

理科授業における内省を促進する方略に関する研究

教育デザインコース理科領域

林 直希

東京学芸大学附属小金井中学校

宮村 連理

教育学研究科

和田 一郎

1. 問題の所在と研究の目的

新学習指導要領の理念とその実現に向けた方策を示した中央教育審議会答申(2016)では、「主体的な学び」, 「対話的な学び」, 「深い学び」の3つの視点から, 学習過程を質的に改善する必要性を指摘している。その中でも, 「見通しを持って粘り強く取り組み, 自己の学習活動を振り返って次につなげる『主体的な学び』」の実現には, 未だ課題があることが明らかとなっている。例えば, 平成30年度全国学力・学習状況調査(中学校理科化学的領域)では, 「探究の過程を振り返り, 新たな疑問をもち問題を見だし, 探究を深めようとしているかどうかをみる」といった観点から, 主体的な学びが生徒にとって身についているか評価する問題が出題された。この設問の無回答率は, 理科の全27問中2番目に高く(19.9%), 「探究の過程を振り返り, 新たな疑問を持つことに課題がある」ことを指摘している。

このように, 理科授業の問題解決の過程において, 子どもが自己の結論に至るまでのプロセスや, そのプロセスを選択するに至った根拠を俯瞰して捉え, 吟味するような, 子どもの「内省(reflection)」を促進させることが, 喫緊の課題であると考えられる。そこで, 本研究では, 理科授業における, 子どもの内省を促進させるための方略について検討することを目的とする。

2. 理科授業における内省を促進させる足場づくり

三宅・白水(2002)によれば, 内省は, 「自分自身の考え方ややり方について意図的に吟味するプロセス」とされている。また, Xiaodong, et al. (1999)によると, 内省は, 「活発なモニタリング, 評価, 自己の考えの修正, そして仲間や熟達したモデルとの比較を伴う」思考とされている。これらを踏まえて, 本研究では内省を「活発なモニタリング, 評価, 自己の考えの修正, そして仲間や熟達したモデルとの比較を伴いながら, 自分自身の考え方ややり方について意図的に吟味するプロセス」と定義する。

学習者の内省を促進するための方法を検討するにあたり, 表1に示すXiaodong, et al. (1999)の提案した4つの足場づくりの方法は有益である。Xiaodong, et al. (1999)によると, 「これら4つの足場づくりの全てが1つの教育システムに存在することは珍しいことであるが, 複数程度であれば, 学習目標や教師が望む内省のタイプによって存在する」と指摘している。以下では, それぞれの足場づくりの特性について述べる。

2.1 プロセスの明示

プロセスの明示は, 通常は隠れている学習者の問題解決と思考のプロセスを可視化させることである。プロセスは無意識的に進んだり, 一瞬で変化したりすることが

表1 学習者が内省を促進させるための足場づくり(Xiaodong, et al. (1999)を基に作成)

プロセスの明示 (Process Displays)	問題解決と思考のプロセスを明らかにすること。
プロセスの促進 (Process Prompts)	学習が行われている間のプロセスにおける特定の側面に学習者の注意を促すこと。
プロセスのモデリング (Process Models)	活動中に学習者が自己のプロセスを比較, 対比することができるよう, 通常は言葉に出されない熟達者の思考プロセスをモデリングすること。
内省的な社会的談話 (Reflective Social Discourse)	内省のために使用することのできる複数の見方とフィードバックをもたらすために, 共同体に基づいた談話を創り出すこと。

理科授業における内省を促進する方略に関する研究がある。そのため、学習者の問題解決と思考のプロセスを教師が捉えることは、学習のプロセスによって最終的に得られた結果物を捉えることよりも難しい。そこで、プロセスの明示は、学習者自身の問題解決と思考のプロセスについて、何が、なぜ、どのように行われるのかを理解するための支援となりうる。

2. 2 プロセスの促進

プロセスの促進は、問題解決活動のうち、特定の場面において、自分が何をしているのかを説明し、評価するように学習者に促すことである。これにより、プロセスの成立過程の背景を学習者自身に理解させる。プロセスの促進は、プロセスの特定の側面に学習者の注意を向けさせる点が、プロセスの明示と大きく異なる。プロセスの促進は、複雑な問題を解決するような課題に直面したときに、手当たり次第に解決策を見つけようとする学習者にとって、特に有効である。このような学習者は、1回の試行が上手くいかなかったとき、何が間違っていたのか内省せず、すぐに新たな試行を繰り返してしまう。そこで、プロセスの促進を行うことによって、課題に対して行き詰まった際に、自己のプロセスの改善すべき側面に注目させることで、学習者をよりよい問題解決に促すことが可能となる。

2. 3 プロセスのモデリング

プロセスのモデリングは、熟達者の思考プロセスを分析させることで、学習者自身の思考プロセスを修正させることである。学習者自身のプロセスに焦点を当てているプロセスの明示やプロセスの促進とは異なり、プロセスのモデリングは、熟達者が特定の問題について考えた解決したりするために使用するプロセスに焦点を当てる。具体的なプロセスのモデリングの場面においては、まず、教師はある領域の熟達者の推論やパフォーマンスの根底にある思考プロセスをはっきりと学習者に示す。そして、これらの方略を学習者自身の学習プロセスに適用させ、彼ら自身の状況における方略の有効性について検討させる。このように、熟達者のようなモデルと比較し、対比させることによって、プロセスのモデリングは、学習者に自己の考えや問題解決の過程について、より深く理解させるための足場を提供することができる。

2. 4 内省的な社会的談話

内省的な社会的談話は、談話を通じて、他者からのフィードバックを得ることで、個人内での内省を超えた思考の修正をさせることである。ここまでの3つの足場づ

くり (2.1~2.3) は、学習者個人内で生じる内省について指摘してきた。さらに、Xiaodong, et al. (1999) は内省について、個人が共同体からのフィードバックを求め、そのフィードバックに基づいて自己のやり方を修正する社会的行為でもあると指摘している。他者による複数の視点があると、学習者が一人では見過ごしてしまうような新たなことに気付きやすくなり、より学習者自身の思考をはっきりとさせることが可能となる。

本研究では、以上の4つの足場づくりの方法を事例分析を通じて理科授業の立場から捉え、それぞれの方法の意味や関連性を見い出すことを目的とする。

3. 中学校理科授業における事例的分析

3. 1 分析方法

上述した Xiaodong, et al. (1999) の提案した4つの足場づくりの方法を理科授業に援用し、学習者の内省の促進を志向した授業実践を行った。教師は、4つの足場づくりについて理解しており、分析者と共に授業展開を検討した。本稿では、授業場面ごとに内省の促進の起点となった足場づくりに着目し、分析した。

その際、教師の発話内容や子どものワークシート、班でまとめた考えを記録したタブレット端末の記録をもとに分析を行った。

3. 2 実施時期

令和元年6月

3. 3 実施対象

東京都内の中学校第3学年36名

3. 4 授業実践の概要

分析対象とした授業実践は、中学校第3学年「化学変化とイオン」に関する学習のうち、イオン化傾向に関する学習の計5時間であり、表2に示す内容で実施した。

まず、生徒は、本実践に至るまでに、純水、水道水、食塩水や砂糖水の電気伝導性について考え、水溶液には電気を通しやすいものと通しにくいものがあることや、その理由について検討してきた。その結果、電気を通しやすい水溶液は、食塩水や水の電気分解を行う際に用いた水酸化ナトリウムのように、ナトリウムを含むことが電気を通す要因ではないかという考えが生まれた。そこで、次に、ナトリウムを含まない水溶液に電気が流れるかを検討し、その上で塩化銅水溶液の電気分解の実験を行い、陰極、陽極における反応を捉え、塩化銅水溶液の電気分解のしくみについて考察した。その際、生徒は原

表2 学習内容の概要

時	主な学習内容
1	5種類の金属板のうち、2枚をうすい塩酸の入ったビーカーに入れ、電圧を測定する実験を行い、電圧を記録した表から気づいたことを個人でまとめた。
2	個人の考えから班で考えをまとめた。
3	班ごとに発表を行い、意見交換をした。
4・5	教師から与えられた実験データから、再び考えをまとめ、班ごとに発表を行った。

子に着目し、原子の性質について理解することが塩化銅水溶液の電気分解を説明するためには必要であることを見出した。そこで次に、原子の電子配置について学習した。それら原子の電子配置の知識を活用し、再度、塩化銅水溶液の電気分解のしくみについて検討した。

上記の授業の後、分析対象となるイオン化傾向に関する話に入った。まず第1時において、果物電池の反応の様子を例に、電極の様子に着目させ、電極の組み合わせによる電圧の違いについて、うすい塩酸を用いて実験を行った。その後、結果を表にまとめ、気づいたことを個

人で学習プリントにまとめた。第2時では、個人でまとめた考えを基に、4人ごとの班で意見交換を行い、班でまとめた考えをタブレット端末に記入した。タブレット端末は各班で2台用意した。また、意見交換後の生徒自身の考えは、学習プリントに記入させた。さらに、第3時では、第2時でまとめた各班の意見を、ランダムに選ばれた班の代表者がクラス全体に向けて発表し、意見交換を行った。ここでも、クラス全体の意見交換後の生徒自身の考えを学習プリントに記入させた。そのとき、実験結果は班によってばらつきがあることが明らかとなり、第4・5時では、教師から与えられた第1時の実験データを用いつつ、第3時で得られた他班の考えを活かしながら、再度班員と意見交換を行い、クラス全体での意見交換を行った。授業の最後には、これまでの振り返りを行った。

4. 結果および考察

本稿では、教師をT、生徒をSと表した。また、生徒を識別するため、S1のように、生徒ごとに番号を付している。分析にあたっては、問題解決と思考のプロセスにおける生徒の内省の促進状況を一貫して捉えるため、2

実験結果 2枚の金属による電圧 [V]

		プラス 極				
		Zn ²⁺	Al	Fe	Mg	Cu
マイ ナス 極	Zn		0.2V	0.7V	0.3V	0.8V
	Al	0V		0.4V	0.0V	1.6V
	Fe	-0.6V	-0.4V		-0.2V	
	Mg	0.5V	0.5V	0.2V		0.3V
	Cu	-0.4	-0.6V		-0.3V	

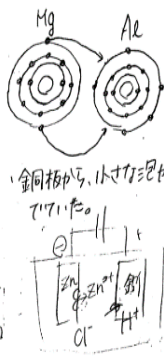
この結果からどのような法則が導けるか考える

同じ組み合わせのとき、入れ替えると、+側と-側とが逆に触れるか逆になる。逆にしても、電圧の値は変わらない。
塩酸がH⁺とCl⁻にわかれて、Cl⁻が溶けるためにCl⁺とe⁻をみて、H⁺にあってe⁻をうんととってH₂が溶ける。

図1 S1の実験結果をまとめた表と考察

実験結果 2枚の金属による電圧 [V]

		プラス 極				
		Zn	Al	Fe	Mg	Cu
マイ ナス 極	Zn			0.3V		1.1V
	Al	0.9V		1.2V		2.0V
	Fe					0.7V
	Mg	1.6V	0.6	1.9V		2.6V
	Cu	/	/	/		



この結果からどのような法則が導けるか考える

マイナスのとき、プラスのとき、
Mg 4つ成立、Cu 4つ成立、
Al 3つ成立、Fe 3つ成立、
Zn 2つ成立、Al 1つ成立、
Fe 1つ成立、Mg 0 =
陽イオンになりだす順番
Mg → Al → Zn → Fe → Cu

図2 S2の実験結果をまとめた表と考察

理科授業における内省を促進する方略に関する研究
名の生徒(S1, S2)の学習プリントの記述内容に着目し、
その質的変容を検討した。

4. 1 第1時の学習場面

第1時では、班ごとにうすい塩酸に5種類の電極（マグネシウム、アルミニウム、亜鉛、鉄、銅）から2種類を組み合わせて入れ、電位差を測定した。

まず、S1 がまとめた実験結果の表と結果に関する考察を図1に示す。S1 は、実験結果をまとめた表から、電極と電圧計（この時点では、電圧計を誤って電源装置として回路図に記入している）の組み合わせが逆になっても、電位差の絶対値が変わらないことを指摘した。一方で、S1 は、回路を流れる電流は、うすい塩酸から電離した塩化物イオンが、気体として発生するために電子を放出したことによるものであると捉えた。

次に S2 がまとめた実験結果の表と結果に関する考察を図2に示す。実験結果をまとめる時点で、S2 はイオン化傾向を「陽イオンになりやすい順」として見出した。

4. 2 第4・5時のクラス全体での再考場面

4.2.1 S1 の理解の変容

第1時での個人の考察を踏まえて、第2時では班ごとに意見交換を行い、第3時では、クラス全体で意見交換を行った。その上で、第4・5時は、第3時を踏まえた再考の場面である。

表3は S1 が5班の発表を聞き、自己の考えを変容させることにつながった場面である。5班がまとめたプレゼンテーションの内容を図3に示す。この場面では、まず教師が5班に発表を促している(T1)。班ごとに発表をさせることは、班内で行われた議論を整理し、まとめることにつながった。このことから、各班が発表を行うまでの間、教師が「プロセスの明示」の方略を講じた場面である。

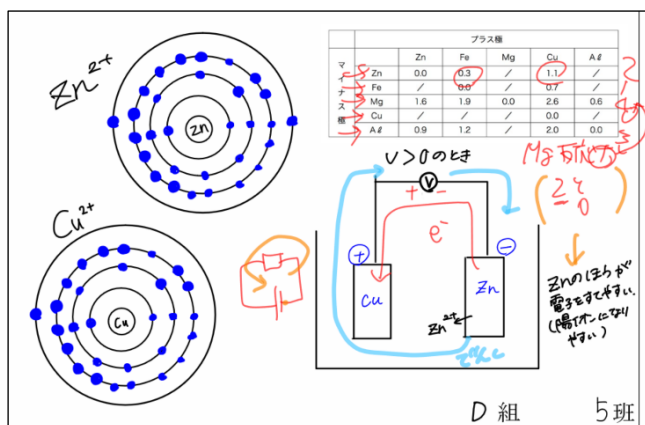


図3 S1 が取り入れた5班の考え

表3 5班の発表の発話プロトコル

T1	はい、じゃあ次いつてみたいと思います。次ね、5班いこうかな。ここのあたりの班の人ってみんなこの図を書いているので、図をどういう風に考えたかをぜひ聞いてみたいなど。ね。図が書いてあるので。5班、お願いします。5班は、S3 君かな。はい。
S3	えっと…金属をマイナス極にやったときに、Mg が、4 個プラスの値になって、で、Al が3 つで、Zn が2 つで、Fe が1 つで Cu が0 だったんですけど…えーっと、マイナスの時に、プラスの値になるってことは、金属が電子を捨てやすい順番だと思いました。それで、Zn が、2 つで、Cu は0 だったので、えっと…Zn がマイナス側で、Cu がプラス側になると思いました。以上です。
T2	はい、OK。拍手をお願いします。えーとですね、まず、亜鉛。銅より亜鉛のほうが電子を捨てやすいと思った根拠は何ですか？班で相談してごらん。最初この、Zn のほうが電子を捨てやすいから陽イオンになりやすくて、マイナスになるということは良いんですけど、Zn の方、亜鉛の方が電子を捨てやすいって考えた根拠は何ですか？なんでこういう結論を出しました？この一個前。イメージはここですね、何か議論があって、亜鉛のほうが電子を捨てやすいってなったと思うんですけど、どんな議論が表れましたか？
S4	さっきの表で、プラスにふれる数を数えると…
T3	あの、もうちょっと大きな声で言ってほしいです。
S4	プラスになる数を数えると…
T4	えっと、それは表の中で、縦に見た場合ですか？横に見た場合ですか？
S4	え？えっと…
T5	プラスになる数を、数える、これの枠のことを言ってると思うんですけど、それを数えるときに、どういうふうに見ました？縦に数えたんですか？横？横に数えた。では皆さんも表を横に見る視点をお願いします。横に見たときに、はい。
S4	えっと亜鉛は、Fe と Cu で、プラスになって、Cu は、ゼロ。
T6	あ、ゼロ。確かにゼロ。
S4	(Cu は) 全部マイナス。だから、これを全部並べると、Mg から、Al, Zn, Fe, Cu の順番に並べられると分かりました。
T7	横に、横に数えるわけね？
S4	はい。こう数えてみた時に、Mg は塩酸中で、激しく溶けやすくて、陽イオンになりやすいのかなって思いました。Cu は、なりにくいと考えられるので、Zn のほうが、Cu より (イオンに) なりやすいと考えました。

理科授業における内省を促進する方略に関する研究

さらに、5班に指名した際、教師は「図をどういふふうに考えたかをぜひ聞いてみたい(T1)」と話した。これは、5班の発表が行われている間、図に関する考えに生徒の注意を促すためである。すなわち、この場面では、「プロセスの明示」によって表出させた生徒の思考プロセスのうち、特に図の表現について生徒の注目を集めさせたという点で、教師が「プロセスの促進」の方略を講じた場面である。

また、5班の発表を踏まえて、教師は、T2にあるように、銅よりも亜鉛のほうが電子を放出しやすいと考えた根拠を求めた。この発問も、問題解決や思考のプロセスにおける特定の場面に焦点を当てるためである。このように、ここでも教師は「プロセスの促進」の方略を講じた。

これに対して、生徒は「(電圧計が)プラスになる数を数える」ことで、金属の電子の放出しやすさを導き出したと説明したが、さらに教師は、「それは、表の中で縦に見た場合ですか横に見た場合ですか(T4)」と表を見る視点について生徒に問いかけた。これは、「プロセスの明示」の方略を講じたことに加え、表の見方について、教師が意図的に焦点化したという点で、「プロセスの促進」の方略を講じた場面である。

生徒が表を横に見ていることを見とり、教師は「皆さんも表を横に見る視点でお願いします(T5)」と伝えた。ここでは、発表者が言葉に出さなかった思考について、他班の生徒もこの視点を活用できるように、教師がモデリングを行った。したがって、これは「プロセスのモデリング」の方略を講じた場面である。

図4と図5では、S1の最終的なまとめと、考えを変えた根拠について記述させている。当初、S1は図1のように、塩化物イオンが気体分子の塩素となって発生することで、

電子の移動が生じると考えていた。そこで、教師が足場づくりを行うことで、生徒は図4のように、2種類の金属板のうち、イオンになりやすい金属板が溶け、放出された電子によって電流が生じるという考えに至った。なお、図4においてS1が用いている「正常値」という言葉は、正の数のことを示していると考えられる。また、S1は、実験結果からイオン化傾向を導出する際に、「表を横に見る(T5)」という視点を5班から取り入れていることが分かる。これは、教師の「プロセスのモデリング」によって、S1が自己の考えと熟達した他者の考えを比較し、熟達した他者の視点の有用性に気づいたことによるものと考えられる。このように、生徒の内省は、周囲の生徒や教師との間で生まれた談話によって成立しており、生徒個人内で完結するものではなく、教師によって与えられる視点やフィードバックが有効であったと考えられる。ここでのクラスでの意見交換の過程は、教師が生徒個人では得られない見方や考え方をクラスで共有するために設定した場面である。すなわち、「内省的な社会的談話」の方略を講じた場面である。

4.2.2 S2の理解の変容

S2においてもS1と同様に、第4・5時についての分析を行った。S2の理解に影響を及ぼした8班の発話プロトコルを表4に示した。ただし、S2は、S1と異なり、第1時の時点で個人の考えをまとめる際、既にイオン化傾向につながる考えを表現できていた。

第5時において、8班は、それまでに発表してきた班と同様、金属ごとにイオンのなりやすさが異なっていることから、イオンになりやすい金属の順序を指摘した。8班はさらに、イオンのなりやすさが離れている金属板どうしを組み合わせるときの電位差が大き

発表後の自分の考えをまとめる						
マイナス極	プラス極					
		Zn	Fe	Mg	Cu	Al
	Zn	0.0	0.3	/	1.1	/
	Fe	/	0.0	/	0.7	/
	Mg	1.6	1.9	0.0	2.6	0.6
	Cu	/	/	/	0.0	/
	Al	0.9	1.2	/	2.0	0.0

電流の流れと、電子の流れは逆になる。
 → +から-に流れる。
 ○ CuとZn ⊕

左のグラフを横に見る。
 5つの金属がマイナステ「あるとき、正常値を示す金属の組み合わせを考える
 → マイナステ「あるとき、正常値であるというには、プラスに組み合わせてもいいイオンになりやすい」
 $Mg > Al > Zn > Fe > Cu$
 つまり、電子は-から+に流れる。正常値に「おらてい」
 → イオンになりやすい金属 → マイナステ「あるとき、正常値に「おらてい」

図4 S1の最終的なまとめ

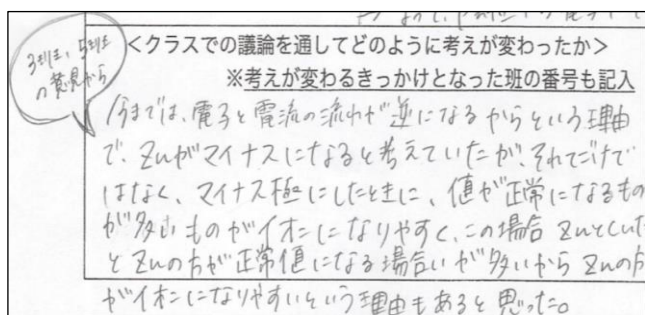


図5 S1の考えが変わった内容に関する記述

プラス極						
	Zn	Fe	Mg	Cu	Al	
マイナス極	Zn	0.0	0.3	2.1	1.1	0.0
	Fe	0.0	0.0	0.7	0.7	0.0
	Mg	0.6	0.9	0.0	0.6	0.6
	Cu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Al	0.9	1.2	2.0	0.0	0.0

イオンへのなりやすさ
→陰極で陽イオンになったほうがイオンになりやすい

$Zn > Fe$ $Al > Zn$
 $Cu > Fe$ $Fe > Cu$
 $Mg > Zn$ $Fe > Cu$
 $Mg > Fe$ $Cu > Al$
 $Mg > Al$ $Al > Zn$

$Mg > Al > Zn > Fe > Cu$
 $0.6V$
 $2.6V$

Mg と Al の $V=0.6$
 $-- Zn -- = 1.6$
 $-- Fe -- = 1.9$
 $-- Cu -- = 2.6$

上の表で
 電圧が大きいほど
 電圧が大きい

図6 S2が取り入れた8班の考え

いことを指摘した。これに対して教師は、「面白いのはここですね (T10)」と発言している。8班が発表するまで、生徒は皆、2種類の金属板を用いたとき、電位差が正になるか負になるか、あるいはどちらの金属が陽極、陰極になるかについて注目していた。そのため、電圧計のつなぎ方が反対になると、電圧計の表示の正負が逆になることは理解しているが、金属の組み合わせによる電位差の違いやその規則性については、ほとんど議論がなされていなかった。この状況を教師は見とり、8班が新たな視点を示したことを価値づけ、焦点を当てた。この視点を教師は「なりやすさの差みたいなのが離れていると、電圧が大きくなる説 (T10)」と呼ぶことで、生徒から「おおー。」という反応が生まれた。これは、「プロセスの促進」を方略として講じた場面である。また、教師は、他班より深い理解に至っている8班の生徒の思考を他班の生徒にも取り入れさせようとした。ここは、「プロセスのモデリング」を方略として講じた場面である。さらに、教師はT11において、「これをなんか図式化というか、できそうな気がしますよね」と発言しており、生徒に図式化を促した。この場面は、電位差についてさらに発展的なレベルの理解に教師が焦点を当てているといえる。このことから、ここでは「プロセスの促進」の

表4 8班の発表の発話プロトコル

S5	8班は、まず、他の班と同様に、イオンのなりやすさで面を考えたんですけど、陰極になりやすいほうが、陽イオンになった、あ、陰極になったほう、なった元素の方が、陽イオンになったということなので、それを考えてみると、例えばマグネシウムとアルミだと、マグネシウムがマイナス極に行っているときに、電圧計の値が正になっているので、マグネシウムが陽イオンになった。つまり、マグネシウムの方がイオンになりやすかった。これをまとめていくと、マグネシウム、アルミニウム、亜鉛、鉄、銅の順番でなりやすくて、で、そこから、電圧、その組み合わせでマグネシウムとアルミと、マグネシウムと銅だと、マグネシウムと銅のほうが、イオンへのなりやすさが離れていて、で、そのなりやすさが離れているほど、電圧が大きいことに気づきました。(中略)
T10	はい、オッケー拍手。なるほど、面白いですね。そしたらですね、とりあえずじゃあ一つ目の話ですね。こちらの班も同じように、プラスマイナスの数を数えていただいたんですけど、ここは同じなんですけど、面白いのはここですね。なりやすさが、上記の表で離れているほど電圧が大きい。これ気づいてる人いました？言ってる意味分かります？この表の意味するところどうですか、皆さん。つまりこの順番が、例えばですね、マグネシウムとアルミニウムの電圧は0.6Vなんだ。だけどマグネシウムと銅は、2.6Vなんだ。つまりなりやすさの差みたいなのが離れていると、電圧が大きくなる説。
Cs	おおー。
T11	なかなか面白いですね。となると、これをなんか図式化というか、できそうな気がしますよね。ということ、どうしたらいいかな、なんか面白そうな話。というわけで、えーっとこの辺の、金属の並び方と、並び方だけじゃなくて、その差みたいなものも、数値化できるのではないかなという説でした。(後略)

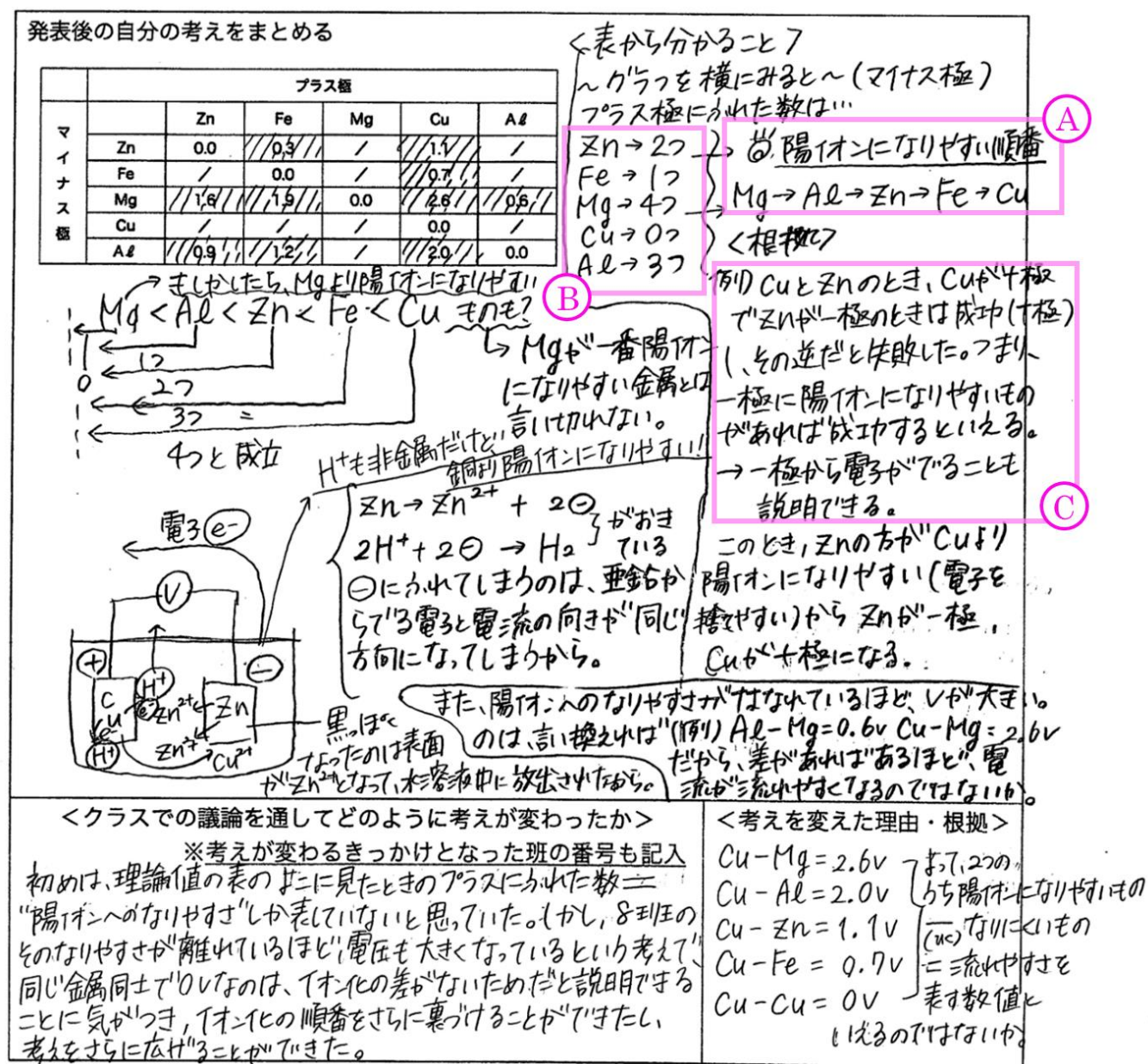


図7 S2の最終的なまとめ

方略が講じられた場面である。クラスでの意見交換を通して、S2は最終的に、8班の発表と教師の発言から図7のように図式化を行うことができた。

4.3 生徒の概念構築の全体傾向

本研究では、Xiaodong, et al. (1999) の提案した4つの足場づくりの方法を理科授業に援用し、学習者の内省の促進を志向した授業実践を行った。

授業を通して、分析対象のクラスの最終的な学習到達度を評価するため、表5のA)～C)に示す判断基準に基づき、生徒のまとめのワークシート記述を分析した。先述のS2の記述を事例に、評価、分析した例を示した(図7のA)～C)の部分)。

表5 分析対象クラスの学習到達度 (N=31)

判断基準	人数	割合
A) イオン化傾向の順序を記述することができている。	24	77%
B) イオン化傾向の順序について自分なりの方法で求めることができている。	22	71%
C) 電圧計が示す値から金属の電子の放出のしやすさについて説明することができている。	22	71%

表6 理科の立場から捉える学習者が内省を促進させるための足場づくり

プロセスの明示 (Process Displays)	自己や他者の問題解決の過程について学習者が捉えることのできるように、ことば、記号、図や表などを用いた多様な表現活動を行わせ、学習者に明示させること。
プロセスの促進 (Process Prompts)	問題解決の過程において、学習者が科学概念を構築させる上で起点となりうる重要な考え方などを教師が見取り、価値づけて注目させること。
プロセスのモデリング (Process Models)	問題解決活動中に、学習者が自己のプロセスについて、有能な他者と比較し、修正することができるように、学習者の表現だけでは十分に伝わらない論理の構造や科学的に妥当な考えを教師がモデル化し、学習者が取り入れやすくすること。
内省的な社会的談話 (Reflective Social Discourse)	内省する上で有効となる他者からの複数の視点やフィードバックを学習者に与えるために、学習者の考え方が十分に交流される学習場面を創り出すこと。例えば、実験結果に基づく主張において、何をエビデンスとし、どう関係づけて主張を形成しているかを議論させるなど。

結果として、全体では、「A) イオン化傾向の順序を記述する」ことができている生徒は77%であった。さらに、「B) イオン化傾向の順序について自分なりの方法で求める」ことができている生徒は71%であった。また、「C) 電圧計が示す値から金属の電子の放出しやすさの関係について説明する」ことができている生徒は71%であった。以上から、教師の足場づくりによって、生徒は内省を促進させながら、イオン化傾向に関する理解を深めたと考えられる。

5. 本研究のまとめ

以上の実践事例の分析を通じて、生徒の内省を促進させる4つの足場づくりについて理科授業の立場から捉え直した結果が表6である。

まず、プロセスの明示は、学習者が自己や他者の問題解決の過程について捉えられるようにすることが目的である。例えば、他者に伝わりやすいように工夫したプレゼンテーションなどを教師が生徒に作成させ、発表させるような方略である。次に、プロセスの促進は、学習者の科学概念を構築させるプロセスのうち、重要な考え方などを教師が価値づけ、生徒に注目させる方略である。例えば、発表した班が前の班とどのような点で異なる考えを持っているか価値づける場面がこれにあたる。さらに、プロセスのモデリングは、問題解決活動中に、科学的に妥当な考えを持つような、有能な他者と自己のプロセスを比較し、修正することができるように、学習者の表現だけでは十分に伝わらない論理の構造や科学的に妥当な考えを教師がモデル化し、学習者が取り入れやすくすることである。最後に、内省的な社会的談話は、内省する上で有効となる他者からの複数の視点やフィードバックを学習者に与えることを目的としている。ここでの

教師の役割は、学習者の考え方が十分に交流される学習場面を創り出すことである。これらの4つの足場づくりが理科授業において機能することにより、生徒の内省は促進されると総括できる。ただし、これらの4つの足場づくりがどのように相互に関連しているかについては、今後さらに検討すべき課題であると考えられる。

今回の研究を踏まえて、今後は理科授業において生徒が内省を促進させている際の認知の変容過程について、さらに明らかにしたい。

引用・参考文献

- 中央教育審議会（2016）「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について」、49-50.
- 国立教育政策研究所（2018）「平成30年度 全国学力・学習状況調査 報告書」、8, 74-83.
- (<http://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/report/data/18msci.pdf>, 2019年8月1日閲覧).
- 三宅なほみ・白水始（2002）『認知科学辞典』（日本認知学会編）、共立出版、626.
- Xiaodong, Lin., et al. (1999) Designing Technology to Support Reflection, *Educational Technology Research and Development*, Kluwer Academic Publishers, 43-62.