

## 理科授業実践研究部

### I 研究主題

「主体的・対話的で深い学びの視点からの指導の工夫」  
～ものづくりを通した深い学びの実現～

### II 主題設定の理由

小学校学習指導要領解説理科編（平成29年告示）第一章総説（2）理科の具体的な改善事項では、『主体的な学び』『対話的な学び』『深い学び』の三つの視点から学習過程を更に質的に改善していくことが必要である」こと、また、「これら三つの視点は相互に関連し合うものである」ことなどが述べられている。

子供たちは、「ものづくり」が好きである。「ものづくり」の活動は、主体的な活動となり、何かを作る過程において、対話は必然である。したがって、「ものづくり」の活動は、「深い学び」に繋がる要素を数多く持っていると考えられる。

しかしながら、理科の授業で行われている「ものづくり」の活動は、必ずしも主体的で対話的な方法で行われていない現状も見られる。

そこで、本研究の目的は、「深い学び」につながる為の、より効果的な「ものづくり」の授業方法について、授業実践を通した検討を行うこととする。

### III 研究の内容

#### 1 研究の方向性

昨年度までの実践研究の成果から、理科のものづくりにおいて、以下のことが考えられた。

○理科のものづくりの段階は、①資料収集 → ②材料集め → ③構想 → ④設計図作成 → ⑤作る → ⑥検証 → ⑦説明書作り → ⑧一般化（他の人に遊んでもらう）に分かれており、各段階において主体的・対話的で深い学びを引き出す場面設定が考えられる。

○児童が「ものづくり」において、学習や日常生活における問題発見・解決の場面において、獲得した資質・能力に支えられた「見方・考え方」を働かせる為には、作成するものを制限したり、材料をいくつか絞ったりするなど、授業者による意図的な学習場面の設定が必要である。

これらの成果を踏まえて、本研究では上記の内容を意識した授業実践を行い、その成果を検討することとした。

#### 2 研究の方法と評価

理科における主体的・対話的で深い学びを実現するための研究は国内でも多数の報

告がなされている。しかしながら、「深い学び」が実現されているかどうかを評価する方法は、現在のところ定型化されたものは見られないが、いくつかの方法は紹介されている。野原他（2018）は、「拡張的学習（Expansive Learning）」を理科授業デザインの視点として援用し、主体的・対話的で深い学びを通じた子供の科学概念構築に関わる変化の様態について、形成的アセスメントの要素とその関連性を視点として分析し、その内容と関連付けた上で、主体的・対話的で深い学びの評価について、Sawyer, R. K. (2006) による「深い理解」を基準としている。

これらの研究を受け、本研究においても、Sawyer, R. K. による「深い理解（表1）」を基準とし、授業実践における児童・生徒の発話プロトコルの分析を行うことで、主体的・対話的で深い学びが実現されているかどうかを評価することとした。

表1 「深い理解（leaning knowledge deeply）」

1. 既存知識に即して情報収集	2. 知識や情報に規則性を見いだす	3. 知識の構築過程を自覚化
1.1 新しく学習した概念を既存の知識や経験と結び付けられる。 1.2 学習した多様な知識を概念体系へ結び付けられる。	2.1 知識や情報について、パターンや背景にある原理を見いだすことができる。 2.2 新しい概念を評価し、関連性を考えてまとめられる。	3.1 対話を通して知識が作られるという過程を理解している。また、議論に現れている論理に対して、批判的に吟味できる。 3.2 自分がどのような過程から理解をしたり、学習したかを振り返ったりすることができる。

#### IV 授業実践とその成果

ここでは、授業実践の内容と、授業実践時の児童・生徒の発話プロトコルを記載し、発話プロトコルの内容から、授業実践の効果を検討する。

##### 1 小学校第五学年「電流がつくる磁力」の授業実践

- (1) 児童：男子14人 女子16人 計30人
- (2) 実施時期 平成30年11月
- (3) 授業内容の概要

「新編 新しい理科5（東京書籍）」の教科書136・137ページに記載されている、「鉄拾い機」と「ゆらゆらチョウ」と「モーター」のものづくりを行った。本授業は、ものづくりを行う班である「研究班」で、ものづくりを行った後に、別のメンバーで構成された「調査班」で作成したものを実際に使用してもらい、意見を聞き、再度、研究班に戻って、作成した製品について、既習の電磁石の性質と関連付けながら、より性能を高める為の方法を考えるという授業内容を行った。

以下に、本授業実施時の児童の発話プロトコルを記載する。

## (4) 児童の発話プロトコル

	発話プロトコル (T:教師 C:児童)	「深い理解」
C1	これから、製品の性能をより良くする為に、どうすればよいのか話し合います。司会は、私〇〇が担当します。最初に、モニター調査の紙に書いてもらっていると思うので、発表してください。	
C2	磁石の引き付け合う力が強すぎるので、もうちょっと・・・	
C1	上よろしく。	
C2	同じ極同士、引き付け合う力。 磁石の同じ極が反発し合う力。 下は？	
C1	下はまだいい。	
C3	極同士がしりぞけ合う性質を利用している。なので、一番上をどうまとめるか。	
C2	2つに分けるんでしょ。	
C4	でも、その他が無いかもしれないから、まずは意見を出していこう。	
C1	いいじゃん。いいじゃん。一応分けて。あつたら、その時に加えよう。なので、どんな性質を使った製品なのか。どうまとめたらいい？	
C5	えーっと、反発する・・・。磁石の同じ極同士が反発する性質を利用したもの。	1.1 2.2
C4	いいと思います。	
C1	次、いっちゃうね。この製品をより良くする為には、どのようにすればよいですか。電磁石の性質を利用して考えてください。	
C2	磁石の引き付け合う力が強すぎるので、もうちょっと・・・	
C4	引き付く力じゃなくてさ、引き付け合う力とかじゃなくてさ、しりぞく力が強かったらしりぞけるけどさ、引き付く力が強かったら引き付くんだけどさ、でもしりぞいてるじゃん。	1.1
C1	たぶん、これだと電気が流れていないときに、バシッとつくじゃん。それで離すのに・・・	1.1
C4	わかる。	
C1	だから、もう少し磁石を弱くしたら、もう少しスポッとはずせるんじゃないか。	2.1
C2	じゃあ、コイルの巻数を・・・	2.1
C1	磁石が強すぎるんだよね。	2.1
C4	そう。	
C4	だから、ほら。電池を2つにすればさ、こっちの電磁石の力も強くなって、電池を2個にして、電流の流れる強さを強くして、電磁石の力を強くする。	1.2
C3	うちのほういくね。 うちは、SとNがわからないって言われた。	
C4	あー確かにわからない。それは、はじめからわからないじゃん。	2.1
C5	確かにわからない・・・それは。	2.1
C4	それは、はじめからあれだから、どうにもならない。	2.1
C3	電池を逆にしても・・・	2.1

C1	こうやって、回せば、しりぞくけど、どっちにすればしりぞくのか、どっちにすれば反発するのかがわからない。	2.1
C4	で、こっちのやつでは、電池自体、こっちがわからないから、そっちもわからないのか。	
C2	両方わからない。	2.1
C1	だから、わかるやつでやったら、磁力がね。NとSがわかる磁石でやったら、NとSがわかるんだから・・・	3.1
	(ここでタイマーの音が鳴る)	

#### (5) 考察

児童の発話プロトコルを見ると、学習した科学的な概念や言葉を使用し、作成したものについて深く考察している様子が伺える。児童が、既習知識を活用して試行錯誤する場面（例えば、モーターは、単一のアルカリ電池以外では、上手く回転させることが難しい。また、ゆらゆらチョウは、電磁石とチョウに付けた磁石の反発する力を同じ程度にしたほうが上手くいく為、電池を直列で二つ繋ぐなど工夫が必要）を意図的に設定することにより、深い学びに繋がることが考えられる。

## 2 小学校第五学年「ふりこのきまり」の授業実践

(1) 児童：男子17名 女子14名 計31名

(2) 実施期間 平成30年11月

(3) 授業内容の概要

「新編 新しい理科5（東京書籍）」の教科書150ページに記載されている「イルカのジャンプ」と「玉乗りダンス」のものづくりを行った。本授業は、ものづくりを行った後に「イルカのジャンプ」を作成した班が、その動き方や動き方と学習内容との関連性について「玉乗りダンス」の班に説明を行い、また「玉乗りダンス」を作成した班が「イルカのジャンプ」を作成した班に同様に説明を行う場面を設定した。

作成した製品について、既習のふりこの性質と関連付けながら仕組みを説明することによって、ふりこのきまりを理解するという授業を行った。

以下に、本授業実施時の児童の発話プロトコルを記載する。

(4) 児童の発話プロトコル「玉乗りダンス」

	発話プロトコル (T:教師 C:児童)	「深い理解」
C2	えっと、胴体より顔のほうが大きさが小さいから速く動く。	1.1
C3	紙の大きさ？	
C2	ちがう。おもりの位置だよ。	1.1
C1	できちゃったから、おもりの重さを変えてみよう。みんな消しゴム出して。	3.1
C2	まずこっちにこうやって、こっちにこうやる。	
C4	そうするとふれるんだけど、重りの重さがちがっちゃうから。	2.1
C2	おもりの関係？おもりの重さって関係あるの？	1.1
C1	関係ない。やっぱ変わらないね。	1.1
C4	それで説明書になんて書く？	
C2	おもりと支点のことだろ。おもりと支点の関係。	1.2
C4	支点どこ？	1.2

C1	支点はここ。ストロー。	1.2
C1	おもりの位置変えてみようよ。	1.1
C2	おもりの位置変えていいの？説明書ではここのボールの位置に消しゴムを貼ってあるよ。	3.1
C1	でもそれじゃあ釣り合わないよ。重さが釣り合わない。胴体と顔を同じ速くで動かせたい。	3.1
C3	先生、重りの位置をかえてもいいんですか。	
T	いいよ。どうしたい。	
C2	なんとなくこのへんに。2つの重りを釣り合わせて、同じ速くで動かせたい。	1.2
T	やっごらん。	
C1	まだこれだと顔の方が速く。	
C3	支点からおもりの長さが違うから・・・おもりの位置を同じにする必要がある。	2.2
T	やりたいことも含めて説明書に書いてごらん。	
以下は、発表時の児童の発話プロトコル		
C4	発表します。支点からおもりの位置が違くと、おもさが釣り合わないから、支点からのおもさの位置を変えてみることにしました。	1.1 2.2
C1	そうしたら、こうなって。この図のように、これだと胴体の下におもりがついて支点から長くなるから顔の方が速く動きます。こうしてみても、まだ胴体の方が1往復する時間は長い。こうすると1往復する時間が釣り合いました。	2.2 3.2
C2	おもりの位置を何回も変えました。	1.1
C5	本当だ同じ早さで顔と体が動いている。	1.1
C6	1、2、3、4、5、6、7、8・・・本当だ。	

### (5) 考察

自分たちがこれから作る「実物」を見せてから作らせることで、見通しを持って作業を行うことができ、児童の作業効率が高まる。

また、かざりのイルカやピエロをカラーコピーして貼るなどの工夫をしたりすることで、色を塗ったりするなどの図工的な活動の要素が少なくなり、より科学的な概念を志向するための時間に使うことができる。その為、深い学びに繋がると考えられる。

## 3 小学校第六学年「電気とわたしたちの暮らし」の授業実践

(1) 児童：男子13名 女子14名 計27名

(2) 実施時期 平成30年12月

(3) 授業内容の概要

本単元で学習した手回し発電機の発電の働きとコンデンサーの蓄電の働きを利用したおもちゃづくりを通して、深い理解を促そうと試みた。「新編 新しい理科6（東京書籍）」180ページに記載されている「電気自動車」と偏心モーターの性質を利用した「ぶるぶるレース」（マブチモーターHPより）の2種類のおもちゃを作成した。ものづくりの段階としては、⑤作る～⑧一般化までの場面設定で行った。本時はその

うちの⑦説明書づくりの段階である。

以下に、本授業実施時の「電気自動車」づくりを担当した班の発話プロトコルを記載する。

(4) 児童の発話プロトコル

	発話プロトコル (T:教師 C:児童)	「深い理解」
C1	よし、じゃあ走らそう。	
C2	赤に赤をつないで。	1.1
C1	蓄電、手回し発電機おれ回していい？	
C3	いいよ、70回ね。	1.1
全員	数を数える。	
C1	おー、走ったね。	
C5	なんか昨日よりすぐ止まっちゃうね。	
C4	いや同じでしょ、70回で一緒じゃん。	
C2	ゆっくり回したとか？	2.1
C1	あー、だめなんだっけ。じゃあ終わったらもう一回回すね。	
全員	数を数える。	
	(教師指示)	
C1	これは電気をモーター・・・	
C4	違うでしょ、蓄電じゃない？	
C3	えっ、でも変換でしょ？電気はモーターの動きに変わっているんじゃないの？	1.1
C5	そう、軸を回すのにね。	1.2
C4	じゃあ蓄電は？	
C3	蓄電は電気をためるんでしょ？ためた電気をなにに使ってるか聞いているんだよ。動きじゃん。	2.2
C3	使い方は？手回し発電機でモーターを回してタイヤを回す？	
C1	うん、タイヤに当たるからね。	1.2
C5	あと、モーターの軸がタイヤに当たらないやつも書いたほうがよくない？	1.2
C3	あー、そうだね。軸がタイヤに当たらなくなるから、モーターの位置を動かさないでください。	
C2	蓄電すること書かないの？	
C3	書くか。じゃあコンデンサーに蓄電する。	1.2
C2	使っていない電気はためておけるもじゃない？だから導線つないで流すんでしょ？	2.1 2.2
C1	あれ、どっちがどっちだっけ。これをこっちだっけ。	
C5	つなぎ方？これをここじゃない？走らせるときでしょ？	
C4	無理でしょ、ここに電気は流れないでしょ。	2.1
C2	回路できてないじゃん。	1.1
C3	だから回路じゃないから電気が流れていかないじゃん。	1.1
C1	えっ、そうなの？コンデンサーがあるとややこしい。	
C2	コンデンサーに豆電球つないだじゃん、つかないつけ方。あれと一緒に。	1.1
C1	あー、なるほどね、そっか。	
C3	蓄電出来たらモーターにつなぐでいい？	
	(教師の指示で終了)	

(5) 考察

児童の話合いの中からおもちゃの性質を既習概念と関連付けて説明しようとしている様子が伺えた。この後、一般化の段階で別のおもちゃを作った班に使い方を説明したため、書く文章の構成や内容などの国語的な要素が、話合いの主点になったことが反省である。

一方で作成・検証段階では、おもちゃの構造や仕組み（例えば、タイヤがモーターと連動しやすいように細い輪ゴムを巻いている。）について、話合いを通して考えをまとめている様子がよく見られたため、ものづくりを通して話合いの場を設定することが深い学びにつながると考えられる。

4 中学校第三学年「金星の満ち欠け」の授業実践

(1) 生徒：男子21名 女子16名 計37名

(2) 実施時期 平成30年11月

(3) 授業内容の概要

「未来へひろがるサイエンス3」（啓林館）の教科書74ページに記載されているペットボトルを利用したモデル実験を行い、その考察を行った。本授業では金星のモデルを作り、地球と金星、太陽の位置関係を把握したうえで、発問1「なぜ満ち欠けするのか」発問2「なぜ大きさがかわるのか」と段階的に考察に取り組んだ。

以下に、本授業実施時の生徒の発話プロトコルをまとめた。

(4) 生徒の発話プロトコル（一部抜粋）

	発話プロトコル (T: 教師 C: 生徒)	「深い理解」
C1	Q1 から書けばいいの？	
C2	うん、いいと思う。	
C1	公転しているから？	1.1
C3	(月と金星の) どちらが？	
C4	両方。	
C1	地球と金星が公転しているから？	
C2	説明足りなくない？	3.1
C1	公転するからじゃだめなの？	
C2	公転することによってどうなるかを書けばいいんじゃない？	
C1	ああ、そうだよね。	
C3	地球の公転している？止まっている条件でしょ？	
C2	両方してるんじゃないの？	
C3	地球に対して金星がどこにいるかでいいんだと思う。	
C2	ああ、そういうことか。	
C1	結局なんて書けばいいの？ 「金星が公転することによって・・・」	
C4	見え方・・・あ、位置が変わるから。 月の時も言ってたじゃん。	1.2 2.1
C2	ああ、じゃああそれにしよう。	
C1	OK～、「金星が公転することによって位置が変わるから」ね。	2.2

	次の Q2 は？	
C4	Q2 は簡単じゃない？	
C3	大きさが変わる理由でしょ。 うーん、距離の話だよ？	
C4	多分ね。	
C3	近いところが小さくて、遠いところが大きい・・・ なんてまとめればいい？	3.2
C2	距離が変わるから。	
C1	短かつ。	
C4	金星からの距離が変わるから、かな。	
C3	「(金星) から」って違和感ある。 「(金星) との」じゃない？	
C1	「金星との距離が変わるから」でいいの？	

(5) 考察

生徒の発話プロトコルを見ていくと、周りの意見を取り入れながら、考察を進めていく、生徒の思考の過程を捉えられる。文章でまとめる課題を出したことにより、お互いの意見で言葉の使い方を考え、より深く科学的な理解に繋がることが確認できる。

5 中学校第二学年「地球の大気と天気の変化」の授業実践

(1) 生徒：男子18人 女子19人 計37人

(2) 実施時期 平成30年10月

(3) 授業内容の概要

「未来へひろがるサイエンス2 (啓林館)」の教科書71ページに記載されている「実験1 空気の体積変化と雲のでき方」を参考に、身近にあるペットボトル、炭酸キーパー、線香を用いて「雲」の生成を行った。本授業では各班で雲を発生させ、なぜ雲ができたのか話し合い、原理について考えるという授業を行った。

以下に本授業実施時の生徒の発話プロトコルを記載する。

(4) 生徒の発話プロトコル

	発話プロトコル (T: 教師 C: 生徒)	「深い理解」
C2	なぜ雲ができたのかな？線香が発する気体って二酸化炭素だよ？ということは二酸化炭素が関係しているのかな？	
C1	線香の煙は空気中のチリやホコリじゃなかったっけ？だから、材料は水蒸気がお湯で、線香の煙はチリやホコリになって水蒸気とぶつかった衝撃で・・・	
C3	水蒸気ってことはあたたかい空気？上昇気流ってこと？	1.2
C1	あたたかい空気は上昇気流になるから、お湯を入れることでペットボトルをあたたためて上昇気流の条件をつくったんだと思う。	1.1 2.1
T	炭酸キーパーをプッシュしたのはなぜですか？ペットボトルの状態から考えてみてください。	
C1	炭酸キーパーで気圧変化させるんだよね？空気を入れると高くなるのかな？低くなるのかな？	

C2	炭酸キーパーのプッシュで、冷たい空気を送って下降気流をつくったんじゃない？	1.2
C3	それは違うと思う。	
C1	普段、気圧は中と外は同じだけど、外からの力が弱くなると気圧が低くなるって習ったよね。	
C2	炭酸キーパーで気圧高くしたってこと？	
C1	炭酸キーパーをプッシュすると中の気圧が高くなるから、外の気圧の方が小さくなるけど、栓を開けると気圧が低くなるんじゃないかな。	3.1
C1	あと、飽和水蒸気量が関係してるんじゃないかな？	
C2	飽和水蒸気量が？含める水蒸気量かわるやつ？	
C1	温かいと水蒸気がたくさん含めるけど、温度が下がると含めなくなるから水蒸気が水滴になってでてくるじゃん。	1.1
C3	それだね！	
C2	ペットボトルをあたためて、水蒸気を含む量を増やすんだね。	3.1
C1	お湯であたためて、水蒸気をたくさん含めるようにしたんだよ。それで炭酸キーパーによってペットボトル内の気圧を外側の気圧より高くした後、一気に空気を抜いて気圧を低くして、温度が急に下がるから水滴となって出てきて雲になる。	3.1

(5) 生徒のワークシート

図1は、様々な意見を基にして、自分の考えを書くことができるワークシートの例である。他の生徒や教師の考えを受け入れ、自分の考えに生かしている様子が伺える。

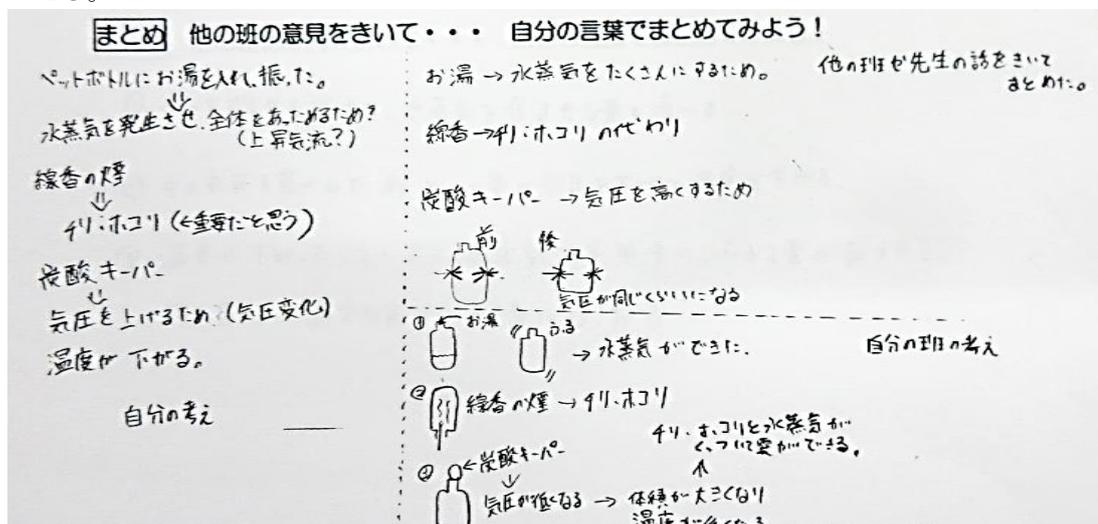


図1 生徒の書いたワークシート

(6) 考察

生徒の発話プロトコルを見ると、学習した科学的な概念や言葉を使用し、多様な知識を概念体系へ結び付けながら、得られた結果に対して深く考察している様子が伺える。生徒が、既習知識を活用して試行錯誤する場面を設定するためにも、自然の事物・現象と結び付けながら考えられるような場面を設定することで、より深い学びに繋がると考えられる。

## V まとめと課題

### 1 研究のまとめ

本研究を行う中で、以下の点について成果が見られた。

- 「ものづくり」の過程には、話合いが必ず含まれる。
- 「ものづくり」を通した話合いは、対話を積み重ねることによって理解が増す。
- 「ものづくり」活動で行われる対話を通して、問題解決能力や批判的思考力などの育成にも繋がること伺える。
- 「ものづくり」の活動を通して、身近なものに繋げて考えようとする姿勢や態度が身に付く。
- 「ものづくり」の活動は、いろいろな知識や考えを組み合わせる一つの科学的な概念を生み出す総括的な活動として、認められる。
- 「ものづくり」を行うことによって、学習した内容を振り返る様子が見られた。それにより、学習した知識の確実な定着に繋がることが考えられる。

### 2 今後の課題

今回の研究を通して、「ものづくり」が、児童・生徒の主体的で協働的な深い学びに繋がる要素を持つことが明らかとなった。今後、より効果的な学習となる為には、児童・生徒間、また教師を交えた話合いを活発にするための手立てや工夫が必要となるだろう。「ものづくり」だけではなく、授業方法と交えて、研究を進めていく所存である。

### 【引用・参考文献】

- Sawyer, R. K (2006) Introduction: The New Science of Learning in Sawyer (Eds). The Cambridge Handbook of the Learning Science. Cambridge University Press, 4
- 野原博人・和田一郎・森本信也 (2018) 『主体的・対話的で深い学びを実現するための理科授業デザイン試論とその実践』「理科教育学研究」58 巻, 3 号, PP293-309.