

豊かな学び合いの中で科学的思考力を高める子ども

— 中学3年「仕事とエネルギー」の実践から —

1 授業の構想

(1) 子どものとらえについて

子どもたちは様々な家電製品に囲まれた環境の中で育ち、それらを使い、様々なエネルギーを利用して便利な生活を送っている。しかし、それらの家電製品の内部構造は複雑であり、それらを利用する際は、「明りを得るためにスイッチを入れる」といったように目的にばかり注意が向けられ、どのようにエネルギー変換が起こっているかなど仕組みに疑問を抱くことはほとんどないと考えられる。また、生活経験や体験活動が不足しており、道具を使って作業することも少なくなっている。そのため、様々な道具がどのようなはたらきをしているかなど仕組みに興味を持ちにくくなっている。

子どもの認識を知るために本単元の事前調査を行った。その中で、道具のはたらきについての問いでは、力の向きだけが変わる定滑車のはたらきを7割近くの子どもが力は小さくてすむと答えていた。このことから子どもは道具を使うことで小さな力で作業ができると感覚的にとらえていることがわかった。また、本単元で学習する仕事やエネルギーの単位であるJ（ジュール）は、日常であまり使われない単位であり、感覚としてとらえにくい単位でもある。

本単元で学習する仕事やエネルギーの概念は抽象的であり、「省エネ」などに代表されるように日常用語として使われるにも関わらず、子どもにとっては認識しにくいものである。したがって、本単元では、身近なものを使った観察・実験を行うことで、日常のさまざまな場面でエネルギーが関わっていることに気づき、エネルギーを多面的にとらえられるようにしたい。

(2) 本単元の目標や内容と理科で考える思考力・判断力・表現力の育成との関わりについて

本単元の目標は、運動やエネルギーに関する観察・実験について、物体の運動の規則性を発見したり、数量的関係を指摘して、エネルギーの基礎について理解し、日常生活や社会と関連付けて運動やエネルギーの初歩的な見方や考え方を養うことである。また、新学習指導要領では、「物体のもつエネルギー量は物体が他の物体になしうる仕事で測れること」を理解することとあり、エネルギーを仕事の単位ジュール（記号：J）として扱うことになった。したがって、さまざまな種類のエネルギーをジュールという共通の単位で表すことでエネルギー概念を理解しやすく、より定量的にとらえやすくなった。

したがって、導入の段階で理科における「仕事」について丁寧に扱い、仕事概念を柱としてエネルギー概念の確立へとつなげていく。力学的エネルギーに関する実験は、条件を制御して、分析して解釈し、規則性を見出す展開がしやすい。仕事は、力の大きさと距離の積で表されるため、目で確認することはできない。したがって、ワークシートにはあらかじめ作業内容を図示したものを与え、子どもはその図に力の矢印などをかき込みながら考えを深めていく。それらをもとにして班や学級で話し合う活動の中で、科学的に判断したり、他者に表現する中で科学的思考力を養うことが期待できる。そして、実験・観察によって得られた科学的根拠をもとにして、自分なりに現象をまとめることでさらに科学的思考力を養うことができると考える。

以上のことから、本単元は比較的規則性が見出しやすく、子どもたちがこれまで培ってきた知識や概念、問題解決能力や科学的に探究する能力を使い、さらに科学的な思考力や判断力、表現力を養うことができやすい単元であると考えられる。

(3) 11年間で育てる思考力・判断力・表現力の育成に関する学び合う場面の構成について

本単元は、既習事項である力の概念を用いて、仕事について理解し、仕事を柱にして様々なエネルギーについて概念を形成していく単元である。そのため、導入段階で仕事について理解しておくことが大切となってくる。

学び合いの課題は、子どもの最近接領域を考え、日常生活と関連付けるなど子どもの意欲がわくように設定することが重要である。子どもの実態としては、学習意欲が高く、予習などによって授業前に教

科書程度の知識を身につけていることもある。その一方で、既習事項であっても発展的な課題になると応用ができないという姿もみられる。本単元の事前調査の結果から、子どもは力の大きさを考える際に、力の向きはあまり考慮せず、感覚的に判断する傾向があることがわかった。つまり、すでに学習した力についての見方や考え方が習得できていないということである。これらのことを踏まえて、単元「仕事とエネルギー」の学び合いの課題として、仕事を活用する場面を設定し、力の向きと大きさに注目させながら、学び合いによって事物・現象をみる視点を養っていきたいと考えた。

学び合いのための教師のはたらきかけは大きく2つに分けることができる。一つは、ワークシート(課題の目的が明確であり、子どもが思考しやすく、思考の流れを振り返ることができるもの)やモデル図、子どもの考えを表現するホワイトボードなど思考を表現して見えるようにするためのはたらきかけである。もう一方は、授業の中で教師が子どもの様子をとらえて行う発問や発話、子どもの意見を価値付けるなどの思考を深化させるためのはたらきかけである。特に、後者のはたらきかけは授業の中で子どもたちの様子を把握しながら臨機応変に対応し、課題解決へと導くために重要となる。また、学び合いを成立させるためには、子どもの実態を正確に把握する必要がある。事前調査によって素朴概念を知ることや授業中の様子やワークシートへの記述、振り返りシートなどから随時、子どもたちからの情報をとらえるようにする。そして、教材の特性と照らし合わせて、授業構想を考える。構想の段階で子どもたちの思考の流れや課題解決のためのポイントを教師側は把握しておき、適切な場面で適切なはたらきかけを行い、拡散している考えを最後には収束させる必要がある。このとき全員が思考の流れについてくることができるように、子どもたちの様子を観察しながらスモールステップではたらきかけを行うように注意する。

また、学び合いは複数で行うものであるが、原点は子ども一人ひとりの見方や考え方である。したがって、個からはじまり、学び合い、最終的に個の考えにかえるように構成する必要があると考える。

2 展開計画

次	主な学習	時	具体的な学習・内容(◇印は、学級全体の学び合いの場面)
1	仕事について ・仕事	1	・理科における「仕事」について説明を聞き、仕事の量が、力の大きさと移動距離に関係していることがわかる。
		2	◇重力に対する仕事と摩擦力に対する仕事の大きさについて予想し、グループで話し合ったことをもとに、何に対する仕事なのか力の向きに注目して考えることができる。
	・仕事の原理	3	・手でする仕事と道具を使った仕事について、グループごとに予想して話し合い、実験結果から仕事の原理を理解する。 ◇力の向きや大きさなど既有的知識と前時の「仕事」に関する知識を活用してグループごとに話し合ったことをもとに実験の予想を行い、学級全体で道具を使ったときの仕事について考えを深めることができる。
		4	・日常生活では、効率の面から単位時間に行う仕事量が重要であることがわかる。
2	位置エネルギーについて ・エネルギーの定義 ・位置エネルギー	5	・仕事の概念を用いたエネルギーの定義を理解する。
		6	・実験結果を分析して、解釈し、話し合いを行って位置エネルギーは質量の大きさと高さに関係していることがわかる。
		7	◇前時にグループで話し合ったことをもとに、学級全体で位置エネルギーが何に関係しているのか話し合い、斜面の傾きには関係はなく、質量の大きさと基準面からの高さに比例していることをつきとめることができる。
3	運動エネルギーについて ・運動エネルギー	8	・実験結果を分析して、解釈し、話し合いを行って運動エネルギーは質量の大きさと速さに関係していることがわかる。
		9	◇前時にグループで話し合ったことをもとに、学級全体で運動エネルギーが何に関係しているのか話し合い、質量と速さの二乗に比例していることをつきとめることができる。

4	力学的エネルギーについて ・位置エネルギーと運動エネルギーの関係	10	・自由落下をするときの、位置エネルギーと運動エネルギーの大きさを調べる実験を行い、実験結果をグループごとに話し合い、力学的エネルギーは保存されることがわかる。
		11	◇前時にグループで話し合ったことをもとに、位置エネルギーと運動エネルギーの関係について学級全体で話し合い、力学的エネルギーが保存されることをつきとめることができる。
5	いろいろなエネルギーについて ・エネルギーのすがた ・エネルギー変換と保存	12	・物体を動かすことができる能力(エネルギーをもつということ)を基準にして、身のまわりの様々なエネルギーについて考え、エネルギー変換の実験からエネルギーのつながりがわかる。
		13	・エネルギー変換の前後で、摩擦や空気抵抗などを考慮するとエネルギーの総量は保存されることがわかる。

3 授業の実際

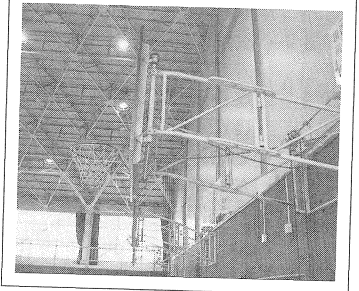
○道具を使うことで仕事は得をするかどうか(第1次 3時間目)

前時までに仕事の概念について学習している。また、前述したように子どもたちは道具の利点を力が小さくなることととらえている傾向がみられた。そこで本時は、仕事の活用の授業を構成し、「手でする仕事と比べて道具(滑車)を使った仕事は得をするかどうか」という課題を設定した。この単元は通常、定滑車と動滑車を分けて考え、仕事の原理をつきとめていくところだが、これまでの子どもとらえ(単元前に教科書程度の知識を得ている子どもがいるなど)から判断して、多様な意見が期待でき、学級で力を合わせるによって解決できるような少し難しい課題にするために、今回は定滑車と動滑車を組み合わせた複雑な道具を扱うことにした。また、本時で扱う滑車は校内でどのような所に使われているのか写真(資料1)などで紹介し、日常生活との関わりを意識させて学習意欲を喚起した。

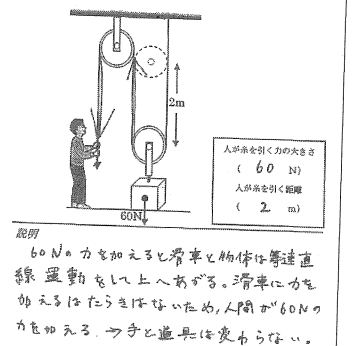
子どもの活動が、個人→班→学級→実験→個人と変化していく中で、どのように思考が変容していったのか、個人のワークシートの記述とホワイトボードの記述などからみていく。個人で仕事について考えたとき、生徒Aは、力を加えるのは人だけであることから、道具を使った場合と、直接手で行う場合では、力と距離は変わらないと考えている(資料2)。その他に、力の向きに注目して滑車を使うことで力を加える向きが下向き(重力方向)になるため、少しだけ加える力は小さくなるととらえている子どもや、てこの原理のようなはたらきで道具を使うことで力は小さくなると感覚的にとらえている子どもなど様々な意見があった。

生徒Bは、はじめは手で持ち上げるのと同じ力が必要と考えていたが班での話し合いの結果、動滑車が力を半分に分けることに気がついている(資料3)。班での話し合いの中で動滑車のはたらきに注目して、イラストにもあるように二人でバッグを持つときの様子に置き換えて結論に至ったようである。班ごとのホワイトボードの記述には、力の大きさについて動滑車のはたらきを考慮している班が4つの班、考慮していない班が2つの班、わからないというのが3つの班あった。距離について考えることができていたのは2つの班だけであった。それらのホワイトボードの記述をもとに学級で話し合い考えを深めていった。資料4はその場面の授業記録である。

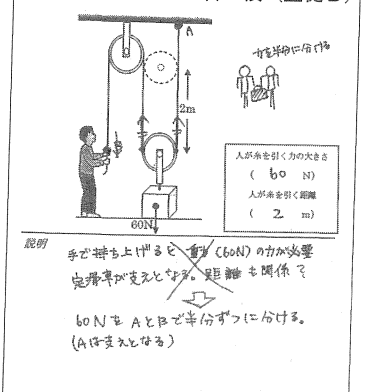
資料1 体育館での滑車使用例



資料2 はじめの考え(生徒A)



資料3 班での話し合い後(生徒B)



資料4 学級全体の話し合いの授業記録

班ごとのホワイトボードの記述を分類して黒板に貼っている。学級全体で話し合う前に、挙手によって全員の意見を把握する。

T1 力と距離を同時には考えられないので、まずは力の大きさについて考えていきましょう。力の大きさは30N、60Nと二つの意見に分かれています。まずは、30Nと考えている班から意見を聞いていきたいと思っています。

5班 力が動滑車で1（人の手）と2（動滑車）に分散されているので、人が引く力は30Nになると思います。

T2 なるほど、人と滑車が力を支えているんですね。

4班 定滑車は力の向きを変えただけだが、動滑車は2本のヒモで支えているので半分半分で30Nになると思う。

T3 なるほど、動滑車の方はおもりを二本のヒモで支えているので30N、定滑車は1本で支えているので力は変わらず60Nなのですね。3班はどう？

3班 動滑車で60Nのおもりがまず2本のヒモで分けられて30Nと30Nに分けられて、ヒモを引く力は30N。でも60Nをもちあげるには4m引く必要があると思います。

T4 すごいね。距離についても説明してくれました。すごい。でも、まずは一つずついこう。力についてですが、この図では30Nを左右に2つ書いていて、力の矢印は1本しかないけど・・・これでいいかな？

3班 えーと、矢印は引く力をかいています。あとは天井で支えられています。支えられている力はかいてません。

T5 ということは、手で引く方と反対のヒモにも力は加わる？

3班 加わる。

T6 天井も引っ張る？

3班 いや、引っ張ってはいません。支えています・・・うーん、（3班内で話し合う。）やっぱり引っ張っています。

T7 わかりました。4班さんは3班さん考え方が似ているようですが、4班はこの力は天井が引っ張っていると思う？

T8 うーん、引っ張っているかな。

T9 次の、60Nだと考えている班に説明してもらいたいと思います。

6班 力を加えているのは人だけなので、極端な話、滑車に手がはえて力を加えているわけではないので60Nだと思う。

T10 なるほど。力を加えるのは人だけですもんね。6班と3、4班で意見が違いうけど、どうだろう。3、4班は動滑車のはたらきに注目して考えていますね。定滑車は力の向きを変えただけでこっちの力を一本のヒモで支えているけど、動滑車は真ん中におもりがあるので左右二本のヒモでおもりを支えているので力は左右のヒモで半分半分になるんじゃないかなと説明していました。その考えについて6班さんはどう思いますか？

6班 うーん・・・動滑車に注目してみると30Nで納得できます。（挙手により全員の意見を把握する。ほとんどの子どもが30Nに挙手をする）

T11 ということは、Aさんがいってくれたように動滑車は力を分けるということですか。なるほど。では、次は距離について考えてみましょう。距離についてははじめからよく考えていた3班さん。3班さんは4mとしていますが、どうして4mなんですか。説明をお願いします。

3班 まず、引くのは手からなので、手のところに線をひいて、スタートする。動滑車が上にあがるので手で引くのは2mと2mなので4m。

T12 動滑車が持ち上がったとき滑車はここになりますね。

3班 うーん。よくわからなくなりました。ちょっとまってください。（3班で話し合う。）

T13 みんなも考えてみてください。滑車はもともこの下にあったのだけど、荷物と一緒にここまで持ち上がりますね。4班さんもそのように考えていたけどどうだろう。

4班 （生徒Cが前にきて書きながら説明する。）動滑車が荷物と一緒に持ち上がって、ここまでくるので、引き上げたあとのヒモはこの部分になります。なので、もともとあったヒモはこの図でいうと左右のヒモで2m、2mになるので4mになるのだと思います。

子ども （おー。へー、なるほど。）

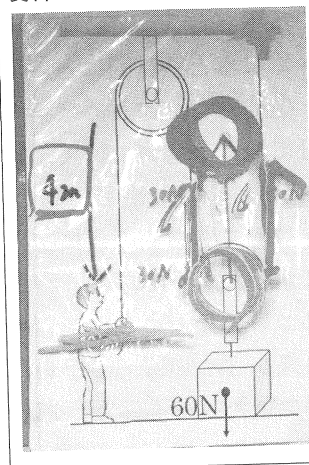
T14 引き上げたあとのヒモはこうになる。なので、引き上げられたヒモはここだと。なので2mと2mで4mになるということですね。（挙手により、全員の意見を把握する。ほとんどの子どもが4mに挙手をする。）

T15 最後に演示実験で確かめてみたいと思います。（前で演示実験。）【力は30N、距離は4m】

T16 この実験結果と学級で話し合ったことをもとにして、最終的な自分の考えをワークシートに書きましょう。

はじめは様々な視点から考えていたが、学級全体で意見交換をしていく中で力の矢印とヒモを引く向きの矢印が混ざっているので分けて考えることや、はじめから人が引く力を考えるのではなく、荷物に対して必要な力を考え、動滑車のはたらきを考えればいいことに気がついていった。はじめに6班は力を加えることができるのは人だけであることから60Nだと考えていたが、3・4班の動滑車のはたらきに注目した考えを聞いて納得している。特に、3班の動滑車の説明は、定滑車と動滑車の特徴の違いを鋭く見抜いており（資料5）、本時の振り返りシートの記述にも3班の生徒Cの説明でよく良かったという記述もみられるほどだった。距離についての話し合いでも、人が引く距離にはじめから注目しては2mとしか考えることはできないが、持ち上がった後の動滑車の位置から引き上げられるヒモの距離を考えると4mという結論に達する。そのことを、4班の生

資料5 3班のホワイトボード



資料6 個々の子どもの意見の変容の様子

表1. 課題を伝えた直後の意見

損	変わらない	得
0名	0名	35名

表2. 班や学級での話し合い後の意見の変容の様子

	力	距離	仕事	人数
班での話し合いの後	30N	2m	60J	15名
		4m	120J	9名
	60N	2m	120J	6名
		4m	240J	0名
	わからない			5名
学級での話し合いの後	30N	2m	60J	0名
		4m	120J	35名
	60N	2m	120J	0名
		4m	240J	0名
	わからない			0名

徒Dが前に出て図に書き込みながら見事に全体へ説明していた。これらの話し合いの後、個人個人の考えをきくと全員が真の結果を考えるようになっていた（資料6）。

はじめは様々な視点から物事をとらえているが、学級全体で話し合いをしていくうちに、視点が定まっていた。科学的に説明ができて、納得できるのはどの見方、考えか子ども同士で判断し、学び合っていくことができた。何が正しいか正しくないか判断していくのは子どもであり、教師は子どもの意見や思いを伝え合う手助けをすることが大切であるとあらためて感じた。その手助けの方法として、まずは子どもが発表しやすい雰囲気をつくることや、それぞれの考えを尊重すること、曖昧な表現などは言い換えを求めたり、質問したりして考えを明確にして相手にわかりやすい表現にすることなどリボイシングを意識した。

学級全体での話し合いの後、演示実験を行って仮説を検証し、これらの結果を踏まえて再度自分の考えをワークシートに記述させた。生徒Aは、最終的に動滑車によって力が分かれるため引く力は小さくてすむが、ヒモを引く距離が倍になるため仕事量は手でする仕事と変わらないことを自分なりに整理して表現している（資料7）。その他の子どもも話し合いと実験結果を踏まえて、文字や数字、イラストを使って自分なりの方法で考えをまとめた。

ふりかえりの記述（資料8）などから、子どもにとって少し難しく、なおかつ多様な意見が期待できる課題を設定し、それらの意見を共有して学び合っていくことは、新たな発見や驚き、感動とともに充足感や効力感があり、その過程で思考する力や何が正しいのか判断する力、自分の考えを表現し、相手の意見をきいて理解する力などが複合的に養われていくことがわかる。また、今回は仮説検証型の授業展開で仮説を立てることが主な活動であったが、最後に実際の現象を提示したことは子どもにとって印象的であったように思う。思考することはもちろん大切であるが、事物・現象を扱う理科学習だからこそ、できるだけ多く、本物に触れる機会をもちたいと思った。そして、本物はそれだけで力があるので、触れさせるタイミングも大切にしたいと思う。

資料7 最終的な考え（生徒A）

2. 最終的な自分の考えを書こう。

説明
人が30N、天井が30Nという場合、力が分散され、力の大きさは小さくて済む。
だが、四つ一線のように、ひもを引く長さ（力の向きに）が2倍になるため、仕事量は30(N) x 4(m) = 120Jとなる。
したがって、仕事量は変わらない。

資料8 本時のふりかえりシートの記述

- ・「予想していたことと結果が同じになって感動しました。」
- ・「説明がよくわかった。引く距離は、ずっと2mだ！と思っていたけどよく考えると4mでした。思い込みはよくない。」
- ・「今日は、動滑車について考えてきました。はじめは全くわかりませんでした。徐々に分かりました。動滑車が増えていくと引く力は小さくなるのだろうか。」
- ・「仕事量は同じでも疲れがちがうことはあるのか。」
- ・「とても難しかったけど、長さについては子どもDの説明で全てわかった。D君の説明がすごい！」
- ・「ずっと気になっていた道具を使う意味が学べて良かったです。これからは、これらを活用して生活したいです。」
- ・「せっかく滑車を使ったのに、仕事は変わらないのは損をした気持ちになるのに、変わらなかったのが残念です。」
- ・「今日は、動滑車と定滑車を利用した仕事についてみてきました。他の班からみえてきたことがたくさんあったのでとても参考になりました。」
- ・「他の班の人の考えはとても筋が通っていてすごいと思いました。」

4 成果と課題

今回の実践では、仕事の概念について学習したあと、仕事の活用として「道具を使うことで仕事は得をするかどうか」という課題で、既習事項から仮説を立てて学び合う場面を設定し、授業の最後にその仮説を検証した。はじめの段階では様々な意見が出ており、何から考えていいのかわからなかった子どももいたが、班や学級で話し合っていくにしたがって考える視点が明確になり、最終的に学級全体である仮説に収束していった。その成果と課題について考えていく。

(1) 学び合い場面の子どもの変容

今回は、実験前に仮説を立てることが課題であったことから、様々な視点から意見が出ており、中には何から考えていいのかわからない子どももいた。そのような状況から班や学級で話し合っていくうちに、考える視点が焦点化され、論理的な考え方が説得力をもち、次第に見方や考え方が変化していき、最後は学級で共通の科学認識へと変容していった。また、その学び合いの過程で、既習事項から科学的に考えていく思考力や、相手の意見を理解し、見方や考え方におかしな所はないのか判断する力、自分の考

資料9 ホワイトボードを使った話し合いについてのアンケート結果の一部（1学期末）

- ・「ホワイトボードにまとめたため、頭の中が整理できたし、わかりやすかった。口で言うよりわかる。」
- ・「説明がしやすかったり、班で協力したり、クラス全体で考えられるところがいい。」
- ・「班全体の意見を絵や図で交えてわかりやすく発表できる。他の班の意見が比べやすい。」
- ・「個々の意見→班→クラスというようにみんながどうとらえているのか知ることができた。」
- ・「クラスの意見がわかる→考えが深まる→じっくり考えられる。」
- ・「話し合いに自分から参加できた。」

えを言葉や図で表現することによって整理し、相手へ伝える表現力が養われていくことがあらためて確認できた。また、相手に自分の考えを表現する中で、自分を客観的にみる力が養われ、自己効力感などを感じることも期待できるようである。本稿で紹介した生徒Dは、普段はあまり発言をしない子だが、今回の活躍を期に積極的に自分の考えを表現し、他人の意見に耳を傾けている姿が見られるようになっている。したがって、授業の中で、自分の考えを相手に伝え、考えを深めることは理科が得意な子ども、苦手な子どもの双方に有用であることが再確認できた。また、本時のふりかえりシートの記述や1学期末に行ったアンケート結果（資料9）などから子どもたち自身も話し合うことや学び合うことの有用性に気がつき、考えること、表現することのおもしろさを実感していることがうかがえる。

(2) 学び合い場面における教師のはたらきかけ

学級全体で学び合う場面では、まず意見を書かせたホワイトボードをもとに班ごとに説明を求め、どの視点から考えた意見が学級全体で明確にした。そして、異なる意見の考え方を学級で検証していった。このときの教師のはたらきかけとして、それぞれの意見を尊重し、意見にもとづく視点を学級全体で理解できるように復唱したり、要約したりリボイシングといわれる発話を意識して行った。そして、科学的な認識にもとづいて議論をするために、力の大きさは「動滑車のはたらき」、距離は「引き上げたあとの動滑車の位置」に焦点化していった。焦点化した後は、子どもたちによって自然と結論へと導かれていった。このことから学び合いの場面で、子どもの科学認識が何にもとづいているのか明確にし、何を变容させれば共通の科学認識に迫ることができるのか科学的な見方や考え方を視点として与えるはたらきかけが有効であることがわかってきた。子ども同士の学び合いを深いものにするためには、教材研究の段階で事前調査や授業の様子、日々のふりかえりシートなどから子どもの素朴概念や実態を把握し、教材の特性と照らし合わせて授業を構成していく必要がある。そして、教師は子どものつまづきを予想し、打開策となるような見方や考え方、言葉かけを事前に準備しておくことが大切であると思う。今後は、班や学級で話し合ったこと、学び合ったことをどう評価へと結びつけていくか検討していく必要がある。

子どもたちが豊かな学習ができるように、今後も教師のはたらきかけのあり方を、実践を通して研究していく。また、日々の生活や授業から子どもと向き合っ、子どもをきちんと理解できるように努め、最近接領域を踏まえながら課題を設定したりや学習意欲がわく教材開発を行い、子どもが「理科っておもしろい！」と実感できる理科学習を行うことができるように日々精進していく。（文責 宮下 健太）