

群 教 セ	G04 - 03
	令 2.275 集
	理科一中

科学的な根拠を基に自ら考察できる生徒の育成

—探究の過程が分かるワークシートと板書の工夫を通して—

特別研修員 金井 智子

I 研究テーマ設定の理由

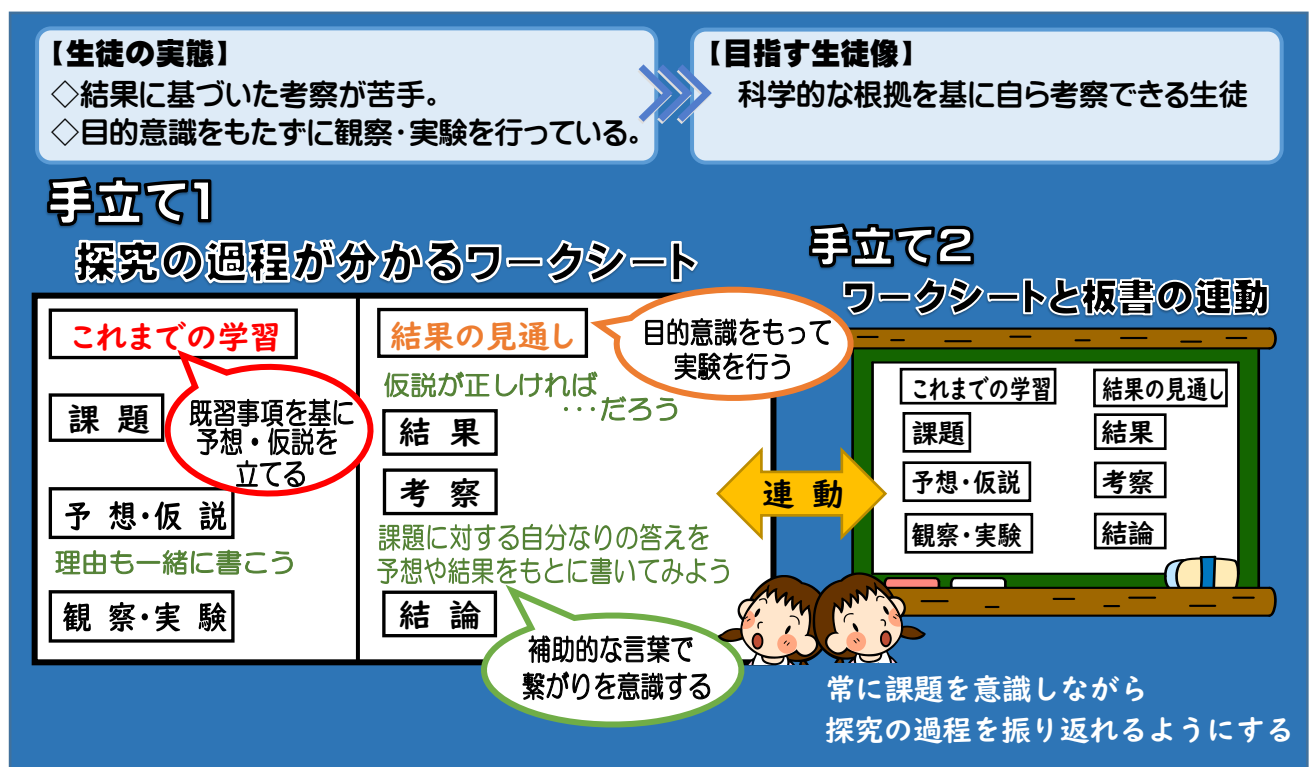
中学校学習指導要領解説理科編では、「課題の把握（発見）」「課題の探究（追究）」「課題の解決」という科学的な探究を通して、生徒の資質・能力を育成することに重点を置いている。また、探究の過程全体を生徒が主体的に遂行できるようにすることを目指している。そして、学習指導要領の改善事項として、「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明すること」が挙げられている。

研究協力校の生徒は、理科の授業に積極的に取り組んでおり、観察や実験、グループ討議にも意欲的である。しかし、実験の結果を基に考察する場面になると表現の仕方が分からない様子が見受けられ、論理的に説明することができる生徒は少ない。それは、目的意識をもたずに観察・実験を行っていることや、結果と考察の区別が明確にできていないことが考えられる。これらのことから、探究の過程を形式的になぞるのではなく、探究の過程のつながりを意識しながら、見通しをもって行ったり、必要に応じて振り返ったりすることが大切であると考え。また、既習の知識や技能を活用できるように工夫し、生徒の気付きから課題を設定し、生徒の主体性を引き出す学習過程の設定も大切だと考える。

そこで、探究の過程のつながりを意識でき、思考の流れが一目で分かるようなワークシートを活用することにした。また、「これまでの学習」と「結果の見通し」を取り入れることで、既習事項を基に予想・仮説を立て、見通しをもって観察・実験ができるようにする。そして、このワークシートと板書を連動させることで常に課題を意識しながら探究の過程を振り返れるようにし、科学的な根拠を基に自ら考察する力を育成したいと考え、上記のとおりテーマを設定した。

II 研究内容

1 研究構想図



2 授業改善に向けた手立て

科学的な根拠を基に自ら考察する力とは、既習事項や観察・実験の結果を基に予想や仮説と比較しながら課題の答えを導く力と考える。それらを育成するためには、生徒が探究の過程のつながりを意識して学習を行うこと、及び、既習事項の確認と結果の見通しをもつことが重要であると考え、以下の手立てを取り入れた。

手立て1 探究の過程が分かるワークシートの活用

- 補助的な言葉を入れ、探究の過程のつながりが意識できるようにする。
- 「これまでの学習」を基に予想・仮説を立てたり、考察したりできるようにする。
- 「結果の見通し」を基に目的意識をもって観察・実験を行えるようにする。

手立て2 ワークシートと板書を連動させ、常に課題を意識しながら探究の過程を振り返ることができるようにする。

手立て1の探究の過程がわかるワークシートとは、探究の過程「課題、予想・仮説、観察・実験、結果、考察、結論」を示し、それぞれのつながりが分かるように、思考の手助けとなる補助的な言葉を入れたものである。探究の過程以外にも、前時までの学習を振り返るための「これまでの学習」を用意し、既習事項を確認、比較することで課題を見いだしたり、予想・仮説を立てたり、考察したりすることができるようにする。また、「結果の見通し」を考えさせることで、目的意識をもって観察・実験を行うことができるようにする。さらに、ワークシートと板書を連動させることで、常に課題を意識しながら、探究の過程が課題を解決するものになっているかを振り返ることができるようにしていく。この一連の過程を繰り返し行うことで、既習の知識や技能を使いながら、見通しをもって観察・実験を行えるようになり、科学的な根拠を基に自ら考察できる生徒を育成できると考える。

Ⅲ 研究のまとめ

1 成果

- ワークシートの補助的な言葉によって探究の過程のそれぞれの場面で考えるべき内容が明確になり、場面のつながりを意識してスムーズに思考することができた。
- 「これまでの学習」で確認、比較した既習事項を基に生徒自ら予想したり、仮説を立てたりすることができた。また、既習事項が定着してない生徒にとっては本時の課題を解決する手助けとなった。
- 観察・実験を行う前に「結果の見通し」を考えたことで、目的意識をもって実験を行い、実験をしながら仮説と比較したり、考察を始めたことができた。
- 探究の過程が分かるワークシートと板書を連動させたことで、生徒が常に課題を意識しながら、課題解決に取り組み、科学的な根拠を基に考察することができた。

2 課題

- ワークシートを活用したことで、全員の生徒が自分なりの考察を書くことができたが、結果のみになっていたり、論理的な文章になっていなかったりするものもあった。今後、考察を交流する場面で、予想・仮説と比べて考察しているもの、結果を基に考察しているものなど視点を与え、交流を生かして考察を深めていく必要がある。
- ワークシートと連動させたことで、板書の情報量が多くなってしまった。ワークシートは補助的な言葉などを入れて充実させ、板書は精選する必要がある。

実践例

1 単元名 「化学変化とイオン」 (第3学年・2学期)

2 本単元について

本単元は、酸とアルカリの性質を調べる実験や中和反応の実験を行い、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や酸とアルカリを混ぜると水と塩が生成することを理解させるとともに、これらの現象をイオンのモデルと関連付けて見る徹視的な見方や考え方を養うことが主なねらいである。これまでに、水溶液には酸性、アルカリ性、中性のものがあることや、金属を変化させる水溶液があることについて学習している。また、身の回りの物質を粒子として捉え、様々な現象を粒子の概念を用いて理解することに取り組んでいる。これまでの学習を踏まえ、ここでは目に見える酸・アルカリの事象を目に見えないイオンの概念で理解し、モデルや記号を使って事象を説明することを通して、科学的な思考力や表現力の向上を図ることができると考える。また、酸やアルカリは身近に存在し、身の回りにある酸・アルカリに目を向けさせ、学習内容を日常生活と関連付けて考えさせることができ、興味・関心をもって自然を調べようとする態度を養うことができる。本単元の指導に当たって、生徒の興味・関心や考え方を大切に、生徒の疑問に対する課題を設定し、目的意識をもって探究活動を行えるようにしたいと考える。また、酸・アルカリは日常生活にあるために、身の回りの事象に関連した体験活動を多く取り入れ、学習に対する意欲を高めながら、科学的なものの見方や考え方を養いたい。

以上の考えから、本単元では以下の指導計画を構想し実践した。

目標	化学変化についての観察、実験などを通して、次の事項を身に付けることができるように指導する。	
	<p>ア ① 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見いだして理解するとともに、酸とアルカリの性質を調べる実験などに関する技能を身に付けている。</p> <p>② 酸とアルカリを混ぜると水と塩が生成することを見いだして理解しているとともに、中和反応の実験などに関する技能を身に付けている。(知識及び技能)</p> <p>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を見いだして表現している。また、探究の過程を振り返ることができている。(思考力、判断力、表現力等)</p> <p>ウ 化学変化に関する事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとしている。(学びに向かう力、人間性等)</p>	
評価規準	<p>(1) 酸・アルカリの特性が水素イオンと水酸化物イオンによること、中和反応によって水と塩が生成することなどについて基本的な概念を理解し、知識を身に付けている。また、これらの観察、実験の基本操作を習得するとともに、観察、実験の計画的な実施、結果の記録や整理などの仕方を身に付けている。(知識・技能)</p> <p>(2) 酸・アルカリ、中和と塩に関する事物・現象の中に問題を見だし、目的意識をもって観察、実験などを行い、酸・アルカリの特性と水素イオン・水酸化物イオンとの関係、イオンモデルと関連付けた中和反応による水と塩の生成などについて自らの考えをまとめ、表現している。(思考・判断・表現)</p> <p>(3) 酸・アルカリ、中和と塩に関する事物・現象に進んで関わり、それらを科学的に探究しようとするとともに、事象を日常生活との関わりで見ようとしている。(主体的に学習に取り組む態度)</p>	
過程	時間	主な学習活動
ふれる・つかむ	第1時	・小学校で学習した水溶液の性質を思い出したり、酸性の雨が銅像や石灰岩を溶かす写真を見たりする活動を通して、酸性とアルカリ性の性質について探究しようとするとともに、単元の課題を見いだす。
	第2時	・酸性・アルカリ性・中性の水溶液について、指示薬の色の変化や金属との反応の違いを確かめる実験を通して、それぞれに共通する性質があることを理解する。
追究する	第3・4時	・青色リトマス紙に塩酸を付けたものと、赤色リトマス紙に水酸化ナトリウム液を付けたものに電圧をかけ、塩酸のしみと水酸化ナトリウムのしみの移動を調べる実験を通して、酸性は水素イオン、アルカリ性は水酸化物イオンがあることで決まることを見いだす。
	第5時	・身の回りにある水溶液のpHをpH試験紙を使って調べる活動を通して、pH試験紙は酸性・アルカリ性の度合いをより詳しく調べることができることを理解する。
	第6・7時	・酸性とアルカリ性の水溶液を混ぜ、指示薬の色の変化や混合液を蒸発させる実験を通して、中和反応によって水溶液の性質が変化し、水と塩ができることを理解する。
まとめる	第8時	・中和反応をイオンモデルを用いて説明する活動を通して、水素イオンと水酸化物イオンが結び付いて水が生成することや、中性にならなくても、中和反応が起きていることを理解する。
	第9時	・河川の中和事業や土壌の改良、胃薬、シャンプーとリンスなど、身近な中和反応について、その仕組みを説明する活動を通して、日常生活の中で中和反応が利用されていることに気付く。

3 本時及び具体化した手立てについて

本時は全7時間計画の第3時に当たる。前時まで、酸性・アルカリ性・中性にはどのような水溶液があるのかを知り、それぞれに共通する性質を理解している。また、電解質の水溶液中にはイオンが存在することを理解し、イオンモデルを用いて表すことができるようになってきている。本時では、既習事項を基に、酸性を決めるものは水素イオン、アルカリ性を決めるものは水酸化物イオンであること見いだせるようにする。見直しをもって実験を行い、イオンと関連付けて考察できるように以下の手立てを設定した。

手立て1 探究の過程が分かるワークシートの活用

「これまでの学習」で、酸性、アルカリ性、中性の水溶液とそれぞれに共通する性質を確認する。危険な薬品である塩酸も飲食可能な酢も同じ酸性であることに興味をもたせ、それぞれの水溶液に共通する何かが酸性の性質を示しているはずだと気付かせ、「酸性・アルカリ性は何によって決まるのか」という課題を立てさせる。「これまでの学習」で確認した、水溶液の化学式や性質などを基に仮説を立てることができるようにし、「結果の見直し」ではイオンモデルを用いて実験結果を予想させ、見直しをもって実験が行えるようにする。

手立て2 ワークシートと板書を連動させ、常に課題を意識しながら探究の過程を振り返ることができるようにする。

ワークシートと板書を連動させることで、思考の流れが一目で分かるようにする。常に課題の「酸性・アルカリ性を示すものは何か」を意識し、全ての過程がその課題を解決するためのものになっているか振り返りながら進められるようにする。

4 授業の実際

(1) 課題を設定する

授業の導入で、ワークシートの「これまでの学習」を使って、前時までの復習を行った(図1)。危険な薬品である塩酸も飲食可能な酢も同じ酸性であることを投げ掛けると、生徒は興味を示し、疑問を抱いた。そこで、それぞれの水溶液に共通する何かが酸性の性質を示しているはずだと気付かせ、「酸性・アルカリ性は何によって決まるのか」を課題として調べていくことを確認した。

(2) 予想・仮説を立てる

ワークシートの「予想・仮説」に「水溶液中に○○があったら□□だろう」、「そう考えた理由も書いてみよう」という補助的な言葉を用意し記入させた。多くの生徒が、水溶液の溶質の化学式に着目し、「これまでの学習」に化学式を書き足して考えていた(図1)。化学式を覚えていない生徒は、これまでのノートを見返したり、班で相談したりして確認する姿が見られた。酸性の水溶液では、塩酸の溶質はHCl、酢の溶質はCH₃COOHであることから、水素イオン(H⁺)があると酸性に決まると仮説を立てた。数名の生徒は「これまでの学習」で確認した「マグネシウムを入れると水素を発生する」という性質に着目して導き出した。また、全体で交流をする中で、

「塩化物イオン(Cl⁻)とナトリウムイオン(Na⁺)は中性である食塩水に含まれているので、酸性やアルカリ性を示すイオンではない」と予想した生徒の意見が仮説をさらに裏付けた。

これまでの学習

○次の水溶液を酸性・中性・アルカリ性に分けなさい。また、どのような性質をもつか。

塩酸	食塩水	水酸化ナトリウム水溶液	砂糖水	酢
アンモニア水		水酸化カルシウム水溶液		

【酸性の水溶液】 塩酸^{HCl} 酢^{CH₃COOH}

- ・リトマス紙の色の变化 [青]色リトマス紙を[赤]色に変える。
- ・BTB液の色の变化 緑色→[黄]色
- ・マグネシウムを入れると[水素]が発生する。
- ・電流を[流す] → [電解質]の水溶液

【アルカリ性の水溶液】 水酸化ナトリウム水溶液^{NaOH} アンモニア水^{NH₃} 水酸化カルシウム水溶液^{CaOH}

- ・リトマス紙の色の变化 [赤]色リトマス紙を[青]色に変える。
- ・BTB液の色の变化 緑色→[青]色
- ・フェノールフタレイン液を入れると[赤]色に変わる。
- ・電流を[流す] → [電解質]の水溶液

【中性の水溶液】 食塩水 砂糖水

- ・リトマス紙の色の变化 [変わらな い 赤→赤 青→青]
- ・BTB液の色の变化 緑色→[緑]色
- ・電流を[流す] → [電解質 非電解質両方ある]

図1 ワークシート「これまでの学習」

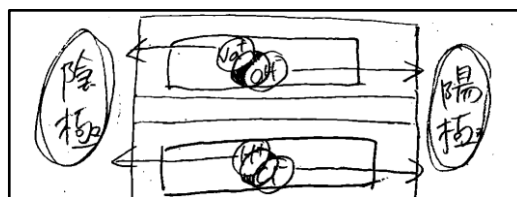


図2 ワークシート「結果の見直し」

(3) 結果の見通しをもって実験を行う

塩酸と水酸化ナトリウム水溶液をリトマス紙にしみこませて電圧をかける実験を行う前に、電圧をかけると水溶液中のイオンがどうなるかについて、生徒はイオンモデルを用いて表した(図2)。既習事項である電気分解の学習から、陽イオンは陰極に、陰イオンは陽極に移動すると考えた。中には、イオンの移動の様子から、リトマス紙の色の変化の予想までできている生徒もいた。実験では、リトマス紙にどのような変化が起こるのかを注意深く観察する様子が見られた。ほとんどの班が、結果が現れた段階で、イオンの動きと比較しながら考察を始めていた(図3)。

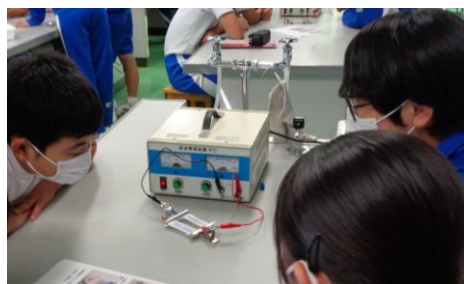


図3 実験中に考察を始める様子

(4) 考察を行う

板書でこれまでの過程を確認した上で考察に取り組みさせた。ワークシートの「課題に対する自分なりの答えを予想や結果を基に書いてみよう」という補助的な言葉により、考察が課題に対する答えになっているかを意識することができた。考察までの過程で、常に課題を解決する

考 察	課題に対する自分なりの答えを予想や結果をもとに書いてみよう 自分の予想の通り、塩酸のしみは陰極側に動き、水酸化ナトリウムのしみは陽極側に動いた。 電離した物質から考えると、塩酸は H^+ と Cl^- に分かれるので陰極に引き寄せられたのは H^+ である。水酸化ナトリウムは、 Na^+ と OH^- に分かれるので、陽極に引き寄せられたのは OH^- である。 このことから、酸性を決めているのは水素イオン、アルカリ性を決めているのは水酸化物イオンだと考えられる。
------------	---

図4 生徒の考察

ための予想・仮説、実験になっているかを振り返りながら行ってきたことで、どの生徒もすぐに考察を書き始める様子が見られ、予想や結果を基に自分なりの考察を書き上げていた(図4)。

5 考察

多くの生徒が、目的意識をもって実験に取り組み、結果を基に自分なりの考察を書くことができたことから、手立てが有効であったと考えられる。「これまでの学習」で既習事項を確認したことは、予想・仮説の場面だけでなく、課題を見いだしたり考察したりする場面でも手助けとなった。今回、水溶液の溶質の化学式を覚えていない生徒が多かったことから、「これまでの学習」の既習事項に化学式も加えるべきであったとも考えられたが、ノートで調べたり、班で相談したりする姿が見られたことから、課題の解決に必要な内容を「これまでの学習」で全て確認してしまうと生徒が思考する機会を奪ってしまうと考えた。「これまでの学習」で確認する内容は本時の課題や生徒の実態を考えて吟味する必要があり、必要に応じて授業の中で補足していくことが大切であると考えた。

考察にスムーズに取りかかることができたのは、「結果の見通し」を考えたことが大きいと考える。目的意識をもって実験を行い、自分の予想・仮説と比べながら、実験中にすでに考察する姿が見られ、生徒の思考が課題からつながっていた。

ワークシートと板書を連動させたことで、常に課題を意識しながら思考し、予想・仮説、実験の結果などの科学的な根拠を基に考察することができていた。しかし、中には結果のみになっていたり、「予想・仮説」で使われた用語をただ羅列した論理的でない考察になっていたりする生徒も見られた。考察を交流する場面で、予想や仮説、結果を基に述べられている考察を取り上げ、内容を深められるようにする必要があると考える。

6 資料

【ワークシート記入例】

酸性・中性・アルカリ性

これまでの学習

○次の水溶液を酸性・中性・アルカリ性に分けなさい。また、どのような性質をもつか。

塩酸	食塩水	水酸化ナトリウム水溶液	砂糖水	酢
アンモニア水	水酸化カルシウム水溶液			

【酸性の水溶液】

- 塩酸 HCl 酢 CH_3COOH
- リトマス紙の色の变化 [青] 色リトマス紙を [赤] 色に変える。
 - BTB液の色の变化 緑色→[黄] 色
 - マグネシウムを入れると [水素] が発生する。
 - 電流を [流す] → [電解質] の水溶液

【アルカリ性の水溶液】

- 水酸化ナトリウム水溶液 $NaOH$ アンモニア水 NH_3 水酸化カルシウム水溶液 $CaOH$
- リトマス紙の色の变化 [赤] 色リトマス紙を [青] 色に変える。
 - BTB液の色の变化 緑色→[青] 色
 - フェノールフタレイン液を入れると [赤] 色に変わる。
 - 電流を [流す] → [電解質] の水溶液

【中性の水溶液】

- 食塩水 砂糖水
- リトマス紙の色の变化 [変らない] [赤→青]
 - BTB液の色の变化 緑色→[緑] 色
 - 電流を [流す] → [電解質] 非電解質両方ある

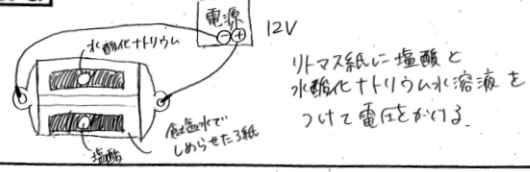
課題

酸性・アルカリ性を調べて、
それは何故?

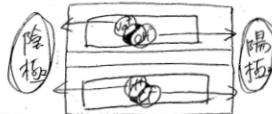
予想・仮説

- そう考える理由も書いてみよう
- 水溶液中に何があれば酸性に決まるのか。
水素イオン (H^+) があれば酸性に決まる。3つ
 - 水溶液中に何があればアルカリ性に決まるのか。
水酸化物イオン (OH^-) があればアルカリ性に決まる。3つ

実験



結果の見通し 電圧をかけたら、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液中にあるイオンはどうなるだろう。イオンモデルを使ってかいてみよう。



結果	塩酸のしみ(酸性)	水酸化ナトリウム水溶液のしみ(アルカリ性)
はじめ		
5分後		

考察 課題に対する自分なりの答えを予想や結果をもとに書いてみよう

酸性は、塩酸が陰極側に広がったことから H^+ の性質をもったイオンが引きつけられていると分かる。塩酸は、 $H^+ + Cl^-$ なので、 H^+ (水素) の力だと思ふ。
アルカリ性は、水酸化ナトリウムが陽極側に広がったことから、 OH^- の性質をもったイオンが引きつけられていると分かる。水酸化ナトリウムは、 $Na^+ + OH^-$ なので、 OH^- (水酸化物イオン) の力だと思ふ。
このことから、酸性を決めるのは水素イオン、アルカリ性を決めるのは水酸化物イオンと分かる。

結論

水溶液中に水素イオンがあれば酸性に決まる。
水溶液中に水酸化物イオンがあればアルカリ性に決まる。

振り返り

- 番号に○をつけて振り返りを書きましよう。
1. 分かったこと
 2. 将来・未来
 3. 身近な生活・社会
 4. 疑問、不思議
 5. 驚き・発見
- 酸性、アルカリ性の中で身近な酢や炭酸水など、意識したことは何か、たけやち、それぞれ水素イオンと水酸化物イオンがあるのか、知るか。

【板書例】

これまでの学習

酸性 塩酸 酢
リトマス紙 青→赤 BTB液 緑→黄
マグネシウムと反応 水素発生 電解質水溶液

アルカリ性 水酸化ナトリウム水溶液 アンモニア水
リトマス紙 赤→青 水酸化カルシウム水溶液
BTB液 緑→青 電解質水溶液

中性 砂糖水 食塩水 NaCl
リトマス紙 変化しない BTB液 緑→緑
電解質水溶液とそうでないものがある。

課題 酸性・アルカリ性は何によって決まるのか。

予想・仮説
○水溶液中に水素イオン (H^+) があれば酸性だろう。
 $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$
○水溶液中に水酸化物イオン (OH^-) があればアルカリ性だろう。
 $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$ $Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$

実験
①電極をセットする。→目玉クリップで挟む。
②青色リトマス紙に塩酸、赤色リトマス紙に水酸化ナトリウム水溶液をつける。
③保護メガネと薬品ケースを片付ける。
④電源装置につないで15Vで電圧をかける。よく観察する。

結果の見通し

陰極	陽極	陰極	陽極

結果

陰極	陽極	陰極	陽極
H^+	Cl^-	Na^+	OH^-

考察
実験から
塩酸のしみは陰極側に広がり、水酸化ナトリウムのしみは陽極側に広がった。塩酸の陰極側の物質は水素イオンであり、水酸化ナトリウム水溶液の陽極側の物質は水酸化物イオンである。このことから酸性は H^+ 、アルカリ性は OH^- がいることで決まることが分かった。

結論
水溶液中に水素イオンがあれば酸性に、水酸化物イオンがあればアルカリ性に決まる。
 $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$