の水素原子に由来することが考えられます。つまり食塩が電離するとともに、水分子もわずかながら電離しており、②式のような反応がおきていることが考えられます。



水分子が電離した結果、水素イオンH⁺がもたらされ、陰極に水素が発生したわけです。また、ビーカーの中には水酸化物イオンOH⁻が残ることになり、これが原因となって元々中性であった水溶液が電気分解の後にはアルカリ性を示すはずですが、実験後の水溶液を、赤色リトマス紙につけると青色に変化することが確認できました。炭素電極で電気分解したときの反応を電子e⁻を含めてまとめると、③式のようになります。



このように電流を流した一瞬の間に、イオンが活発な動きをしたことによって、化学反応が進んだことが推測されます。

さて、食塩水の電気分解を進めても、一向にナトリウムを取り出すことができません。しかしナトリウムが蒸発したり、無くなったりすることはなく、あくまで目には見えないほど小さな粒子のまま水溶液中に存在するわけです。+の電気を帯びているナトリウムイオンは陰極に引きつけられて析出してもおかしくはありません。そのナトリウムイオンを押しつけてでも水素イオンが反応して、水素が発生するわけです。ここから同じ陽イオンであっても、水素イオンよりナトリウムイオンの方がイオンとして水溶液中に安定して存在することがわかります。このように、食塩や食塩水はとても身近な物質ではありますが、イオンの視点で捉えると、非常に複雑な反応を示すことがわかり、一見すると不思議な現象で終わってしまいそうですが、イオンの概念で捉えることで、理論的に、矛盾なく説明することができます。

(4) 本題材で味わう理科ならではの文化

本題材において子どもたちが味わうべき理科ならではの文化を、「食塩水を電気分解したときのイオンの動きについて、様々な科学的な根拠を基にして語り合うことで、イオンの視点で物質の変化を捉えることの有用性を感じる」とします。そのような文化を味わうためには、食塩水を電気分解するときに見られる様々な現象を、実験に基づいた科学的な根拠で捉えたり、他の物質と性質を比べたりすることが大切になるでしょう。水溶液中のイオンの動きについて、実際に目に見えるようにすることは困難です。しかし、実験結果や他の物質での結果を基にすることで、水溶液中のイオンの動きについてあたかも目に見えるかのように、イメージを膨らませることは可能であると思います。その際には仲間との「科学的対話」やイオンモデルが有効になるでしょう。

食塩は私たちにとって身近な存在です。また、子どもたちにとっても小学校や中学校で何度も用いたことのある物質であり、塩化ナトリウムという物質名も他の物質名に比べ、よく知られているでしょう。だからこそ、「ナトリウム」とは一体何なのか、なぜ水に溶かすだけで電流が流れるのかといった疑問を子どもたちがもちやすい物質であると思います。本題材において、これらの疑問を解き明かすために、食塩や食塩水に含まれるイオンの動きやイオンの性質を考察していくことで、イオン概念の有用性を子どもたちは実感するでしょう。

(5) 題材と子どもたち

子どもたちがイオンのように微視的な視点で物質や化学変化を捉えることで、一見不思議な反応であっても、なぜそのような反応になるのか、どのような性質をもつのか、何が発生するのかといったことを理論的に考えることができるようになるでしょう。このような「科学のまなざし」をもつことが、自然の事物・現象のしくみや原因を解き明かすうえで

で欠かせないと考えます。イオンの視点で考えることのできるようになった子どもたちは、本題材後にも化学電池や酸・アルカリといった他の化学変化についても追究していこうとするでしょう。そのような姿勢が、何気ない自然の事物・現象に潜む疑問を解決しようとする意欲をかきたてることにつながることを願います。

参考文献：日本化学会(2010)『決定版 感動する化学』 東京書籍

6 新学習指導要領との関連

(6) 化学変化とイオン

イ 化学変化について、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。また、探究の過程を振り返ること。

(ア) 水溶液とイオン

⑦ 原子の成り立ちとイオン

水溶液に電圧をかけ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して理解すること。また、電解質水溶液に電圧をかけ電流を流す実験を行い、電極に物質が生成することからイオンの存在を知るとともに、イオンの生成が原子の成り立ちに関係することを知ること。

7 題材構想 (全5時間)

- (1) 食塩を再度科学する (1時間)
- (2) 食塩水を電気分解してみる (1時間)
- (3) 食塩水の電気分解で生じた疑問を追究する (2時間)
- (4) 食塩水の電気分解で生じた疑問を解決する (1時間：本時)

(1) 食塩を再度科学する (1時間)

食塩はこれまでに何度も扱ってきた物質なので、子どもたちにとっても、身近な存在であるでしょう。まず食塩がどのような物質であるのかを挙げるように子どもたちになげかけると、次のような意見が出てくるでしょう。

- ・ 白い固体だ
- ・ 水に溶ける物質である
- ・ 1年生の物質の分類のときに、ガスバーナーで燃やしたが、燃焼しなかった
- ・ 塩化ナトリウムが正式名称だ
- ・ 化学式だとNaClと表される
- ・ ナトリウム原子と塩素原子が規則的に、多数結びついている

など

そこで授業者は、食塩が本当にナトリウム原子と塩素原子から構成されているのか問いかけます。子どもたちは2年生のときに食塩が塩化ナトリウムであることを学習しています。しかし、なぜ「塩化

ナトリウム」であるのか、科学的な根拠を基に学習しているわけではないので、改めて考えてみると、食塩を構成する原子の不思議さに気づき、以下のよう

- ・ 塩素ということは、食塩の中にはプールの消毒薬と同じ成分が入っているのだろうか
- ・ ナトリウムとはどのような物質だろう
- ・ どのような根拠から、食塩の中にナトリウムと塩素が含まれていることが明らかになったのだろうか
- ・ 食塩を分解して塩素とナトリウムが取り出すことができれば、NaClであることが明らかになるだろう
- ・ 炭酸水素ナトリウムを加熱すると二酸化炭素と水、炭酸ナトリウムに分解されたように、食塩も加熱すると塩素とナトリウムに分解するのではないだろうか
- ・ 電流を流して電気分解する方法もあると思う

など

子どもたちは1年生で学習した物質の分類方法で、実際に食塩を加熱しても燃焼するわけではなく、気体が発生することもないため、加熱分解が容易ではないことがわかるでしょう。そこで、食塩の大きな結晶である岩塩に電流を流す演示実験を行います。電流を流す物質の代表例である金属のような光沢や展性、延性がないので、食塩が電流を流さないのは、子どもたちにとって当然のことかもしれません。次に食塩を水に溶かして食塩水の状態にして電流を流してみます。子どもたちからは次のような発言がなされるでしょう。

- ・食塩も塩化銅と同じような電解質だ
- ・水に溶かしたときに、イオンにどのような変化がおきるのだろうか
- ・溶かす前の水のままでは電流（電子）が流れないはずだ。物質が溶けると電子を伝えるようになるのはなぜだろうか
- ・食塩のままでは分解が難しそうだが、食塩水ならば電気分解ができそうだ

など

次時では実際に食塩水の電気分解を行うことを提案します。

(2) 食塩水を電気分解してみる（1時間）

実際に子どもたちが食塩水の電気分解を行っていくと、次のような発言がなされるでしょう。

- ・両方の電極から気体が発生している
- ・陽極と陰極を比べると、陰極の方から盛んに気体が発生している
- ・両方の気体に火のついた線香を近づけても反応がみられない。酸素は発生していないようだ
- ・マッチの炎を近づけると、陰極の気体は小爆発をした。ここから水素が発生したことがわかる
- ・陽極の気体の臭いは、プールの消毒薬の臭いと同じだ。ということは塩素が発生したはずだ
- ・塩素は水に溶けやすいから、気体として出てくる量が少ないのかもしれない
- ・電気分解をする前とした後では水溶液の様子は変化していないように感じる

など

実験結果をまとめていく過程で、子どもたちからは次のような疑問が出てくると予想されます。

- ・実験結果から、食塩水を電気分解すると陽極に塩素、陰極に水素が発生することがわかる
- ・結果から考えると、食塩は水素と塩素からつくられていることになる。ナトリウムはどこにい

ってしまったのだろうか

- ・食塩の化学式はNaClのはずなのに、水素が発生するのはおかしい。水素はどこから発生したのだろうか
- ・食塩水が電流を流すということは、電離をしているから、

$$\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$$
 となっているはずなので、水素は発生しないと思うけれども……
- ・電気分解を行った後の液体は少しぬめぬめしていた。食塩水から何か別の液体に変化してしまったのではないだろうか
- ・電気分解を何回行っても陰極に水素、陽極に塩素が発生した。なぜ発生する気体と電極が決まっているのだろうか
- ・塩素は必ず陽極に発生するのだろうか
- ・食塩のままでは電流が流れずに、食塩水にすると電流が流れる。ビーカーの中でイオンはどのように変化しているのだろうか

など

食塩水を電気分解してもナトリウムが発生せず、予想外の水素が発生することに子どもたちは驚きを感じるでしょう。子どもたちから多くの疑問点が出てきたところで、授業者は次の3点に集約したいと思います。

- ①どこから水素が発生したのか
- ②ナトリウムはどこにいったのか
- ③塩素はどのようにして発生するのか

次時以降ではこれら3つの視点でグループごとに分担して追究していくこととします。

(3) 食塩水の電気分解で生じた疑問を追究する（2時間）

前時まで確認した視点に基づいて、追究活動をしていきます。子どもたちの活動を重視しつつ、適切な支援をしていきたいと思っています。

①どこから水素が発生したのか

塩化ナトリウムである食塩の中には水素原子はありません。しかし、食塩水を電気分解することで水素が発生します。この矛盾点に対して子どもたちはどのように追究していくのでしょうか。化学反応式やイオンモデルに基づいて考察していく子もいれば、水のように電気分解をして水素が発生する別の水溶液について考える子もいるでしょう。また塩素が発生した事実と合わせて、塩化水素の水溶液である塩酸の電気分解を行いたいという子どもが出ると予想されます。

・塩酸を電気分解しても陽極に塩素，陰極に水素が発生した。食塩水と塩酸が同じ結果になったのが不思議だ

・塩酸の電気分解を化学反応式で表すと、



だろう

・塩素が陽極に発生することは共通している。陽極に引きつけられているのだろうか

・ピーカーの中にあるのはNaClなのだから，水素は別のところから発生したのかもしれない

・食塩水なのだから，水もあるはずだ。水分子の H_2O から水素が発生したのではないだろうか

・水を電気分解すると水素と酸素が発生した。もし水分子から水素が発生したのであれば，陽極から酸素が発生してもおかしくはないはずだ。でも実験では酸素の反応はみられなかった。なぜだろうか

など

②ナトリウムはどこにいったのか

食塩の化学式がNaClであることを子どもたちは2年生で学習しています。しかし，食塩水をいくら電気分解しても，塩素は発生するだけで，ナトリウムは一向に発生しません。突然ナトリウム原子がなくなってしまうわけでもなく，気体として逃げてしまうわけでもありません。どこにナトリウムがあるのかと考えたとき，子どもたちは残った水溶液に着目するでしょう。

・元々ナトリウム原子が含まれていたはずだが，なぜ電気分解で出てこないのだろうか

・気体となり逃げてしまうことはあるのだろうか

・残った水溶液中にナトリウムがあるのかもしれない。蒸発させればわかるかもしれない

・蒸発させると白い固体が出てきた。けれども，塩化ナトリウムの結晶とは違う形だ

・残った水溶液の性質を確かめるために，リトマス紙を使うと，アルカリ性を示していることがわかる。しかし，元々の食塩水は中性のはずだから，電気分解をすることでアルカリ性の物質が発生したようだ

・アルカリ性を示すナトリウムの化合物を調べてみよう

など

③塩素はどのようにして発生するのか

食塩水の電気分解を何回行っても陽極に塩素が発生します。塩素はどのようなプロセスを経て発生

するのでしょうか。このような疑問を解決するために，塩素原子を含む他の物質の電気分解と比較したくなるでしょう。必要であればイオンモデルなどで支援したいと思います。

・塩酸の化学式はHClだから，食塩と同じ塩素原子を含んでいる。塩酸を電気分解するとどうだろうか

・塩酸を電気分解したときと食塩水を電気分解したときの反応が同じだ

・塩化銅水溶液などの他の物質でも塩素は必ず陽極に発生する。陽極は+だから，塩化物イオンは-の性質があるはずだ

・発生した気体の塩素は Cl_2 であらわされるので，+の電気も-の電気も帯びていない。塩化物イオンが塩素に変化するときどのような変化があるだろうか

・気体の状態では-の電気を帯びていないのだから，-の電気である電子は他へ追いやったのではないだろうか

・だとしたらその後の電子はどのようにになってしまうのだろうか

など

(4) 食塩水の電気分解で生じた疑問を解決する

(1時間：本時)

前時までの追究活動を通して，自分たちなりの考えをまとめているので，その考えを全体で共有します。互いに不足している部分を補ったり，新たに生じた疑問を解決したりすることで，食塩がナトリウム原子と塩素原子から構成されているのか，という問いに迫ります。適切に支援をしながらも，子どもたちの科学的対話に期待したいと思います。

①と③のグループのかかわり

どちらのグループも塩酸を電気分解していますが，水素原子と塩素原子という異なる視点に着目しているので，互いに補う関係になると思います。

・塩素原子が-の電気を帯びているから，水素原子は反対の+の電気を帯びているのだろうか

・もし水素原子が+の電気を帯びていたとしたら，塩酸や水の電気分解で水素が陰極に発生することは理解できる

・そうしたら，食塩の場合はナトリウム原子が+の電気を帯びているだろう

など

①と②のグループのかかわり

ここでは、ナトリウムイオンが水溶液中に残っているという考えがポイントになると思います。アルカリ性を示すナトリウムを含む物質が何かということが明らかになると考えが一気に深まるかもしれません。

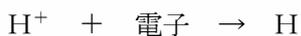
- ・アルカリ性を示す水溶液は何だろうか
- ・2年生で学習した炭酸水素ナトリウムや炭酸ナトリウムもアルカリ性を示すから、どちらかではないだろうか
- ・残った水溶液を蒸発させたときに加熱をしているが、二酸化炭素などは発生していなかったよだから、炭酸水素ナトリウムや炭酸ナトリウムではないと思う
- ・6年生でアルカリ性の水溶液を学習したときに水酸化ナトリウムがあった。これにもナトリウムが含まれているはずだ
- ・水酸化ナトリウムの化学式はNaOHらしい。だとしたらOHはどこからやってきたのだろうか
- ・水素が水分子から発生したとすると、H₂OからHがとれてOHが残ると考えればつじつまが合うかもしれない

など

②と③のグループのかかわり

水溶液中の塩化物イオンが塩素原子に変化する際に放出された電子がどのように動くのか、という視点と、水素イオンから水素原子が発生するプロセスが合致したときに、水溶液中の電子の授受のしくみが明らかになってくるでしょう。

- ・塩化物イオンから電子が放出されたとしたら、電子は近くの陽極に吸収されると思う
- ・電源装置と陽極の間の導線にも電子が流れるはずだから、陽極から電子が電源装置に流れたのではないだろうか
- ・陰極に電子が送り込まれるから、電子がたまらないように受け取る必要がある
- ・水素イオンが生じたとしたら、これが電子を受け取って



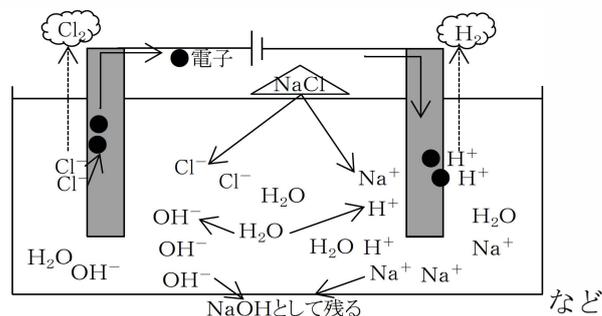
となれば電氣的に±0の水素原子になりそう

- ・電離しているからナトリウムイオンもあるはずだが、電子を受け取らない性質があるのだろうか
- など

①と③のかかわりから分かったことが②の疑問点を説明することができそうです。このように、追究したことを合わせてできた新たな考えが、他の説

明を補うこともあるでしょう。議論がつくされたところで、食塩水を電気分解したときの水溶液中のイオンの動きについてまとめるように促します。これは化学変化をイオンの視点で捉えることで、より有用性を実感するために行います。子どもたちはイオン式でまとめたり、モデル図でまとめたりするでしょう。

- ・ナトリウムイオンと水酸化イオンが残るから、水酸化ナトリウム水溶液になってアルカリ性を示す
- ・水素イオンよりもナトリウムイオンの方がイオンのまま残りやすい
- ・モデル図で考えるとこのようになると思う



最後に本題材を通して感じたことを記すように促し、本時を終えます。

- ・食塩を水に溶かしただけでイオンの動きが生じるのがおもしろい。イオンの性質に基づいて反応する物質が決まってくるところにも興味をもてた
- ・食塩はどうやらナトリウム原子と塩素原子から構成されているようだ
- ・ナトリウム原子だけの状態を見たい
- ・様々なイオンが互いの性質に基づいて水溶液中を動き回っている。一瞬のできごとだけれども、見えない世界では激しい動きがあるのだろう。イオンの動きに美しさを感じる
- ・イオンの性質で化学反応を考えると便利だ。他の化学反応についても追究してみたい

など