

生徒全員が課題解決の仕方や推論の過程を説明する力の育成

(実践者) 宇都宮憲二

1 研究テーマ設定の理由

情報化社会の進歩に伴い、論理的な思考力や直感力が重視され、記憶の知識による問題解決能力よりも様々な知識を活用し、多面的に問題を解決していこうとする態度や能力の育成が強く求められている。このことについて学習指導要領では、「様々な事象を考察する際に、見通しをもち、筋道を立てて考え、数理的に処理する能力と態度の育成を一層重視するようにする」と示されている。本研究では、このような力が解決の過程や結果を振り返って修正・改善する力の育成につながるものとし、これを育てるために、生徒全員が課題解決の仕方や推論の過程を数学的な知識や表現を使って説明し伝え合う活動を日々の授業の中で実践していく必要があると考えた。互いの自尊感情を醸成し合う対話的な学びの場の中で、自らの思考を広げ、互いに深め合い、論理的に考え、表現する力を高めることが、持続可能な社会を支える資質・能力の育成につながると考え、本研究テーマを設定した。

2 研究の内容及び方法

(1) 生徒の実態把握

(2) 論理的に思考し表現する力を高めるための工夫

ア 質の高い協働の学び合いを生み出す学習活動の実現（ジグソー学習を通して）

イ 言語技術を生かした取組

(3) 指導の実際

第2学年「連立方程式」において単元末に行ったパフォーマンス課題の分析等により成果と課題を検証した。

3 研究の実際

(1) 生徒の実態把握

6月に第2学年80名を対象に、小集団の観察、コミュニケーションボード、自己評価表の記述や分析から、下のA～Cの評価を設定し、生徒の論理的に思考し表現する力の実態を把握した。

A：数学的な表現を用いて、根拠を明らかにして筋道を立てて説明することができる。

B：根拠を明らかにして説明することができる。

C：根拠を明らかにして説明することができない。

Aが21%、Bが61%、Cが18%という結果であった。ジグソー法を取り入れた学習を行い、そのデータをまとめて集計した結果である。全体的によりよい説明方法を目指して、自身の考えに修正・改善を加えながら、質の高い学び合いが行われた。この結果から課題に対して、解決の方法は分かっているが、それを他者に上手く説明できない生徒が多いことが分かった。また、自分の考えを図や表を用いて説明したり、課題解決への見通しを周りの生徒に説明したりする生徒はまだ少ない状況にあることも分かった。Cの18%の生徒については、課題を解決するための数学的な知識や技能が十分に身に付いていない。そのため話し合いにも参加できず、周りの生徒の説明を聞いても十分に理解できていないようであった。

(2) 論理的に思考し表現する力を高めるための工夫

ア 質の高い協働の学び合いを生み出す学習活動の実現（ジグソー学習を通して）

説明し伝え合う活動は一部の生徒のみの活動ではなく、生徒全員の活動でなければならない。生徒一人ひとりに役割を分担し、自らの課題解決の仕方を説明する機会を与えるジグソー学習は効果的であると考えた。授業の中にジグソー学習を取り入れるためには、1つの解決方法でなく複数の解決方法がある学習課題を用意することが大切だと考え、本研究では、3通りの解決方法がある学習課題を設定した。生活班6人グループから1つの解決方法を2人の生徒が担当するように指示し、生活班の生徒で話し合っ、自分が担当する解決方法を決める。それぞれの解決方法ごとに、エキスパート班を形成し、活動の流れは、自力解決→班内で意見交換→説明の準備とした。その後、生活班に戻り、エキスパート班で学んだことを発表し合い、ジグソー学習で深まった考えを全体で共有し、練り合うことで本時の学習のまとめへとつなげていった。また、学習の導入時には、ジグソー学習の約束（資料1）を提示し、説明をするとき、説明を聞くときの学習の約束を確認した。

(7) ジグソー学習により期待される教育効果

① 学習意欲の向上

1時間の授業の中で、生活班→エキスパート班→生活班→クラス全体と学習活動に応じて学習集団が変わることで、生徒は新鮮な気持ちになり、学習意欲が高まる。また、自分が理解しなければ、生活班の他の生徒に上手く説明できないため、自分の学習に責任をもつようになり、主体的に取り組もうとする。

② 多面的な見方や考え方が高まる

同じ解決方法の生徒同士が集まり、協働的な学び合いを行うため、生徒全員が課題解決の仕方を理解することと、さらに課題解決で用いた思考を整理し、説明するための思考を組み立てるため、自らの行為や思考を対象とする反省的思考が促される。

③ 論理的な思考力や表現力の向上

生徒全員に説明する機会があり、より分かりやすく説明するために、適切な数学的表現を用いて、根拠を明らかに筋道立てて説明する必要感が生まれる。また、生活班の他の生徒の説明を聞き、自分の解決方法と比較することで、新たな発見に気付いたり、自分の説明の仕方を反省したりすることができる。

(4) 相互評価

ジグソー学習を取り入れた授業では、授業後に資料2のような評価表を書かせた。ジグソー学習は、数学科における言語活動である「説明し伝え合う活動を充実させる」ための学習形態の1つである。その教育効果をさらに上げ、充実させるため、自己評価と他者評価の2つを取り入れた。他者評価の評価項目は「説明時の声」、「数学用語の使用」、「分かりやすさ」

ジグソー学習 「学習の約束」

説明をするとき

- ・1つの考え方で終わらせずに、他の考え方がないか常に考えるようにしよう。いくつかの理由があるときは、ナンバリングなどを使って、すっきりと説明しよう。
- ・自分の考え方を友だちに伝えるときに、あらかじめ考えていた内容を伝えるのではなく、友だちの表情や反応を見ながら、説明する内容を臨機応変に変えていこう。

説明を聞くととき

- ・友だちの説明を聞いて疑問に思うところがあったら、友だちに質問するなどして、より詳しく説明してもらおうようにしよう。
- ・説明に合わせて、あいづちをうつなど、説明する人が気持ちよく説明できるようにしよう。

一緒に楽しく学ぼう

- ・説明し伝え合う学習を通して、自分の考え方をだれとでも伝え合えるようにしよう。
- ・何でも言い合える雰囲気の中で学習することで数学の力は高まります。数学の学習を楽しもう！

資料1 ジグソー学習の約束

の3点に絞った。評価項目は事前に生徒に伝えておき、意識して説明させるようにした。評価される側も評価する側もこの評価表への記述を通して、自分の説明を振り返り、分かりやすい説明を心がけるようになると考えた。

月 日	今日の学習課題 (自分が取り組んだ課題も書く)	自己評価	他者からの評価		
			評価項目 (3点満点) ※わかりやすさは4点満点	総合 得点	一言アドバイス (よいところや工夫したらいいところ)
5/ 30	数の不思議を文字式 を使って表わそう ～LV3. カレダ～	みんなにわかりやす く伝わるように わかりと取り組みました	・説明時の声・・・(2) 点 ・数学用語の使用・・・(2) 点 ・分かりやすさ・・・(3) 点	7	声はまあまあ大きくていいと思います。 分かりやす、説明もできていました。 あともう少し数学用語を絞るといいかも
6/ 6	ダーツの的、どちらが大きい？ by ジグソー学習	LV2のやつに取り組み ました。周りの人たちに どうやらわかると簡単に 伝わったので話し合いが 進みました。	・説明時の声・・・(3) 点 ・数学用語の使用・・・(3) 点 ・分かりやすさ・・・(4) 点	10	説明が順序立ててとても分かり やすく発表できていたと思います。 声の大きさもよかったです。
7/ 6	複雑な連立方程式に チャレンジ	だんだんコツがつかめ るようになりました。他の3人の 人たちに発表できるように なりました。	・説明時の声・・・(3) 点 ・数学用語の使用・・・(3) 点 ・分かりやすさ・・・(4) 点	10	声の大きさもすごく聞き取り やすくて、説明も分かりやすか ったです。
9/ 2	イテロー物語Ⅱ 連立方程式の復習	図を表し、 簡単に説明が できました。	・説明時の声・・・(3) 点 ・数学用語の使用・・・(3) 点 ・分かりやすさ・・・(3) 点	9	何を求めたいのかをハッキリし、解 時に単位をそろえることが大切だと思 います。でも他の項目は良かったです。
11/ 26	一次関数最章 重点問題にチャレンジ	図、グラフ、表式を 使って成り立ちを きちんと説明する ことができました。	・説明時の声・・・(3) 点 ・数学用語の使用・・・(3) 点 ・分かりやすさ・・・(3) 点	9	問いの答えも、グラフ表と関連 づけて言説明できていました。 分かりやすかったです。

資料2 ジグソー学習評価表

(4) 授業の実際（第2学年「式の計算」）

- ① 主 題 ダーツの的はどっちが大きい？
- ② ねらい
- 数量の関係を、図や式などの数学的な表現を用いて説明することができる。
- 文字を用いることのよさに気づき、文字式の有用性を実感する。
- ③ 展開

学習活動（形態）	○教師の働きかけ ・生徒の反応	○指導の工夫 ◇評価（方法）
1 学習課題の提示 （一斉）	下の図の円、三角形、球において、色が塗ってある部分を的にしてダーツを行います。AとBでは、どちらの的が大きいでしょうか？ 【円】 【三角形】 【球】 A B A B A B	
2 課題設定 （生活班）	○ 6人グループの生活班で2人のペアを決め、円、三角形、球のなかから1つを選び、それぞれの図形でAとBでは、どちらの的が大きいか考えてみよう。	
3 課題の追究 （エキスパート班）	○ AとBとでは、どちらの面積が大きいか、まずは予想を立て、考えてみよう。	

自力解決 ↓ 意見交換 ↓ 説明の準備	・ AもBも的の面積は同じように見える。 ・ 文字の式を使って、考えることはできないだろうか。	○自力解決の時間を十分とり、課題解決への意欲を高めた。
4 課題解決の発表 （生活班）	○エキスパート班の中で、課題解決に取り組もう。 ・ 何を文字にしたらいいのだろうか。 ・ AとBで作った式が同じになった。	◇考えの見通しが立てられているか。 （コミュニケーションボード）
5 振り返り （全体）	○説明の仕方を考えよう。 ・ 分かりやすい説明にするにはどうすればいいか。 ・ 数学用語をどこで使えばいいだろうか。	○他者に分かりやすく説明するために、解決の仕方を確認したり、教え合ったりする場を設定した。【協働】
6 相互評価 （個人→生活班）	○同じ解決方法の2人が協力して、生活班の人たちに解決方法の説明を行おう。	◇文字を用いることのよさに気づき、文字式の有用性を実感することができたか。 （ワークシート・評価表）
5 振り返り （全体）	○文字を用いることのよさは何だろうか。 ・ 文字を使うとどんな場合でも成り立つことや、簡潔にすっきりと説明ができる。	
6 相互評価 （個人→生活班）	○今日の授業での自分や友だちの評価をしよう。	

イ 言語技術を生かした取組

本校では、今年度から生徒の論理的な思考力や表現力を高めるため、言語技術能力の向上を図る一環として、毎週木曜日の朝、10分程度問答ゲームを行っている。主語、目的語を入れて整った文で話し、筋道を立てて、相手に分かりやすい説明をさせることをねらったものである。3年生の二次方程式の解き方において、この問答ゲーム形式を使って授業を行った。（資料3）自分の考え方に複数の理由がある場合はナンバリングを使って、順序立てて説明したり、批判的に考え、消去法で理由を考えたりする生徒がいた。

Let's 問答ゲーム！

次のア～エの問題は「①平方根の考え」、「②因数分解の利用」、「③解の公式の利用」のどれを使えばよいか。理由も含めて考えよ。

ア $x^2 - 36 = 0$

イ $x^2 - 2x - 3 = 0$

ウ $5x^2 + 7x + 2 = 0$

エ $(x - 1)^2 = 5$

資料3 問答ゲームを取り入れた課題

私はアの二次方程式は①の平方根の考えを使って解くと思います。理由は2つあります。1つ目は、アの二次方程式は移項すると $ax^2 = b$ の形がすぐに出ることです。また、2つ目は、因数分解や解の公式でも解けるのですが、時間がかかったり、式が複雑になるからです。以上の理由で私はアの二次方程式は、まず $x^2 = 36$ として、①の平方根の考えで $x = \pm 6$ と考えるのが一番いいと思います。



(3) 指導の実際

単元「連立方程式」におけるパフォーマンス課題を取り入れた授業

2年生の連立方程式の単元を一通り終えたあと、パフォーマンス課題を取り入れた授業を行った。最初に全体で問題把握を行ったり、考え方の見通しを立てさせた後、個人でこのパフォーマンス課題に対する自分の考えをレポートにまとめさせた。

ア 単元目標

連立方程式の必要性やその解の意味を理解し、連立方程式を解くことができ、それを具体的な場面で活用することができる。

【本質的な問い】

どのような問題解決の場面で連立方程式と捉えて解決することができるか。

【永続的な理解】

解決すべき問題に2つ以上の未知数が存在し、未知数の関係式が未知数の数だけ立式できるとき、連立方程式をつくり問題を解決することができる。解決においては、問題の中の2つの数量の関係を表や図、言葉の式などを用いて整理するなど、見通しをもって連立方程式をつくることが大切である。

イ 評価目標と評価方法

評価項目	評価方法
① 連立方程式を活用することに関心を持ち、問題の解決に生かそうとする。（関心・意欲・態度）	◎パフォーマンス課題 日本食品成分表には、いろいろな野菜のそれぞれ100gあたりに含まれるカルシウムとビタミンCの量を示した図がある。この図の中の2つの野菜を使ってカルシウム84mg、ビタミンC90mgを含むサラダを作るには、どの野菜をどれだけ使えばよいだろうか。2つの野菜のバランスなども考え、おいしいサラダを作ろう。（①②③④）
② 具体的な事象の中の数量の関係を捉え、連立方程式をつくったり、求めた解や解決の方法が適切かどうかを振り返って考えたりすることができる。（見方や考え方）	
③ 問題の中の数量やその関係を文字を用いた式で表し、それを基にしてつくった連立方程式を解くことができる。（技能）	
④ 連立方程式を活用して問題を解決する手順を理解している。（知識・理解）	○観察・ワークシート・ノート（①②③④） ○ペーパーテスト（②③④）

ウ 二次元型ルーブリックの作成

生徒のパフォーマンスを評価するためのルーブリックは、縦軸に「グループ活動における表現力」、横軸に「数学的な見方や考え方」をとった。（資料4）これはグループ活動における表現力と数学的な見方や考え方を切り離して考えず、両者はともに関連していると考えたからである。また、このルーブリックは、なるべく生徒に分かりやすい言葉で提示し、あらかじめ生徒に示して、生徒同士の相互評価とした。ルーブリックの内容は生徒が目指す姿であ

パフォーマンス課題(2年連立方程式)「おいしいサラダを作ろう」評価基準表				
数学的な見方や 考え方 グループ活動 における表現力		A	B	C
		連立方程式を用いて、2つの野菜の量を調べ、その組み合わせを吟味して、バランスのよいサラダについて考えている	連立方程式を用いて、2つの野菜の量を調べることができる	連立方程式を用いて、それぞれの野菜の量を調べることができず、助言が必要とされる
A	数学用語を使って、筋道を立てながら、みんなが納得できるように分かりやすく説明できる。			
B	自分の作成したレポートを一通り説明できている			
C	自分の考えを伝えることができず、友だちや教師の支援が必要とされる			

資料4 二次元型ルーブリック

り、ルーブリックの内容を意識して学習活動に取り組むことで生徒の論理的な思考力や表現力、また数学的な見方や考え方が高まると考えた。

＜考え方の見通し：1.課題の把握 2.見通し...連立方程式を立てて、答えを出す...意味して、ベストのものを考える 3.みんな確認する＞

① キュウリとトマト、キャベツとトマト

$$\begin{cases} \frac{26}{100}x + \frac{42}{100}y = 84 \dots ① \\ \frac{13}{100}x + \frac{42}{100}y = 90 \dots ② \end{cases}$$

①×100 $26x + 42y = 8400 \dots ①'$
②×100 $13x + 42y = 9000 \dots ②'$
①'-②' $13x = -600$
 $x = -46$
 $x = -46$ を①に代入 $-598 + 42y = 8400$
 $42y = 8998$
 $y = 217$ (これは問題にあっていない)

キャベツ -46g, トマト 217g

② キュウリとトマト、キャベツとトマト

$$\begin{cases} \frac{26}{100}x + \frac{7}{100}y = 84 \dots ① \\ \frac{13}{100}x + \frac{14}{100}y = 90 \dots ② \end{cases}$$

①×100 $26x + 7y = 8400 \dots ①'$
②×100 $13x + 14y = 9000 \dots ②'$
①'×2 $52x + 14y = 16800$
②'-①' $-39x = -7800$
 $x = 200$
 $x = 200$ を②に代入 $2600 + 14y = 9000$
 $14y = 6400$
 $y = 457$ (これは問題にあっていない)

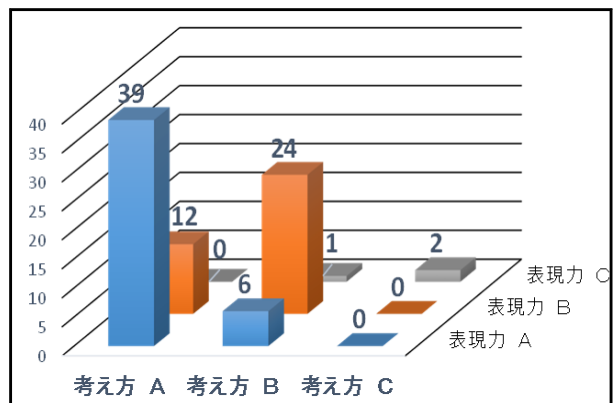
キャベツ 200g, トマト 385g

※小数第1位は全て切り捨て

生徒が作成したパフォーマンス課題に対するレポート

エ 考察

課題の解決に向けて、生徒は連立方程式を利用して割合を考えるなど、既習したことを生かしながら考えたり、複雑な計算は電卓を利用し、解を単純化して考えたりと粘り強く取り組んでいた。また、解の吟味についても、実生活に照らして考えることができていた。レポートにして考えをまとめることに対して、戸惑う生徒については、机間指導で教師がアドバイスをを行った。次時には、それぞれ個人が作成したレポートを発表する場を設けた。発表の後は、解決の結論だけでなく、過程とその理由、分析について意見交換させ、他の生徒の解決方法や結果を自分のものと比較することで、自身の解決を改めて振り返る機会となった。小集団の中で発表し合うことにより、異なる考え方を相互に取り入れ、深めることができた。資料5は二次元型ルーブリックで評価を行った結果である。この結果から数学的な見方や考え方と論理的な思考力や表現力には、相関関係があることが分かった。今後、授業の中で互いをともに伸ばしていけるような指導を心がけていきたい。



資料5 パフォーマンス評価結果



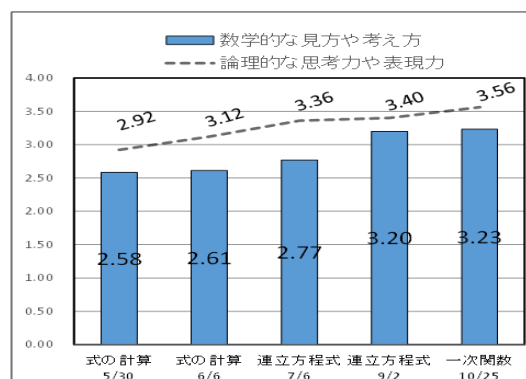
説明し伝え合う生徒

4 研究の成果と課題及び考察

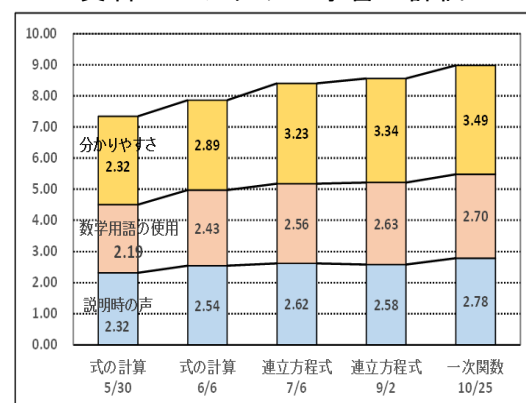
(1) ジグソー学習の相互評価からの検証結果と考察

(資料6)は「数学的な見方や考え方」と「論理的な思考力や表現力」を4点満点で評価したものである。数学的な見方や考え方を見取る評価については教師が行い、論理的な思考力や表現力を見取る評価については、生徒同士の相互評価とした。論理的な思考力や表現力の評価の観点については、説明時の声30%，数学用語の使用30%，筋道を立てて分かりやすく説明しているか40%とした。(資料7)

これまで5回のジグソー学習を行ったが、回を重ねるにつれて、徐々にではあるが数学的な見方や考え方も論理的な思考力や表現力もともに向上していった。これまで行ったジグソー学習やパフォーマンス課題を実施したことによる経験が自信になり、数値が向上したと考えられる。数学的な見方や考え方と論理的な思考力や表現力は、互いがともに伸びていくことが分かった。互いの質を高めるためには、それぞれの力を伸ばしていくことが大切だと感じた。さらに定期的に自分の考えを説明し伝え合う活動を取り入れることの大切さも感じた。



資料6 ジグソー学習の評価



資料7 論理的な思考力や表現力の評価

(2) 生徒アンケートの結果 2年生（生徒80人）にとったアンケート

Q ジグソー学習は普段の授業と比べて意欲的に取り組んでいますか。

- 自分だけが分かればいいのではなく、周りの人に上手く説明しなければならぬので、いつも以上に真剣に取り組める。
- 友だちの考えを聞くと、新しい発見や驚きがあり、わくわくした気持ちになれたし、自分の考えでも友だちをわくわくさせたいと思う。
- 分からないところは友だちにほとんど任せてしまうことがあった。

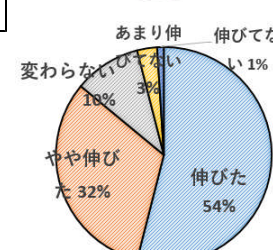
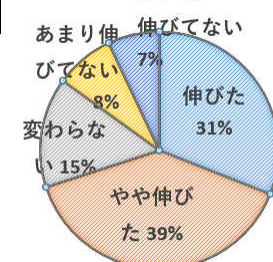
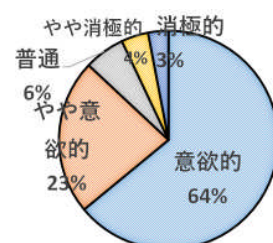
Q ジグソー学習を行うことで、「説明する力」は伸びたと思いますか。

- 人に納得してもらおうとすると、自然に数学用語が使えるようになった。
- 「なぜこうなるのか」を大切に、順序立てて説明ができるようになった。
- 最初は緊張したけど、一度いい評価をもらって自信がつき、その後、説明することが楽しくなった。

- 説明の順序がバラバラになるなど、自分の頭の中が整理できない時がある。

Q ジグソー学習を行うことで、あなたの「数学の考え方」は伸びましたか。

- 話し合いの中で友だちの説明を聞き、毎回違った意見や異なる考えが聞けて、自分に足りないところやさらにいい方法や説明の仕方が身に付いた。
- 数学とは「どうしてそうなるのか」を考える教科だと思えるようになった。
- 自分の説明力がなくて、友だちに迷惑をかけたことがあり、まだ力不足だ。
- いつも応用の問題になると、上手く考え方が書けない。



Q パフォーマンス課題を行ってみての感想

- いつもの授業の問題と違って、難しい問題だったけど、今まで習った数学を使って、解決することが楽しかった。応用力が自分にはないので、とてもいい勉強になった。
- 自分の考えをレポートにまとめるだけでなく、周りの人が見やすいようにいろいろな工夫をすることで数学の力もいつも以上に付いたと思う。また完成したレポートを見て「すごい」と思った。
- レポート発表会では、友だちのレポートにいろいろな工夫がされていてとても驚いたし、新しい発見がたくさんあり、とても勉強になった。
- 課題がとても難しくて、どこから手をつけていいか分からなかった。友だちや先生の力がないとできなかった。もっと今まで習った復習をしないといけないと思った。
- 当たり前のことしか書けずに、評価が低かった。もっと友だちを驚かすレポートにしたい。

(3) 今後の研究に向けて

生徒全員が課題解決の仕方や推論の過程を説明するためには、まずはクラスの生徒全員が授業に参加することが前提である。そのため生徒の興味をひくような教材の開発や課題の提示の仕方を工夫し、数学的活動を充実させ、定期的に話し合い活動を取り入れなければならない。今回の研究を通して、課題の解決方法が何通りかある課題を提示すると、生徒の解決への意欲が向上し、自然と自分の考えをみんなに伝えたいと思ったり、周りの友だちの考えを聞いて自分の考えと比較してみたいと思う生徒の数が増えたことが分かった。また、パフォーマンス評価を通して「数学的な見方や考え方」と「グループ活動内での論理的な表現力や思考力」には、互いに関係し合っていることも分かった。パフォーマンス課題の作成やループリックの作成には、時間と労力がかかるが、数学的な見方や考え方及びその原動力ともなる数学的な態度など、見えにくい学力を高めるために、生徒のパフォーマンスに真摯に向き合うことは重要なことであると痛感した。ループリックについては、授業後の生徒のレポートを分析しながら、生徒の思考の変化の様子や考え方の内容を再検討し、ループリックを改善していくと評価もしやすくなると考えている。また、現在、学校全体で体系的に取り組んでいる言語技術の手法を数学の授業の中にも積極的に取り入れて、論理的に思考し、表現する力を確実に育み、その力を活かして「きょうどう」の精神を発揮する学び合いに取り組ませることで、持続可能な社会を形成する資質・能力の一層の具現化を図っていききたい。まだまだ研究途中であるが、2年次に向けて、今後も知識・技能を習得させる時間とのバランスを考えながら、本研究が単発な取組に終わらず、これらの実践を継続していき、さらによりよい指導方法を研究していききたい。

参考文献

- ジョージ・ジェイコブズ（2005）「先生のためのアイディアブッカー協同学習の基本原則とテクニッカー」日本共同教育学会
- 西岡加名恵（2008）『『逆向き設計』で確かな学力を保障する』明治図書
- 鈴木明裕（2016）「中学校数学科言語活動プラン&評価問題」明治図書
- 三戸 学（2016）「ジグソー学習活用講座/数学教育」明治図書