

理科学習指導案

日 時 平成30年6月1日(金) 公開授業 I
学 級 岩手大学教育学部附属中学校
3年B組40名
会 場 第1理科室
授業者 平澤 傑

1 単元名 (6) 化学変化とイオン (ア) 水溶液とイオン ウ 中和と塩

2 単元について

(1) 生徒観

平成29年5月に全学年で実施した学習動機尺度では、「何のために学習するのか」について、「学習自体が楽しい(充実志向)」「知力を鍛えるため(訓練志向)」「仕事や生活に生かす(実用志向)」という内容関与的動機が学年進行とともに減少し、「他者につられて(関係志向)」「プライドや競争心から(自尊志向)」「報酬を得る手段として(報酬志向)」という内容分離的動機は学年進行とともに増加することが明らかになっている(本学年生徒は当時2学年)。これは中学生全体にあてはまることだが、学年進行とともに入試への関心が強くなり、教科内容そのものへの動機から学力検査への動機に移行していることが考えられる。そこで、知識習得に終始せず、どのような過程で知識を得たのか・どのように知識を活用したのかといった「科学の方法」に着目し、探究の過程を重視することが、生徒の資質・能力を高める上で大切であると捉えた。そして、生徒自らが科学的な内容に深く迫っていくような学びを実現したい。

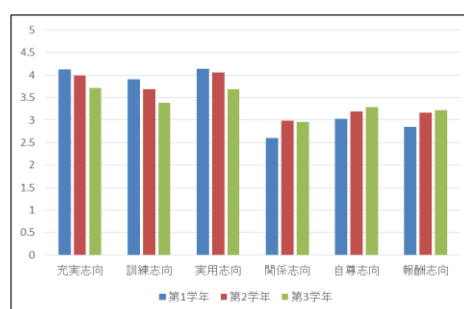


図1 各学年の学習動機尺度の結果

また生徒は、化学分野における物質学習について、小学校での既習事項を利用しながら、段階的に学習を行ってきた。1年次には、状態変化と溶解の学習を通して、物質は粒子(物質の性質を決める最小単位の粒)によってできていることや、粒子の熱運動と粒子間にはたらく引力が存在することを学んでいる。2年次には、化学変化の学習を通して粒子は原子で構成されていることを理解し、原子が結びついて分子という粒子ができていることも理解している。同じく2年次の電流学習では、原子の構造についてふれ、原子核よりもはるかに軽い電子の授受によって物質が電気をもつことと、自由電子の移動によって電流が流れることなどを学習した。これらの既習事項を活用しながら、生徒自身の力と集団の力で、「イオン」に関する科学的な内容に深く迫る学びを構築し、科学そのものに対する意欲を高めたい。

(2) 教材観

本単元では、1・2年次の学習を土台としてイオンを導入する。いろいろな水溶液には、電流が流れるものと電流が流れないものがあることを知る。塩化銅水溶液の電気分解から、電解質には+や-の電気を帯びた粒子(イオン)が存在することを知る。次に水に溶解した時にイオンになる物質は、どの段階でイオンであるかを考え、融解した塩化ナトリウムが電気を通すことから、もともとイオンでできていたと推測する。これらは、物質を構成する粒子がイオンであり、「イオン性物質」であることを理解する。

そしてほとんどの物質は、他に金属原子の集合体である「金属」と、分子が集まってできている「分子性物質」にも大別できることを理解し、物質の分類について学ぶ。これは、水や有機溶媒への溶解性の違いや融点と沸点の違いといった特徴をもつこと、分類は化学式から推測できることなどを知り、さらに、粒子の結合の仕方の違いなどについても学ぶ。

次に、酢酸の実験をもとに、酸は、分子性物質であるが水に溶けると電離してイオンができる特別な物質であることを認識させ、酸の学習につなげる。酸は分子性物質であり、水に溶けて生じた H^+ が酸性の原因であること、アルカリは金属イオンと OH^- からなるイオン性物質であり、 OH^- がアルカリ性の原因であることを見出させる。次に H^+ と OH^- が結びついて水分子が生成することが中和反応の本質であること、生じた塩の水溶性が物質によって違うことなどについても学習する。

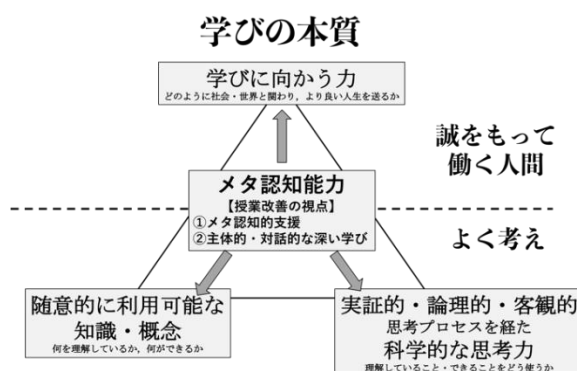
その後、沈殿反応、イオン化傾向、イオン化傾向の違いを利用した化学電池の利用などを学習する。単元は、生徒の認識の順次性を考慮し、既有知識を用いて課題を解決できるよう、組織的に内容を配列している。

(3) 学びの本質に迫る指導とその評価について

< 学びの本質に迫る指導 (指導観) >

本校理科では、メタ認知に働きかける科学的探究の充実を通し、「学びに向かう力」「随意的に利用可能な知識・概念」「実証的・論理的・客観的な思考プロセスを経た科学的な思考力」といった三つの資質・能力を育成する営みを学びの本質とした。それを踏まえ本単元では、三つの資質・能力を育成するための方略として、主に次のような手立てを用いながら指導していくこととした。

- ① 言葉の自覚性と随意性が引き出される主体的・対話的で深い学び
- ② 仮説生成・検証・考察場面においてメタ認知的知識を活用し思考する科学的探究
- ③ 内容の系統性と生徒の認識の順次性を考慮した単元指導計画の構築



< 本研究における学びの本質に迫る評価 (評価観) >

○ 学びの本質に迫るための評価	① 生徒の「考え」や「考え方」を学びの過程で把握し、授業のコーディネートに生かす。またはフィードバックする。(形成的評価)。
	② 科学的探究の過程を生徒が自己評価・相互評価し、メタ認知的能力を高める(学習としての評価)。
● 学びの本質に迫ったかを見とる評価	① 科学的探究における仮説形成・討論・考察での思考を自由記述させ、その過程を、評価指標を用いて質的に評価する。(コンピテンシー面の総括的評価)
	② 生徒の科学的概念が自然科学の本質となる深い概念であるか、自分のものとして随意的に利用可能な知識であるかを評価する。(コンテンツ面の総括的評価)

3 単元の指導計画および評価計画

(1) 育成を目指す資質・能力と評価規準

教科で育成を目指す資質・能力に対応して、メタ認知に働きかける科学的探究の充実を通して、次のような力を育成する営みを本単元の学びの本質とした。

教科で育成を目指す資質・能力	随意的に利用可能な知識・概念（技能含む）	実証的・論理的・客観的思考プロセスを経た科学的な思考力	学びに向かう力
本単元で育成を目指す力（評価規準）	イオンに関する概念（（3）概念形成目標の内容）や実験に関する技能を、実践的で利用可能なものとして使うことができる。（知識・技能）	イオンに関する科学的な問題を、適切な科学の方法と思考のプロセス（実証性・論理性・客観性のある思考）を踏まえながら解決することができる。（思考力・判断力・表現力）	イオンに関する科学的な問題を主体的に追究しようとし、討論や実証において協働性を発揮しながら、集団の力で解決に向かうことができる。（主体的に学習に取り組む態度）

（2）指導目標

協働・実験による科学的探究を通して、イオンの存在に気付かせるとともに、「物質を構成する粒子には、主に分子、金属原子、イオンがある」「陽イオンと陰イオンが結合したり、電子のやりとりをしたりすると化学変化をおこす」ということを、主体的・協働的な科学的探究を通して見出させる。

（3）概念形成目標

中心概念形成目標	具体的概念形成目標
○物質を構成する粒子には、主に分子、金属原子、イオンがある。	①原子や原子団が、電子を受け取ったり渡したりするとイオンになる。電子を受け取ると-の電気を帯びた陰イオン、電子を渡すと+の電気を帯びた陽イオンになる。
	②金属以外の物質に電気が流れる時、その中をイオンが移動する。
	③ほとんどの物質は構成粒子の違いによって、分子が集まってできている分子性物質と金属原子が集まってできている金属、それにイオンが集まってできているイオン性物質の3つに大別できる。
	④水溶液中で酸は水素イオンを出し、アルカリは水酸化物イオンを出す。
○陽イオンと陰イオンが結合したり、電子のやりとりをしたりすると化学変化をおこす。	⑤中和反応は酸の水素イオンとアルカリの水酸化物イオンが結合して、分子性物質である水ができる反応である。酸とアルカリが中和すると水と塩ができる。
	⑥陽イオンと陰イオンの組み合わせによって陽イオンと陰イオンが結合し、水への溶解度が小さいイオン性物質ができると沈殿する。
	⑦金属単体が化学変化するとき、金属原子は電子を出し陽イオンになる。そのなりやすさは金属の種類によって異なる。

（4）単元指導計画（は観察・実験の位置付け方）

※評価の方法は、2（3）＜本研究における学びの本質に迫る評価（評価観）＞を参照

時	各時間の概念形成目標	学習課題（課題とならない場合は問とする）	単元指導中の評価
	＜単元学習前のメタ認知的支援＞ 考察を書くときに必要なメタ認知的知識、確証バイアス、社会的証明の法則、事実・意見・推理を区別することなどのメタ認知的知識を確認。さらに、互恵性・対等性・自発性など、協働して学び合うために必要な考え方を確認した。		
1	身の回りの水溶液には、電流が流れるものと電流が流れないものが存在し、電流が流れる時の溶質は電解質、電流が流れない時の溶質は非電解質である。	課題：次の化合物の水溶液は全て電流が流れるか。エタノール、ショ糖、塩化ナトリウム、水酸化ナトリウム、硫酸、酢酸、硝酸、塩酸、純水 事実の帰納型	○①
2	塩化銅水溶液は電流が流れ、陰極に塩素の気体、陽極に銅ができ、化学変化がおきる。	課題：塩化銅水溶液に電流を流すとどのような反応が起こるのだろうか。 事実の帰納型	○①
3	塩化銅水溶液中では、銅の粒は正の電気を帯びているので陰極に、塩素の粒は負の電気を帯びているので陽極に移動する。	課題：塩化銅水溶液中に存在しているものがもし目に見えたら、どのように見えるだろうか。	○①
4	塩化銅は水溶液中で Cu^{2+} と Cl^- になっている。陰極では Cu^{2+} が電子をもらい Cu になる。陽極では Cl^- が電子を渡し $\text{Cl} \rightarrow \text{Cl}_2$ になる。	・原子の構造と電子配置 問：電極での変化をイオン・電子・原子の関係を使って説明しよう。	●②知識
5	塩酸は電気分解すると、 H^+ と Cl^- が電子のやりとりをし、陽極に塩素、陰極に水素が発生する。	課題：塩酸は、電流が流れるとそれぞれの電極ではどのような変化が起きるか。 仮説の演繹型	○①

6	塩化ナトリウムは陽イオンと陰イオンが集合してできているイオン性物質なので、液体状態で電流が流れる。	課題：塩化ナトリウムは水溶液中で Na^+ と Cl^- になっているので、電流が流れた。では、塩化ナトリウムの液体は電流が流れるか。 仮説の演繹型	○① ●① 科学的な思考力の評価
7	イオン性物質は分子性物質に比べて融点や沸点が高く、水に溶解しやすいものが多い。分子性物質は水に溶けにくく油に溶けやすいものが多い。	課題：イオン性物質と分子性物質にはどのような特徴があるだろうか。 事実の帰納型 問：パラジクロロベンゼンと塩化カルシウムがイオン性物質か分子性物質かを特定しなさい。	○①
8	自然界のほとんどの物質はその構成粒子の違いで、イオン性物質、分子性物質、金属の3つのなかまに分けられ、結合の仕方が異なる。	課題：イオン性物質・分子性物質・金属は、粒子がどのように結びついているのだろうか。	○①
9	自然界のほとんどの物質はその構成粒子の違いで、イオン性物質、分子性物質、金属の3つのなかまに分けられ、化学式から判断することができる。	課題：次の物質は固体・液体の状態では電流が流れるか。鉛 (Pb)、パルミチン酸 ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$)、水酸化ナトリウム (NaOH) 仮説の演繹型 問：次の物質は、イオン性物質、分子性物質、金属のどのなかまか。化学式を参考にして考えなさい。 Ca, K, H_2S , SO_2 , CuCl_2 , MgO, NH_3 , FeS, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	○①
10		・水に溶けにくいイオン性物質 (塩化銀、硫酸バリウム、炭酸カルシウム)	
11	酢酸などの酸は分子性物質であり液体では電流が流れないが、水に溶けた時、電離してイオンができる物質である。	課題：酢酸はイオン性物質か、それとも分子性物質か。 仮説の演繹型	○① ●① 科学的な思考力の評価
12	科学的探究の過程を記録する際、習得したメタ認知的知識と科学的な思考を働かせることが大切である。	・ノート記述を相互評価し、議論を重ねながらノートの評価指標を作成する。	○② ノート記述の相互評価
13 14	酸の水溶液は酸性という共通の性質があり、その原因となる粒子は水素イオンである。	課題：次の酸の水溶液に共通する性質 (酸性) を示す原因は何か考えなさい。 事実の帰納型 ① HCl , ② HNO_3 , ③ H_2SO_4 ・二酸化炭素が水に溶けると酸性を示す理由	○①
15 16	アルカリの水溶液にはアルカリ性という共通の性質があり、その原因となる粒子は水酸化物イオンである。	課題：次のアルカリの水溶液が共通する性質 (アルカリ性) を示す原因は何か考えなさい。 事実の帰納型 ① NaOH , ② KOH , ③ $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ④ $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ・アンモニア水がアルカリ性を示す理由	○①
17 本時	酸の水溶液とアルカリの水溶液を混ぜると、 H^+ と OH^- が結びついて水ができ、アルカリの陽イオンと酸の陰イオンが結びつく。	課題：水酸化バリウム水溶液 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ に硫酸水溶液 H_2SO_4 を加えていくと、電流の強さはどうなるか。 仮説の演繹型	○① ●① 科学的な思考力の評価
18	中和反応で生じた塩が水溶性の場合、水素イオンと水酸化物イオンが結びついて水ができるので、中性になった時は塩の水溶液になる。	課題：水酸化ナトリウム水溶液に塩酸を加えていくと、中性になったとき、電流が流れるか。 仮説の演繹型	○① ●① 科学的な思考力の評価
19		課題：塩酸と水酸化ナトリウムの反応で塩化ナトリウムができたことを確かめるにはどうすれば良いか。 仮説の演繹型 ・pH	●② 技能
20	イオン性物質は水溶液中ではイオンがバラバラに動いているが、結びつきやすいイオンを含む水溶液を加えると、イオン同士が結びつき沈殿する。	課題：4種類のイオン K^+ , NO_3^- , Na^+ , Cl^- が入っている水溶液に、 AgNO_3 水溶液を加えると沈殿ができた。この物質は何か。 仮説の演繹型 問：塩酸に硝酸銀水溶液を加えたら、どのような変化が起こるか。またその変化をイオンで説明しなさい。	○①
21	イオン性物質の水への溶解性の違いを利用して、水溶液中に存在するイオンを確かめることができる。	課題： KCl ・ CaCl_2 ・ AgNO_3 の水溶液が入っている容器 ABC がある。区別できないのでこの表を使って調べたい。それぞれに何イオンの水溶液を加えたらよいか。 仮説の演繹型	○① ●① 科学的な思考力の評価
22	水溶液中では、Zn は Cu より陽イオンになりやすい。金属の陽イオンのなりやすさは、種類によって決まっている。	課題：硫酸銅水溶液に亜鉛版を入れると、亜鉛版の周りに銅が出て、溶液の色が薄くなり、亜鉛版が薄くなった。この結果をイオン、原子、電子を使って説明しなさい。 事実の帰納型	○①
23		課題：硝酸銀水溶液に銅板を入れると、銅板の周りに銀色の結晶が出てきて、溶液が青みを帯びた。この結果を電子のやりとりで説明しなさい。 事実の帰納型 ・イオン化傾向	○① ●② 知識
24	H_2 よりイオン化傾向の大きい金属を酸の水溶液に加えると、 H^+ は金属原子から電子を得て H_2 になり、金属は陽イオンになって溶け出す。	課題：塩酸にマグネシウムを加えたときの変化を、イオン・原子・電子を使って説明しなさい。 事実の帰納型	○①
25	亜鉛版と銅板の上部を接触させ希硫酸に同時に入れると、亜鉛版から銅板へ電子が移動する。	課題：亜鉛版と銅板の上部を接触させて希硫酸に同時に入れると、銅の周りからも水素は発生した。その理由をイオン、原子、電子で説明しなさい。 事実の帰納型	○② ノート記述の相互評価

26	2種類の金属板のイオン化傾向の違いを利用して、強い電流を得ることができる。	課題：より強い電流を得るためには、どのような2種類の金属板を用いればよいか。 <u>仮説の演繹型</u>	●②技能
27	イオンの仕組みを利用した電池には様々な種類がある。	・ダニエル電池	●②技能
28		・いろいろな電池	●②技能

4 本時について

(1) 主題 中和

(2) 本時の目標

「酸の水溶液とアルカリの水溶液を混ぜると、 H^+ と OH^- が結びついて水ができ、アルカリの陽イオンと酸の陰イオンが結びつく。 H_2SO_4 と $Ba(OH)_2$ の場合、塩が水に溶けず沈殿する。」という事を討論と実証から見出すことができる。(主に科学的な思考力)

(3) 評価 (○は学びの本質に迫るための評価, ●は学びの本質に迫ったかの評価)

- 生徒の仮説形成場面に、記述を読み取り、討論のコーディネート計画に生かす。
- 生徒の科学的探究の過程で、どのようなメタ認知的知識が活用されているかを把握し、フィードバックする。
- 生徒の思考場面(思考Ⅰ, 思考Ⅱ, 思考Ⅲ)のノート記述から、表1の評価指標に従って、客観性・実証性・論理性のある思考が行われているか(何項目満たしているか)を見とる。

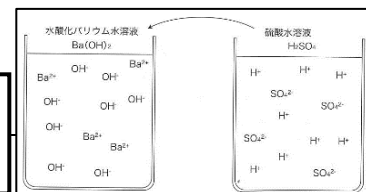
科学的な思考力に繋がる要素の評価指標(表1)	
[客観性] (社会性)	①思考Ⅱにおいて、他者の意見を参考にしている(発言者や発表内容を踏まえている)。
	②思考Ⅱにおいて、他者の意見と自分の意見を比較したり関係付けたりしながら記述している。
	③思考Ⅱにおいて、話し合いを踏まえ、最終的な自分の考えを記述している(再構築・深化・補充)。
[実証性]	①思考Ⅱにおいて、実験で明らかにすべき視点や目的意識が明確化している。
	②思考Ⅲにおいて、量的・質的な実感が伴った結果が記入されている。 あるいは実験者でなければ確認できないような詳しい内容が記入されている。
	③思考Ⅲにおいて、自分の考えと事実とを関連づけ、結論に結びつけている様子が確認できる。
[論理性]	①思考Ⅰにおいて、既習事項・日常経験を適切に想起し関連させながら仮説を立てている。
	②思考Ⅰ、Ⅱ、Ⅲにおいて、微視的(マイクロ)な視点・抽象的な概念、時間的・空間的な視点を適切に用いながら思考している記述が見られる(図・化学反応式やモデルなどの使用)。
	③思考Ⅲにおいて、事実の確認だけではなく、法則や概念として適切にまとめられている。(一般化)

(4) 指導と評価の構想

生徒は前時まで、 H^+ が存在すれば酸性の性質を示すこと、 OH^- が存在すればアルカリ性の性質を示すことを学習している。また、水は分子性物質であり、分子として存在することや、硫酸バリウムは水に溶けにくいイオン性物質であることなどについても触れている。これらの既習事項と日常生活で耳にしている中和という素朴概念を用いて、硫酸と水酸化バリウムを混ぜて中性にした時の通電性について討論し、集団の力で中和の本質を見出させる。実証では、イオンの数の変化と電球の明るさとを関連付け、マクロな現象とミクロの概念を結び付けさせたい。また、科学的探究の過程においてメタ認知的知識を教示し、その活用を促すことで生徒の思考プロセスと概念形成がより充実し高まるようにする。討論を通じた概念形成の過程を重視した授業と、その評価も併せて提案したい。

(5) 本時の展開

段階	学習内容および学習活動 ・予想される生徒の反応等	指導上の留意点および評価 ・学びの本質に迫る指導の手立て等 ○学びの本質に迫るための評価 ●学びの本質に迫ったかを見とる評価
導入 5分	<p>1. 3分前学習で、前時の「結果と確かになったこと」を共有する。 ・アルカリ性の原因となる粒子は水酸化物イオンである。</p> <p>2. 事物・現象を確認する。 ・水酸化バリウムと硫酸の化学式を書き、それぞれイオン性物質のアルカリ、分子性物質の酸であることを確認する。 ・2つのそれぞれの水溶液は電流が流れることを確認し、水溶液中に存在するイオンを図で確認する。 ・2つの水溶液は共に無色透明であるが、水酸化バリウム水溶液に硫酸水溶液を加えていくと、白く濁り沈殿ができることを確認する。この事実から、「水に溶けにくい物質ができたこと」を確認する。</p>	<p>・考察を書くときのメタ認知的知識、確証バイアス、社会的証明の法則、事実・意見・推理の区別についてのポスターを生徒から見える位置に掲示する。 ・丁寧な事象を確認する。 ・それぞれの溶液中の電離の様子を、イオンモデルを用いて表す。</p>
展開 40分	<p>水酸化バリウム水溶液 (Ba(OH)₂) に硫酸水溶液 (H₂SO₄) を加えていくと、流れる電流の強さはどうなるか。</p> <p>3. 仮説を立て、根拠を発表し合う。(思考Ⅰ) A. わからない ・なぜ沈殿ができたのか分からない。 B. 強くなる ・2種類の溶液が混ざっているだけで、イオンが増えるから、電流は強くなる。 C. 変わらない ・白い沈殿ができたから Ba²⁺と SO₄²⁻がくっついて BaSO₄ができると思う。SO₄²⁻がイオンじゃなくなる代わりに H⁺が増えていくので、電流の大きさは変わらないと思う。(中性に近づいても、H⁺と OH⁻は、存在し続けると考えている。) D. 弱くなる ・Ba²⁺と SO₄²⁻が結びついて沈殿ができ、アルカリの OH⁻と酸の H⁺が結びついて水ができるため、イオンは減少する。したがって電流は弱くなる。</p> <p>4. 討論を行う(質問・意見を出し合う)。</p>	<p>○生徒の記述を読み取り、討論のコーディネートを計画する。 ●思考Ⅰでのノート記述の評価(論理性) ・少数意見→多数意見となるように根拠を発表させる。 ・教室横黒板のイオンのモデルを用いながら説明・討論を行って良いこととする。</p>
	<p>【論点】 ①Ba²⁺と SO₄²⁻は、電離しているか、結合しているか。 →沈殿ができていく。BaSO₄は水に溶けにくいイオン性物質である。 ②中性のとき、H⁺と OH⁻が結びつき H₂Oになるのか。それとも H⁺と OH⁻がイオンとして同数存在するのか。→水は電離しない分子性物質である。</p>	<p>●思考Ⅱでのノート記述の評価(客観性・実証性・論理性) ・電球が徐々に暗くなり、消えた理由に着目させ、イオンの</p>
	<p>5. 討論から考えたことを記入する。(思考Ⅱ)</p> <p>6. 実証する。(生徒実験) ①水酸化バリウム水溶液をビーカーに20mlとる。 ②BTB溶液を数滴加え、導通試験器を入れる。 ③ガラス棒でかき混ぜながら、硫酸水溶液を4mlずつ加えて</p>	



	<p>いく。</p> <p>④溶液の色と電球の明るさの変化を観察する。</p> <p>※時間があれば、さらに硫酸を滴下し電球の明るさとB T B溶液の色の変化に着目させる。</p>	<p>数がだんだん少なくなり、ほとんど無くなったことに気付かせる。</p>
<p>終結</p> <p>5分</p>	<p>7. 結果と考察を記入し、発表し合う。(思考Ⅲ)</p> <p>結果</p> <ul style="list-style-type: none"> 水酸化バリウム水溶液に硫酸水溶液を加えていくと、あるときから徐々に電球が暗くなってきた。そして、中性(B T B溶液が緑色)になったとき電球の光は完全に消えた。 <p>※中性になった後、さらに硫酸水溶液を加えていくと、B T B溶液は黄色に変化していき、同時に電球の光は明るくなっていた。</p> <p>確かになったこと</p> <p>記入例</p> <p>BaSO₄ 水溶液に H₂SO₄ 水溶液を加えていくと、流れる電流が小さくなり(イオンが少なくなり)、中性になったとき電流が流れなくなる(イオンがほぼなくなる)。これは、BaSO₄ 水溶液に H₂SO₄ 水溶液を加えていくと、Ba²⁺と SO₄²⁻が結合して水に溶けにくい BaSO₄ の沈殿ができ、同時に H⁺と OH⁻が結合して H₂O 分子ができるためである。</p>	<p>●思考Ⅲでのノート記述の評価(実証性・論理性)</p> <p>○考察場面でのメタ認知的知識の活用の把握</p> <ul style="list-style-type: none"> 主に左記の内容を記入している生徒に発表させ、授業者によるまとめは行わない。 <p>→次時の導入で共有し、概念形成が不十分な生徒には支援を行う。</p>