

理科における主体的・対話的で深い学びの具現化に関する研究 —学習論からの考察—

和田 一郎*・大木 裕未**・佐野 菜実**

A Study of Promoting Active and Interactive Deep Learning in Science : From the Viewpoint of Learning Theory

WADA Ichiro* , OOKI Yumi** , SANO Nami**

1. 問題の所在と研究の目的

平成 29 年 3 月に次期学習指導要領が公示され、今後の理科学習に関して「理科の見方・考え方を働かせて資質・能力を育成する」という、新規の文脈を軸とした授業開発の必要性が示された。また、そうした目標を達成するための授業開発の鍵概念として、以下に示すような「主体的・対話的で深い学び」の実現が掲げられている(文部科学省, 2017a)。

主体的な学び：自然の事物・現象から問題を見だし、見通しをもって観察、実験などを行っているか、観察、実験の結果を基に考察を行い、より妥当な考えをつくりだしているか、自らの学習活動を振り返って意味付けたり、得られた知識や技能を基に、次の問題を発見したり、新たな視点で自然の事物・現象を捉えようとしたりしているかなどの視点から、授業改善を図ること
対話的な学び：問題の設定や検証計画の立案、観察、実験の結果の処理、考察の場面などでは、あらかじめ個人で考え、その後、意見交換したり、根拠を基にして議論したりして、自分の考えをより妥当なものにする学習となっているかなどの視点から、授業改善を図ること
深い学び：「理科の見方・考え方」を働かせながら問題解決の過程を通して学ぶことにより、理科で育成を目指す資質・能力を獲得するようになっているか、様々な知識がつながって、より科学的な概念を形成することに向かっているか、さらに、新たに獲得した資質・能力に基づいた「理科の見方・考え方」を、次の学習や日常生活などにおける問題発・解決の場面で働かせているかなどの視点から、授業改善を図ること

こうした学びを実現するためには、当然ながらこれらの学びの意味を精査し、実践的な取り組みを試行していく必要がある。本研究では、理科学習論の観点、特にメタ認知および協働学習を基軸に、これにナラティブ論および概念変化モデルの諸理論を加えて検討し、さらに小学校、中学校の事例的分析を通じて、「主体的・対話的で深い学び」の意味を詳細に捉えることを目的とした。

2. 学習論から捉える理科における主体的・対話的で深い学びの意味

まず「主体的な学び」では、児童生徒は自己の学習の方向性を自覚し、自己の学習の進捗を常に俯瞰する必要があると解釈できる。こうした学習の重要性は、認知心理学における「メタ認知 (metacognition)」の概念から解釈することが可能である。Flavell.J.H.(1987)によれば、メタ認知と

*理科教育講座 **教育学研究科

は、自己の認知を一段高次のレベルで客観的に捉えることである。このため、「認知についての認知」や「考えることについて考える」といった説明がなされることが多い。これに関わり、Nelson,T.O.(1990)らは、図1に示すように、認知を対象レベル(object level)と、それよりも高次のメタレベル(meta level)の二つの階層から説明した。そして、その階層間における情報処理過程について、自己の認知を対象とし、そこから課題解決に必要な情報を抽出するモニタリングと、抽出した情報を評価・修正し、最善の方略の選択・判断を行うコントロールの両過程を通じて認知の調整を行うことを指摘した。

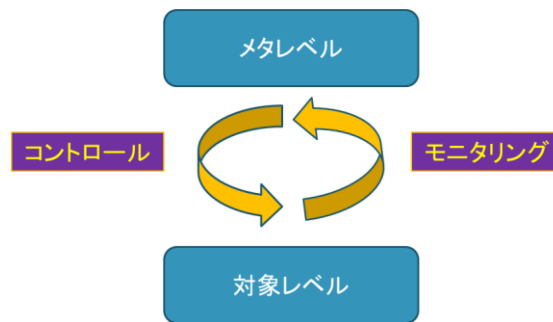


図1 メタ認知における情報処理過程
(Nelson,T.O. & Narens, L.,1990 に基づき作成)

このような指摘を踏まえれば、主体的な学びを具体化するためには、問題解決に際して、習得している知識をモニタリングし、コントロールする認知機能を促す手立てが不可欠である。例えば、児童生徒に問題解決の過程において、予想に対する根拠を明示させたり、学習活動全体を振り返りながら自分なりに結論を導出させたりすることは、メタ認知の活動を活性化させるために有効な手段になると考えられる。

次に「対話的な学び」では、あらかじめ個人で考え、他者との意見交換を通じてより妥当な考えを構築することを重視している。これは、「協働学習(collaborative learning)」の重要性を示していると考えられる。和田(2017)は、協働学習を「自分なりの考えを有する者同士が対話を重ね、より妥当な考えや新しい考えを作り出し、一人ひとりが学習を深化させること」と捉え、人任せではないメタ認知の機能した学習者同士が相互作用する過程と説明した。また、Roschelle, J. (1992)は協働学習の意義として次のような点を指摘している。

- ・自分なりの考えを有し、メタ認知が機能しているメンバーは、多視点をまとめようとする。
- ・結果として、考えはモデル化されたり、言葉によりまとめられたりして概念化(抽象化)される。
- ・対話が繰り返されることで、概念化(抽象化)のレベルが高まれば、自己評価の基準、メタ認知の機能も高いレベルになる。

このように、協働学習はメタ認知の活性化と表裏一体となって、その質が高まっていくと解釈できる。つまり、学習の方向性を自覚し、根拠に基づきながら自己の考えを表現できる児童生徒が関わり合うことで、より豊かな理科の見方・考え方を主体的に働かせながら、問題解決を遂行することになるのである。さらに、協働学習の活性化は、集団において多様な視点が集まることによって、複雑な構造を生じさせることになる(Polanyi,M.,1980)。これは言い換えれば、児童生徒に学習の文脈へのコミットメントを強化させることを意味し、児童生徒一人ひとりに学習活動に対して自己の存在を投入させる機会を増幅させることに繋がる。こうした姿は、創発(emergence)的な交流の具現化と説

明できよう。また、創発的な交流では、児童生徒にグループや教室全体といったコミュニティへの積極的な参加や、個人が他者と共有する活動から自覚的に他者の考えから必要な情報を自分に取り込む活動を生み出すことになる。これは、言い換えればアプロプリエーション(appropriation)の具体化を意味する(Hadwin, A. et al., 2011)。

メタ認知が機能している児童生徒同士が創発的交流を重ね、その中で自己に有益な情報を積極的に取り込み、考えの修正や再構成を繰り返すことによって、コミュニティに属するメンバーが納得できる公共性の高い概念の構築や、問題の解決が可能となるのである。このような点を踏まえれば、例えば理科授業において、自己の考えと他者の考えを比較し、自己の考えに取り込める情報を表現したり、自己やグループの考えの変容過程や問題解決の過程を振り返って表現したりする活動は、極めて重要になってこよう。そうして、児童生徒は自己が属するコミュニティ自体の変容をも実感できることになるのである。獲得した資質・能力に基づきながら、理科の見方・考え方を働かせ、新規の問題解決を実現していく過程では、そうした学習の姿が現れることになる。これが、「深い学び」の意味であると捉えられる。

なお、以上の解釈は、主体的・対話的で深い学びの三つの視点が、「それぞれが独立しているものではなく、相互に関連し合うものである(文部科学省, 2017b)」といった指摘と矛盾しない。

上述の指摘を模式化したものが図2である。メタ認知を機能させた児童生徒同士が相互作用し、協働学習を活性化させることによって、個人と所属するコミュニティの変容を生み出していく。その中で主体的・対話的で深い学びは一体化した学びの構造体を形成することになる。

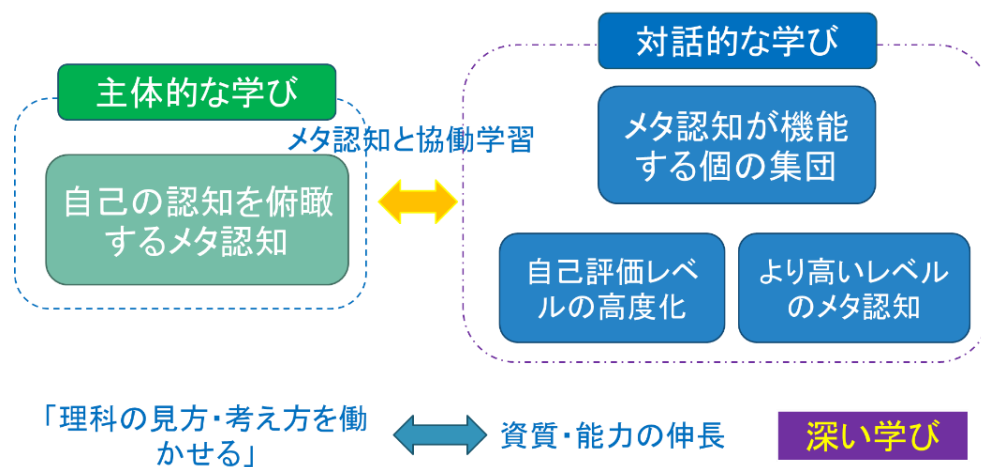


図2 学習論から捉える「主体的・対話的で深い学び」の意味

メタ認知と協働学習の関連性から、「主体的・対話的で深い学び」の意味について説明できることが明らかとなった。さらに本研究では、こうしたメタ認知と協働学習の観点を基盤としながら、「主体的・対話的で深い学び」の実態をより詳細に捉えていくため、学習論として「ナラティブ論」および「情報処理論に基づく概念変化モデル」を加味し、小学校および中学校の理科授業を事例に具体的に検討する。

3. 小学校の理科授業を事例とした分析

最初に、小学校理科の授業を事例として、「主体的・対話的で深い学び」の実態を捉えていく。そ

のための学習論として、ここでは図2の視点に加えてナラティブ論に着目した。その理由はこうである。ブルナー(1986)によれば、人間の思考様式には、経験を時間・空間に位置付けた様式である「ナラティブ・モード」、および体系化・一般化された様式である「セオリー・モード」の2種類がある。これら2つの思考様式が機能する過程では、対話を通じて互いに情報を補完し合うことで、相補的な関係が成立し、その全体構造として「ナラティブ」が構築される。つまり、ナラティブ論によって、図2における対話的な学びの過程を中心に詳細な分析を可能とし、児童の個別の経験に基づく思考が対話を通じてセオリーと関連付くことで、科学的な思考へと変容していく様態を捉えることができると考えられる。

実際、大木・齊藤・和田ら(2016)は、理科学習におけるナラティブの構築は、自動的に生じるわけではなく、他者との対話が媒介となり、補完する情報の選択が促されることを示した。また大木らの研究では、ナラティブの構築に関わる要素について、Avraamidou,L. &Osborne,J.(2009), および野口(2009)の指摘に基づき、表1のように整理している。その上で、これらの要素とブルナーの指摘を関連付け、対話を通じたナラティブの構築過程を図3のように模式化した。

表1 ナラティブの構成要素

性質	構成要素	構成要素について
時間性	志向性	自然を理解する手助けになる方向性
	事象	事象との連続性や連鎖
	経験	個別の経験との対応から思考がはじまる
意味性	構造	事象をそれらの時間軸で関連付ける
	媒介	人・教材の相互作用を深める
社会性	語り手	語り手は真の感覚か代替となり言い換えを図る
	読み手	読み手はテキストを解釈し価値づける

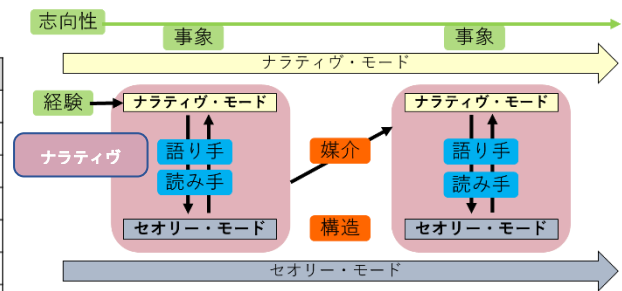


図3 対話を通じたナラティブの構築過程

ナラティブは、学習の見通しである「志向性」や連続的に起こる「事象」、個別の「経験」という要素で構成される「時間性」を基軸とした性質を有する。そこに、事象を時間軸に則り関連付けることによって生じる「構造」化や、他者の思考や教材といった「媒介」という要素で構成される。これによって、ナラティブは意味を帯びる（意味性）。さらに、教師や児童同士で、児童の思考について言い換えを図る「語り手」や、価値付ける「読み手」の要素で構成される「社会性」という性質が関連付くことで、ナラティブは深化・拡大する。これらの各要素から、児童のナラティブの構築過程を捉えることが出来る。

このように、他者との意見交換や議論を通して「語り手」と「読み手」の要素が関連することで、自己のナラティブをより妥当なものにしていく学びは、対話的な学びであると捉えられる。そして、自己の認知を俯瞰しながら、構築したナラティブを課題に対して自分なりに適用していく学びは、主体的な学びであると捉えられる。こうした主体的・対話的な学びが活性化し、図3に模式化したナラティブの構築過程を経ることによって、その過程で獲得した資質・能力に基づきながら、理科の見方・考え方を働かせ、新規の問題解決を実現していく深い学びを具現化することになると考えられる。

こうした視点を踏まえ、小学校第6学年「てこのはたらき」に関する学習を事例に検討する。この学習において児童は、「てこについて考える」ということを単元全体の「志向性」として思考を開始した。この際の児童の表現例が図4である。ここでは、海辺で棒を用いて貝を取った「経験」に基づき考えを表現している。これは、学習初期では「経験」を基軸として思考していることを示している。

こうした児童の経験を見取った教師は、「本当に重いものは（てこを用いると）持ち上がるでしょうか」と問いかけ、次に大型てこによる実験を提案した。表2に、その実験結果の考察場面のプロトコルを示す。この中で教師は、児童の発言に対して、例えばC1の「なんか」についての意味を捉えようとする「読み手」として機能したり、それを「てこを使うと」と言い換えを促す「語り手」として機能したりしたと考えられる。教師や児童同士が「語り手」と「読み手」として関連付くことで、児童は対話の中で、「てこを使うと物が軽くなるのではなく、軽く感じさせる」と自己のナラティブの妥当性を高めることが可能となった。こうした考察後の児童の表現例が図5である。科学用語を用いて実験事実を適切に表現し、説明の妥当性が高まっていることは明らかである。

このように、事象が連鎖しながら学習が進行し、対話の中で教師や児童同士が「語り手」や「読み手」として機能することで、対話的な学びは成立すると考えられる。またこの対話に見られるように、ここでの集団は、自分なりの考えを有し、それを他者の考えと比較するなど、メタ認知が高度化し、協働学習が機能した集団であると捉えられる。

表2 プロトコルの抜粋

発話番号	内容
T 1	今（実験を行い）、重たいものがあった、小さな力で手ごたえを感じていました。つまりてこを使うと何がどうなるのかな。自分のことばにしてみましょう。
C 1	重たいものを小さい力でなんか…できる。
T 2	ああ、「なんか」。付け足ししてください。「てこを使うと」というキーワードをつかったよね。「てこを使うと」……。
C 2	重いものを軽く感じさせる。
C 3	感じさせるじゃなくて本当に軽いんだよ。 (略)
T 3	じゃあ、今のみんなで確認しますよ。
C 4	てこを使うと、重たいものを小さな力で動かせる。軽く感じさせる。
T 5	(軽く感じさせる)大事ですよ。そんな、魔法使いじゃないでしょ。「軽くなりました」なんて話にはならないので、軽く感じさせるのがてこのはたらきなのかな。

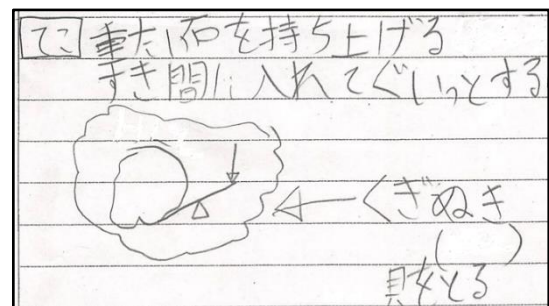


図4 児童の描画表現1

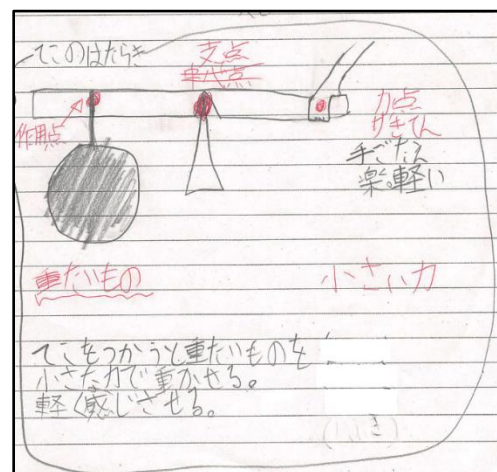


図5 児童の描画表現2

次に、てこの規則について学習し、その規則を理科室の道具の中に見出すという学習を行った。児童は、自己の認知を俯瞰するメタ認知を機能させ、習得した「てこの規則」を新規課題に適用していった。この際の児童の表現例が図6である。児童は、てこの規則をフレキシブルスタンドの開閉に適用した。これは、正に深い学びが具現化した姿であると捉えられる。

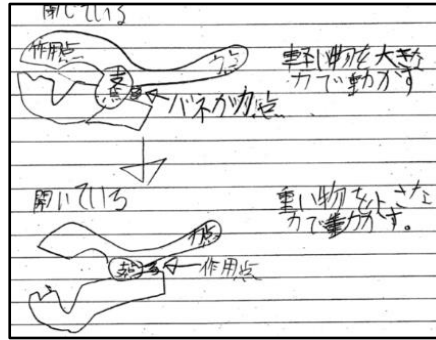


図6 児童の描画表現3

以上のように、ナラティブ論の援用によって、ナラティブ・モードとセオリー・モードの相互作用を通じたナラティブの構築の観点から、「主体的・対話的で深い学び」の実態を具体的に捉えることが可能となった。

4. 中学校の理科授業を事例とした分析

次に、中学校理科の授業を事例として、「主体的・対話的で深い学び」の実態を具体的に捉えていく。ここでは、そのための学習論として情報処理論に基づく概念変化モデルに着目する。具体的には、佐野・和田・宮村ら(2017)の提案する認知モデルを援用する。それは、Taber, K.S.(2014)の概念変化モデルと上述の Nelson, T.O.ら(1990)のメタ認知における情報処理モデルを基調に、生徒が自己の概念を意識して表現し、他者の考えを有効に活用しながら概念を多様に発展させていく様態をモデル化したものである。具体的には、図7および表3に示す6つの要素を有する認知モデルとしてまとめられる。この理論を援用することによって、図2における主体的な学びと対話的な学びの関連を中心に詳細な分析が可能となり、自己の考えを自覚して表現する生徒が、他者との関わりの中でより妥当な考えを構築していく過程を、メタ認知の機能との関連から検討することができると考えられる。

表3 図7の6つの要素

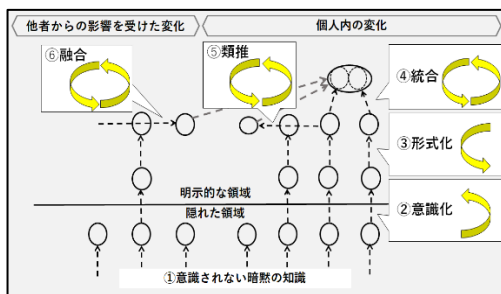


図7 概念変化とメタ認知の関連
(佐野ら, 2017)

①	これまでの生活・学習経験に基づく暗黙の知識 (implicit knowledge), 概念
②	意識されない暗黙の知識・概念をモニタリングし、課題に合わせて選択することで、熟考可能なように意識する「意識化」
③	呼び出した知識・概念を他者に伝わるように操作・修正 (コントロール) する「形式化」
④	分散している知識・概念をモニタリングし、包括的枠組みに関連付ける (コントロールする)「統合」
⑤	既存の概念と獲得したい概念の共通性を見出し (モニタリングし)、それらに対応付けて新しい概念体系についての理解を構築する (コントロールする)「類推」
⑥	他者の表現と自己の既存の概念を比較・判断し (モニタリングし)、他者の考えを取り入れ自己の考えに修正を加える (コントロールする)「融合」

このモデルと「主体的・対話的で深い学び」との関連について述べる。まず図7において、楕円(O)で表された知識や概念が次の段階へと引き上げられていく各過程には、メタ認知が機能している。この情報処理過程に注目することで、「主体的な学び」における知識の動的な振る舞いを捉えることが可能になると考えられる。また、他者との意見交換の中で、自己の認知の枠組みを通して他者の表現を活用し、概念を更新する「⑥融合」の段階は、自覚的に他者の考えから必要な情報を自分に取り込む活動として、「対話的な学び」の内実を詳細に捉えることが可能になると考えられる。そして構築された概念は、「理科の見方・考え方」を働かせる中で再び①の段階の知識となり、次なる新規の課題で呼び出される情報は豊かなものになっていくと考えられる。こうして「深い学び」は成立すると捉えられる。

以上の視点に基づき、具体的に中学校第1学年「力と圧力」から「浮力」の授業実践を分析する。この授業の導入場面では、水中では「浮かせる力」が働いているという見通しのもと、『浮力』はなぜ生まれるのか、『浮力』と水深との関係について説明する」という課題を立てた。次に班ごとに、フィルムケースに異なる重さの錘を入れた物体 a 及び b をばねばかりにつるして水中に沈め、沈める深さごとにばねばかりにかかる力を調べる実験を行った。

次の考察活動に移るにあたり、教師は再度『浮力』はなぜ生まれるのか、『浮力』と水深との関係、『浮力』と物体の重さとの関係、『浮力』の大きさは何によって決まるのか」という4つの考察のポイントを与えた。これは、何について考えていけばよいのか、生徒が学習の方向性を意識できるようにする支援であったと捉えられる。こうした方向性の確認の後、班ごとに話し合いを行った。

考察の初期段階で、あらゆる方向からかかる水圧のうち、上向きの力は「水圧兼浮力」であるという考えが、4人で共有されて受け入れられつつある場面のプロトコルを表4に示す。

表4 水圧の特徴と関連させて考察した場面のプロトコル

発話番号	発話内容	図7の要素
1 生徒 A	浮力はなぜ生まれるのか。	②意識化, ③形式化 ⑥融合
2 生徒 B	もしかして水圧の上に押す力があるから浮力だったり？いろんな方向からかかっているのが水圧で、その、下からかかっている力が、浮力！	
3 生徒 A	水圧、水圧が…えっと一ちがうちがうちがう。物体、にかかった水圧の、下から押し上げてくれる役割を果たしてくれるのが、浮力。	
4 生徒 C	そういう意味だとさ、物体があったとして下からしか掛かってないでしょ	
5 生徒 A	こっちから、いろんな方向からかかっているやつが水圧で。	
6 生徒 C	それが水圧で、その中の下からののが？	
7 生徒 B	水圧でもあるし、浮力。	
8 生徒 A	水圧兼浮力みたいな。	

教師の支援を受けて、まず生徒は自ら議論を『浮力』はなぜ生まれるのかに焦点化した。生徒 B は発話番号2において、その時点で自己の中にある情報から水圧に関する既有知識を呼び出し（モニタリング）、それを根拠に水中の物体を押し上げる力を説明した（コントロール）。これは、図7における「②意識化」と「③形式化」の表れであると解釈できる。また、生徒 A は発話番号3において生徒 B の発言を自分のことばで言い換え理解を示した。このとき生徒 A は自分のオリジナルの考え

を表出してこそいないが、その後生徒 B とともに生徒 C がその考えを理解するのを支援している(発話番号 5, 8)。このことから、生徒 A は生徒 B の考えのよさに気づき、自己のものとして説明することが可能になっていたと解釈できる。これは、図 7 における「⑥融合」の場面として捉えられ、対話的な学びの実態であると同時に、認知の複雑な相互作用としての創発的交流の具現化と、アプロプリエーションの具体を示していると考えられる。

その後、この班の議論は「浮力は物体の質量と体積どちらに依存するのか」に移行していった。教師は、実験結果を基に考えることを促すことで、表 5 に示す対話が見られた。まず、発話番号 10 において生徒 A は、「物体の中心に働く浮力の大きさは、重力と同じように質量に依存する」という考えを示した。これは、自己が既に持っている重力の概念を基に、未知の浮力の概念を説明しようとする「⑤類推」の段階であると捉えられる。ここでは「物体のどこに力が働いているのか」という点が共通項であることに気づいたモニタリングと、「重力みたいに」といった言葉による関連付けを図るコントロールが機能している。一方で、実験結果の比較から、浮力の大きさは体積に依存すると気づいた生徒 4 は、発話番号 27 において、質量を変化させた本時の実験に対し、ペットボトルを例に体積を変化させる場合を想定して説明した。これは、自己の概念をどう工夫すれば他者に伝わるのか考え操作を行った「③形式化」が強く表れていると解釈できる。ここでは、生徒が学習の文脈に積極的

表 5 実験結果を基に浮力が何に依存するか話し合った場面のプロトコル

発話番号	発話内容	図 7 の要素	
9	生徒 B 水圧は表面(に働く)じゃん。これ(物体自体にかかる浮力)は?質量?	⑤類推	
10	生徒 A 質量の中心から、だから重力みたいに、中心から働いてる…その物体に働いてるから中心から働いてる。		
11	生徒 B その「物体」は、体積なのか、質量なのか。		
12	教師 質量が変わったら浮力って変わるの?		
13	生徒 D どっちだ?		
14	教師 空気中で 0.6N だったのが、水中に入ったら 0.3N になったってことは、浮力は何 N?		
15	生徒 C 0.3N。		
16	教師 じゃあこっち(物体 a 空気中) 0.45N に対して、(物体器 a 水中) 0.10N ってことは、浮力は何 N?		
17	生徒 A 0.35。		
18	生徒 D じゃあ体積じゃない?		
19	生徒 B 浮力が。		
20	生徒 A 0.3~0.35N の間くらい		
21	生徒 C ということは、その物体にかかる浮力は同じ。		
22	教師 体積変わってる?		
23	生徒 D 変わってないです。		
24	教師 変わってないよね、同じフィルムケースだもんね。質量は変わってる?		
25	生徒 B 変わってる。		
26	生徒 A 中身変えた!		
27	生徒 D 体積じゃない?やっぱり。フィルムケースがペットボトルとかに替わったりすると、浮力は変わるかもね、ってこと。		③形式化
28	生徒 B なるほど。		
29	生徒 A わかった!そういうことか!		

にコミットメントし、対話が活発化する中で生徒のメタ認知が高度化することによって、主体的な学びが成立する様態を見て取れる。

以上の事例から、概念変化モデルを適用し、生徒のメタ認知に基づく情報処理過程の観点から、「主体的・対話的で深い学び」の実態を捉えられることが明らかとなった。

5. 研究のまとめ

本研究では、理科における主体的・対話的で深い学びの意味を精査することを目的に、メタ認知および協働学習を基盤に、ナラティブ論や概念変化モデル等の学習論を加味しながら検討した。その結果、以下の諸点が明らかとなった。

- 1) 主体的・対話的で深い学びについて、メタ認知および協働学習の観点から捉えることによって、各学びの意味およびそれらの相互関係について説明することが可能となった。
- 2) 主体的・対話的で深い学びは、創発的交流やアプロプリエーションの具体化を伴いながら、児童生徒が学習の文脈へのコミットメントを積極的に行うことで実現することが示唆された。
- 3) ナラティブ論を援用することによって、協働学習の実態としての対話過程を詳細に捉えることができ、これによって主体的・対話的で深い学びの相互連関の実態を説明できることが示唆された。
- 4) 科学概念構築に関わる概念変化モデルを援用することによって、メタ認知を機能させながら知識の関連付けや、他者から有益な情報を取り込む過程を詳細に捉えることができ、これによって主体的・対話的で深い学びの実態を説明できることが示唆された。

参考・引用文献

- Avraamidou,L. and Osborne,J. (2009). The Role of Narrative in Communicating Science, *International Journal of Science Education*. Vol31, No.12, Taylor & Francis Group,1683-1707.
- Bruner,J. (1986). *Actual Minds, Possible Worlds*. Harvard Univ. Press (田中一[訳]1998. 『可能世界の心理』 みすず書房.)
- Flavell, J. H. (1987). Speculation about the nature and development of metacognition. In:F. E. Wernert and R. H. Kluwe (Eds.), *Metacognition, Motivation and Understanding*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.21-29.
- Hadwin, A., Järvelä, S., & Miller, M. (2011). Self-Regulated, Co-Regulated, and Socially Shared Regulation of Learning. In:B. Zimmerman, & D. Schunk (Eds.), *Handbook of Self-Regulation of Learning and Performance*. New York: Routledge, 65-84.
- 文部科学省(2017a)『小学校学習指導要領解説 理科編』,91.
- 文部科学省(2017b)『小学校学習指導要領解説 理科編』,7.
- Nelson, T.O., Narens, L.,(1990). Metamemory: a theoretical framework and new findings. In: Bower, G.H. (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation*, vol. 26. Academic Press,San Diego, 125-141.
- 野口裕二(2009)『ナラティブ・アプローチ』, 勁草書房
- 大木裕未・齊藤武・和田一郎 (2016)「ナラティブ論に基づく対話的な理科授業における児童生徒の思考・表現の変容過程の分析」『臨床教科教育学研究』第 16 巻, 第 2 号, 29-38.
- Polanyi,M.(1966). *The Tacit Dimension* Reissue Edition. London: Routledge & Kegan Paul. (佐藤

- 敬三[訳]1980. 『暗黙知の次元』 東京：紀伊國屋書店.)
- Roschelle, J. (1992) .Learning by Collaborating: Convergent Conceptual Change. *Journal of the Learning Sciences*, 2, 235-276.
- 佐野菜実・和田一郎・宮村連理(2017)「認知モデルを基軸とした能動的学習を促す理科授業デザインに関する研究」『臨床教科教育学会誌』, 第 17 卷, 第 1 号, 55-62.
- Taber, K. S.(2014). *STUDENT THINKING AND LEARNING SCIENCE Perspective on the Nature and development of Learner's Ideas*, Springer, 106-108.
- 和田一郎(2017)『アクティブに学ぶ児童生徒を育む理科授業』, 学校図書,84-88.