

理科学習指導案

日 時 令和元年5月31日(金)

学校公開 I

学 級 岩手大学教育学部附属中学校

3年C組 39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

2 単元について

(1) 生徒観

本学年で実施した理科の授業についての質問紙調査の結果から、本校第3学年の実態として次のことが明らかになっている。第一に、実験計画の立案スキルが他のスキルに比べ低いことである。結果解釈のスキルは他に比べ高い結果となった。これは、本校に限った特徴ではないが、帰納的な問題解決が主となり、考察などの結果解釈の活動に傾倒していることや、実験計画の立案を授業に組み込む機会の不足などが原因として考えられる。第二に、理科の学習に対する自己効力感が低く、特に女子の低下が顕著であることである。これは、授業中の学び合いの場面で、男子生徒の発言のみが中心となって進んでいることが原因として考えられる。特に、グループでの話し合いなど、授業者によるコーディネートが及ばないときにこのような実態が浮かび上がる。第三に、「何のために学習するのか」という学習動機について、例年と比較して「外発的な要因が強い」ことが挙げられた。褒められる・叱られるなどの「報酬志向」やプライドや競争心からなどの「自尊志向」による動機付けが高いことが特徴である。これらのことから、帰納的な問題解決以外にも、仮説形成を十分に行う授業、実験計画の立案力を高める指導を単元デザインの中に体系的に位置付けることが必要である。また、理科の学習に対する自己効力感に大きな男女差があることに配慮し、協働的な学びに全員が参加し、全員が思考するようコーディネートに努めることも必要である。そして、「学習(内容)自体が楽しいから」「知力を鍛えるため」「実生活で使える学びだから」といった内発的な学習動機に支えられた学びを実現するために、科学的な探究の過程を充実させることに主眼を置いて単元を計画することが重要である。

また、生徒はワークなどで身につけた科学に関する用語を知識として習得しており、一問一答のような問いには対応できる。しかし、その意味を深く理解し、他者に説明したり問題解決の場面で根拠として活用したりするような本質的な理解には至っていないことが感じられる。例えば、「温かい空気は上に上がり、冷たい空気は下に下がる」というマクロな現象は知っているが、「空気が熱運動し体積が増え、密度が変わる」といったミクロな概念は説明できないなどである。このような実態を解決するために、深い概念形成にまで踏み込んだ問題解決を行うこと、知識や概念を習得させるだけでなく、それらを使いこなす表現させる活動を重視することが大切である。そのために、主体的・対話的で深い学びのような過程を通し、概念形成を図りたい。

	男子	女子	平均
科学的探究スキル			
仮説形成	4.24	4.03	4.14
実験計画	4.09	3.83	3.96
結果解釈	4.36	4.09	4.23
学習動機			
内発的要因			
充実志向	3.68	3.51	3.60
訓練志向	3.47	3.22	3.35
実用志向	3.68	3.66	3.67
外発的要因			
関係志向	2.8	2.91	2.86
自尊志向	3.21	3.32	3.27
報酬志向	3.17	3.35	3.26
自己効力感	3.34	2.48	2.91
メタ認知方略	3.41	3.22	3.32

(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。塩化銅水溶液の電気分解から、電解質には $+y-$ の電気を帯びた粒子（イオン）が存在することを知り、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、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」と「イオン性物質」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る。

次に、酢酸などは、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。

さらに、水溶液中のたくさんの陽イオンと陰イオンが結合して沈殿ができるという化学変化や、沈殿反応を用いて目に見えないイオンの検出ができることを学ぶ。そして、陽イオンへのなりやすさは、金属の種類によって違い、電気分解のように電流を流さなくても、金属と陽イオンの間で電子のやりとりができ、この反応を利用して化学電池が作られていることを学ぶ。

このように、単なる暗記ではなく、イオン概念の本質に生徒自らの力で迫ることにより、イオン概念を本質的に理解し、自分のものとして活用できる知識・概念にまで引き上げ、その価値を認識させたい。そのため、内容を系統的に配列し、科学的な認識が深まる単元構成にした。

また、本単元では、粒子という目には見えないミクロな事象を扱うと同時に、粒子の動きや電子の授受といったイメージのモデル化が一層求められる単元である。そして、イオン式や反応式などの記号の操作も求められる上、マクロな事象に働きかけて実証するといった考え方も重視される。このような学習を通して、生徒の論理性・実証性・客観性などの見方・考え方を働かせていきたい。そして、科学的な推論を通して人間の強みを育成させたい。

(3) 指導観（教科研究との関わり）

①「人間の強み」として育成する資質・能力

本校研究主題の中にある、Society5.0を生き抜く「人間の強み」として、教科横断的に育成する資質・能力は次の通りである（表2）。これらの力は、教科の学びを下支えする基本的な資質・能力であるといえる。

表2 教科横断的に育成を目指す「人間の強み」

資質・能力	思考力等	協調性等	主体性等
	教科横断的に育成を目指す 自分自身の既存の知識や生活的概念を関連付けながら思考・判断し、解決しようとする力	他者との対話を通して、異なる視点からの考えを聴き合い、合意形成を図ったり、自分の考えを再構築したりする力	身の回りの事象の価値や問題に気が付く感性と力。その問題に正面から向き合い、自分が解決すべき課題にする力
理科の学習場面に当てはめた場合	実証的（事実で間違いないかを自然に働きかけ確かめようとする考え方）・論理的（筋道立てられ矛盾のない考え方）・客観的（誰が考えても納得のいく考え方）な思考プロセスを経た科学的思考力	真理を追究するために、他者と協働し、そのために他者の考えを参考にしたり、自らの考えを納得が得られるように説明したり、意見や質問を出したりする力	知識・技能を獲得したり、思考力、判断力、表現力等を身につけたりすることに向け、粘り強い取り組みを行おうとし、その粘り強い取り組みを行う中で自らの学習を調整しようとする力

教科固有で育成する「人間の強み」は、本研究における「科学的推論」の力であり、「科学的推論」は「科学的探究の方法を推論場面で適用すること」（Kuhn & Franklin, 2006）と定義できる。科学的探究の方法は、大きく「仮説の形成」「実験の計画」「結果の解釈」に分類することができ、以下のような過程を経ると考えられる。（図1）。

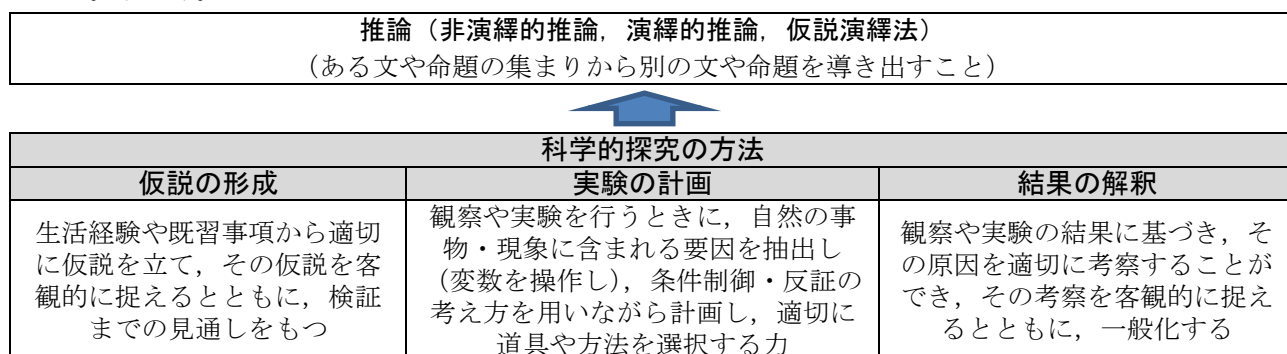


図1 育成を目指す「科学的推論」の力のイメージ

教科横断・教科固有で育成するこれら全ての資質・能力は、「知識及び技能」「思考力・判断力・表現力等」「学びに向かう力，人間性等」といった総合的な資質・能力の中に含まれる。本研究では、その中でもAIには代替不可能と考えられるこれらの資質・能力に着目し、特に育成を図ることとした。

②「人間の強み」としての資質・能力を育成する手立て

主体的・対話的で深い学び

教科横断的に育成する「人間の強み」である思考力等・協調性等・主体性等を育成するための手立てとして最も有効であるのが、新学習指導要領で特に強調されている「主体的・対話的で深い学び」であると考えられる。本校理科では、科学的な問題解決の過程で討論を行い、概念形成することに重点を置いた授業を継続的に行なっている。生徒は、討論を通して自らの考えを他者に説明したり、質疑・応答したりする中で、メタ認知的活動を行なっていると考えられる。例えば、自己と他者の考えを比較したり、より説得力のある根拠とするために生活経験や既有知識と関連づけたり、自己の概念や思考が他者にも納得でき得るものであるかを確認したりするなどである。

討論を行わせる際には、科学的概念の本質に迫るようなコーディネートと授業者の深い教材理解・生徒理解が必要とされる。生徒が生み出す仮説や質問や意見を予め想定し、生徒が論点について議論していく中で自然と概念形成されるように計画的に進行する必要がある。そして、授業者が最後に一方的にまとめるのではなく、生徒自身の言葉でまとめられるよう配慮することが必要である。

科学的推論の力を高める指導（特に実験計画の立案力を高める指導方法の工夫）

平成30年度に実施された全国学力・学習状況調査では、科学的探究の力の中でも実験計画力に大きな課題があることが明らかになっている。その中でも特に「実験や条件制御などにおいて、自分や他者の考えを検討して改善すること」「自然の事物・現象に含まれる要因を抽出して整理し、条件を制御して実験を計画すること」に課題があることが明らかになった。

この力を育成するための手立てとして、2つの方法を行う。一つは、実験計画を行う上での基本的な考え方を事前に指導することである。仮説を検証するために実験で変化させる要因（独立変数）とその影響によって変化する要因（従属変数）を明らかにした上で、条件を制御しながら実験計画を立案するという知識を明示するなどである。また、反証の考え方をを用いることによって、対照実験を行ったり、仮説を支持する情報ばかり集める傾向を疑ったりすることにも繋げていく。二つ目は、単元指導計画の中に実験計画の立案に

特化した授業を位置づけることである。適切に実験計画を立案しなければ解決できないような課題を解決する過程で実験計画の立案力を高めるものである。

「主体的に学習に取り組む態度」の評価

教科横断的に育成する「人間の強み」の一つ、主体性等を育成するためには、「主体的に学習に取り組む態度」の具体的な姿を体系的に示し、その姿に近づけるための効果的な指導と評価の一体化が必要である。そこで、「主体的に学習に取り組む態度」の評価を提案することとした。「主体的に学習に取り組む態度」の評価は、「知識及び技能を獲得したり、思考力、判断力、表現力等を身につけたりすることに向けた粘り強い取り組みを行おうとする側面」と「その粘り強い取り組みを行う中で、自らの学習を調整しようとする側面」の二つの側面を捉え、みとることが求められている。そこで、「粘り強い取り組みを行おうとする側面」をみとるため、Duckworth(2016)をもとに、理科の具体的な学習場面に当てはめた「理科学習版粘り強さ尺度」を開発した尺度を開発した(表7)。なお、尺度の妥当性については検討済みである。

この尺度を用いて、問題解決場面における記述からのみとり、パフォーマンス課題解決場面からのみとり、OPPシートを用いた単元全体を通してのみとりを行い、生徒にフィードバックする。

3 単元計画

(1) 本単元で育成を目指す資質・能力

「育成を目指す資質・能力の三つの柱」に対応した形で、資質・能力を以下に示した。

表3 三つの柱に対応した育成を目指す資質・能力

	知識及び技能	思考力・判断力・表現力等	学びに向かう力、人間性等
教科で育成を目指す資質・能力(三つの柱に対応した形で)	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	科学的な学びに向かう力
本単元における具体的な内容	イオンに関する概念や実験に関する技能を、実践的に利用可能なものとして使うことができる。	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。	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。

(2) 指導目標

科学的推論を通して、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) 評価規準

表4 本単元の評価規準

知識・技能	思考・判断・表現	主体的に学習に取り組む態度
イオンに関する科学的な概念や知識を、言語の利用自体を自覚し、随意的に利用できるものとして習得している。	イオンに関する科学的な問題解決において、筋道の立てた考え方、誰が考えても納得のいく考え方、自然事象に問いかけ実証しようとする考え方をを用いて解決している。	イオンに関する科学的な問題解決において、粘り強く追究しようしたり、自らの学習を調整したりしようとしている。

(4) 単元指導計画及び評価計画

時	小単元	各時間の学習課題	教科横断「人間の強み」			教科固有「人間の強み」			評価
			思考力	協調性	主体性	仮説形成	実験計画	結果解釈	
1	イオンの存在	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		○				○	知
2		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。	○					○	思
3		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。	○						知
4		・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。							知
5		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。	○	○	○	○			思・主
6		課題：塩化ナトリウムを高温にして液体にすると、電流が流れるか。	○	○	○	○		○	思・主
7	物質の三大分類	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。 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たい、どのような実験を行えばよいか。	○				○		知
8		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。							知
9		課題：次の物質は固体・液体の状態で電流が流れるか。鉛 (Pb)、パルミチン酸 (CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH)、水酸化ナトリウム(NaOH) 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。化学式を参考に考えてなさい。 Ca, K, H ₂ S, SO ₂ , CuCl ₂ , MgO, NH ₃ , FeS, Ca(OH) ₂ , C ₆ H ₁₂ O ₆		○		○		○	知
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)						○	知
11		課題：酢酸はイオン性物質か、それとも分子性物質か。	○	○	○	○			思・主
12		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。 ①HCl, ②HNO ₃ , ③H ₂ SO ₄ ・二酸化炭素が水に溶けると酸性を示す理由	○			○		○	知
13	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。 ①NaOH, ②KOH, ③Ca(OH) ₂ , ④Ba(OH) ₂ ・アンモニア水がアルカリ性を示す理由	○			○			知	
14	中和	課題：水酸化バリウム水溶液 Ba(OH) ₂ に硫酸水溶液 H ₂ SO ₄ を加えていくと、電流の強さはどうなるか。	○	○	○	○		○	思・主
15		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。	○	○	○	○		○	思・主
16		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。 ・pH		○				○	知
17	沈殿	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。 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。	○					○	知
18		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、実験計画を立てなさい。	○	○				○	知
19	イオン化傾向	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。	○					○	知
20		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。	○					○	思
21		課題：5つの物質、Mg, Cu, H ₂ , Zn, Feはどの順にイオンになりやすいか。	○	○	○			○	思・主
22		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。						○	知
23		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。 ・ボルタ電池	○					○	思
24	電池	課題：より強い電流を得る電池をつくるにはどうしたらよいか。	○	○	○		○		知・主
25		課題：ボルタ電池の問題点を解決しよう。 ・ダニエル電池		○		○			思・主
26		・さまざまな電池							知
27		発展 ・ミネラルウォーターの硬度分析 ・単元の振り返り							知

※OPPシートを用いて、「主体的に学習に取り組む態度」の「自らの学習を調整しようとする側面」を単元を通して評価する。

4 本時について

(1) 主題 イオン化傾向の特定

(2) 指導目標

「水溶液中の陽イオンよりもイオンになりやすい金属を水溶液に加えると、金属は水溶液中に溶解し、水溶液中の陽イオンは電子を得て原子や分子になる」という概念を用いて、実験計画を立案し、実証から分析・解釈を行い、イオン化傾向を特定させることを通して、イオン化傾向の概念形成を行うとともに、実験計画立案力を高める。

(3) 評価規準

① 課題を解決するために最後まで粘り強く追究しようとしている。(主体的に学習に取り組む態度)

※具体的な評価の観点、教科論の『理科学習版「粘り強さ」尺度』を参照

② 「水溶液中の陽イオンよりもイオンになりやすい金属を水溶液に加えると、金属は水溶液中に溶解し、水溶液中の陽イオンは電子を得て原子や分子になる」ということを随意的に利用可能な知識・概念として活用し、論理性・実証性・客観性をもって思考し実験計画を立案している。(思考・判断・表現)

(4) 授業の構想

生徒は前時までに、「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析出し、溶液が青色を帯びる」「酸水溶液にマグネシウムを入れると、マグネシウムは溶け水素が発生する。これは、マグネシウムの方が H_2 よりもイオンになりやすく、 H^+ はマグネシウム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解するためである。」といった現象をもとに、「水溶液中の陽イオンよりもイオンになりやすい金属を水溶液に加えると、金属は水溶液中に溶解し、水溶液中の陽イオンは電子を得て原子や分子になる」ということを学習している。

本時は、その概念を活用し、「温泉などに鉄のアクセサリーを入れると劣化が激しいが、金やプラチナなどのアクセサリーは劣化しにくい」という実生活における現象を基に、「金属（及び水素）をイオンになりやすい順に並べるとどうなるか」を解決するものである。そのために、実験計画の立案と実証、分析解釈を行う。本時は、変数を操作する定量的な実験ではなく、定性的な実験である。そこで本時は、実験計画の妥当性を検討することに重点をおき、実験計画立案力を高めることとした。実験計画を行う際には、反証の考え方も用いるようにさせ、論理的な思考が伴うと同時に、メタ認知的活動が伴うようにさせる。また本時は、実験計画を行う中で科学的な概念形成を行い、イオン化傾向を本質的に理解することも一つの目的としている。

「イオン化傾向の特定」の授業は、「化学変化と電池」の導入として扱う。これまで仕組みをただ暗記させる傾向にあった「化学変化と電池」の学習について、電子の授受といった前時までの既習内容と強く関連付けながら、明確な根拠をもとにその本質的な概念理解を図りたい。

(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	時間	指導上の留意点および評価 ・指導上の留意点 ○評価
導入	<p>1. 3分前学習で、前時までの「結果と確かになったこと」を共有する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 塩酸にマグネシウムを入れると、マグネシウムは溶け、水素が発生する。これは、マグネシウムの方が H_2 よりもがイオンになりやすく、H^+はマグネシウム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ためである。 <p>2. 自然事象を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 鉄製のアクセサリは酸性の温泉などに入れると、劣化が激しい。 金やプラチナなどのアクセサリは、温泉はおろか、日常生活であらゆる物質に触れてもほとんど劣化しない。 これは、金属にはイオンになりやすいものとなりにくいものがあるためである。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>5つの物質 H_2, Mg, Cu, Fe, Zn はどの順にイオンになりやすいか。</p> </div>	5分	<ul style="list-style-type: none"> 前時の確かになったことを共有し、本時に根拠となる知識を全体に定着させる。 本時の学習が実生活と強く結びついていることを認識させる。
展開	<p>3. 個人で実験計画を立てる。</p> <p>4. 個人で立てた計画をもとに班で話し合い、班の実験計画を検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> H_2 と比べるために、酸の水溶液に前時に使用した Mg 以外の金属を入れる。 金属イオンが入った水溶液に別の種類の金属板を入れると、イオンが金属として析出し、金属がイオンとして溶けるかどうかを調べる。 本当にイオン化傾向を特定できる実験方法なのだろうか（計画の妥当性の検討）。 <p>5. 計画に従って実験を行う。</p> <p>【使用できる試薬等】</p> <ul style="list-style-type: none"> Mg リボン, Cu 板, Fe 板, Zn 板 塩酸などの酸水溶液, 金属イオンが入った水溶液（硫酸鉄（II）水溶液, 塩化亜鉛水溶液, 塩化マグネシウム水溶液, 塩化銅水溶液, 硫酸銅水溶液）等, 予想される試薬は準備しておく 	30分	<ul style="list-style-type: none"> 生徒に配布する「実験計画書」に記入させ、計画の理由も考えさせる。 班での話し合いの中で、実験計画の妥当性を検討する。 実験計画を訂正しても良いこととする。 安全眼鏡を用いる。
終結	<p>6. 実験結果と考察を記入し、発表し合う。</p> <ul style="list-style-type: none"> $Mg > Zn > Fe > H_2 > Cu$ <p>7. より少ない手順で、確実にイオン化傾向を特定する実験方法をさらに検討し、まとめる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>記入例※</p> <ul style="list-style-type: none"> 金属などの物質をイオンになりやすい順に並べるために、溶液に金属が溶け、溶液中の陽イオンが出てくるかを調べれば良いことがわかった。 （生徒から出れば）酸に溶ける金属の量や、出てくる水素の量を比較することでイオンへのなりやすさを比べることができる。 （生徒から出れば）燃焼したときの酸素との結びつきやすさを比べることも有効ではないだろうか。 </div> <p>8. 酸水溶液に、鉄と金を入れ、溶け方の違いを比較し、一般化を図る。</p>	15分	<ul style="list-style-type: none"> 主に※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しない。 →次時の導入でさらに共有し、概念形成が不十分な生徒には支援を行う。 ○ノート記述から、理科学習版「粘り強さ」尺度を用いて「主体的に学習に取り組む態度」を評価する。

