事例発表（２）

未来の創り手に求められる資質・能力を育成する授業に関する研究
－第３学年「仕事と力学的エネルギーの関係」での実践を通して－

薩摩川内市立川内南中学校
教　諭　　黒　江　智　彦

１　単元の概要

(1)　単元名　「仕事と力学的エネルギーの関係」　　（大単元　運動とエネルギー）

(2)　単元について

本単元のねらいは「仕事に関する実験を行い，結果を分析して解釈し，物体のもつ力学的エネルギーは物体が他の物体になしうる仕事で測れることを理解させ，エネルギーを量的に捉える見方や考え方を養うこと」である。

そこで，指導に当たっては，まず，運動エネルギーが物体のもつ質量と速さに関係あること，位置エネルギーが物体のもつ質量と基準面からの高さに関係があることを理解させる。次に，位置エネルギーと運動エネルギーが相互に移り変わり，力学的エネルギーの総量が保存されることを理解させる。さらに，外部に対して仕事ができる物体は，エネルギーをもっていることを，衝突実験の結果を基にグラフ等に適切に思考・表現させながら量的に理解させる。このように段階的な学習過程を計画することにより，視覚的に考えることの難しい仕事とエネルギーについての興味・関心を高め，量的な見方や考え方が身に付くようにする。そして，摩擦力や空気の抵抗などがはたらくと，力学エネルギーは保存されないことや，その効率化の研究意義など生徒が日常生活や社会と関連付けて考えることができるようにする。

(3)　生徒の実態

本校の校区は豊かな自然に恵まれつつも，交通拠点に近接する古くからの住宅街・商業地，新興住宅地が混在しているため，生徒の幼少からの自然体験・生活体験は多岐にわたっており，一概にまとめることはできない。また，身に付けた知識や技能を，自らの日常生活に関連付け，活用していく姿勢が十分図られておらず，そのことが更なる科学的関心を高め，探究する学びへ発展していかないという現状にある。

アンケート結果（**図１**）から，理科（科学）は好きであり，その発展が今後も必要であると考えている生徒は多いが，自らがその担い手になるという意欲までには至らない生徒も多い。また，観察，実験に積極的に参加し，成功への工夫や手順を他者と協力しながら達成させようとする意欲はある反面，科学的な用語を知識・理解として定着させることには自信をもてない生徒が多い。

①【関心】 教科としての理科（科学）は好きですか？
②【関心】 理科（科学）の深まりは日本（世界）の発展に必要だと思いますか？
③【関心】 理科（科学）の知識や技能は自分に必要だと思いますか？
④【技能】 実験や観察をグループ（班・ペアなど）で行うことは好きですか？
⑤【技能】 実験や観察の細やかな手順や方法を考え，実験を成功させられるように工夫することは好きですか？
⑥【技能】 ⑤は得意ですか？
⑦【知識】 科学的な用語を調べたり，覚えたりすることは好きですか？
⑧【言語】 実験や観察の結果から，話合いをして規則性やわかることをまとめていくことが好きですか？
⑨【言語】 話合いや学び合いで，相手に説明などすることは好きですか？
⑩【言語】 ⑨は得意ですか？
⑪【言語】 話合いや学び合いで，相手に質問したり，聞いたりすることは好きですか？
⑫【言語】 ⑨をできますか？

4 好き・できる・思う
3 （どちらかと言えば，）好き・できる・思う
2 （どちらかと言えば，）嫌い・できない・思わない
1 嫌い・できない・思わない

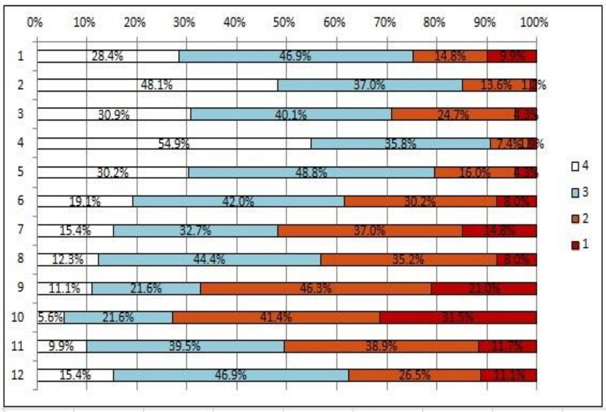


図１　理科に関するアンケート

さらに，言語活動においては，実験結果等を話合いでまとめていくことに対し，積極的に取り組めない生徒が４割強を占める。このことは，話合い活動において，「他者に説明をすることを好み，得意と認識している生徒（リーダー）」が３割弱いること，そして「他者に質問できない，聞くことができない生徒（消極的）」が６割強いることを鑑みるに大変興味深い。このことは，本校生徒が言語活動を充実させる際，「学習リーダーの意見が中心となり，学習リーダーの意見に萎縮して発言できない生徒がおり，その後の思考の練り上げがなされていない。」ため，話合い活動に積極性が出てこない状況があるのではないか，と捉えられる。そこで，生徒同士の自他相互の意見を取り入れるようなコミュニケーション豊かな対話を重視し，実験を企画したり，考察したりしていく能力を育成していく工夫が必要である。併せて，科学的な知識や用語を用いた表現力の向上も図っていくことが重要と考える。

2　単元の目標（※現行学習指導要領下での指導案のため，４観点で記載している。）

関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	知識・理解
力学的エネルギーと仕事に関する事物・現象に興味・関心をもち，それを科学的に探究しようとするとともに，事象を日常生活との関わりで捉えようとする。	力学的エネルギーと仕事に関する事物・現象の中に問題を見いだし，目的意識をもって観察，実験などを行い，力学的な仕事の定義を基に，エネルギーを量的に扱うなどし，物体のもつ質量，速さ，エネルギーと仕事の関係などについて自らの考えをまとめ，表現している。	力学的エネルギーと仕事に関する事物・現象の基本操作を習得するとともに観察，実験の計画的な実施，結果の記録や整理などの仕方を身に付けている。	力学的エネルギーは，物体がしたりされたりする仕事によること，物体のもつ質量と速さ・位置が力学的エネルギーの大きさに関係していることなどについて基本的な概念を理解し，知識を身に付けている。

3　単元の学習内容のつながり（「力・運動」に関する内容の系統）

小３年	小４年	小５年	小６年
風やゴムのはたらき ・　風のはたらき ・　ゴムのはたらき	**系統単元なし**	**ふりこの運動** ・　ふりこの運動	**てこの規則性** ・　てこのつり合いと重さ ・　てこのつり合いの規則性 ・　てこの利用

中１年	中２年	中３年
力の世界 ・　力のはたらき ・　圧力・水圧	**電流の性質** ・　電気エネルギー	**運動とエネルギー** 第１章　物体のいろいろな運動 ・　運動の速さと向き ・　力と運動 第２章　力の規則性 ・　力のつり合い ・　力の合成，分解 第３章　エネルギーと仕事 ・　仕事とエネルギー ・　力学的エネルギーの保存 ・　さまざまなエネルギーとその変換

4　単元全体で育成したい資質・能力

学びに向かう力，人間性等

日常生活や社会で見られる物体の運動とエネルギーに関する事物・現象について，科学的に探究しようとする態度

知識及び技能

・　物体の運動とエネルギーに関する概念や原理・原則の基本的な理解
・　物体の運動とエネルギーに関する実験器具の操作や，結果を記録し処理する技能

思考力，判断力，表現力等

・　物体の運動とエネルギーに関する観察・実験の計画を立て，実行する力
・　物体の運動とエネルギーについての実験の結果を分析して解釈し，それを基に表現する力

5　単元の指導計画（12 時間配当，本時第５時）

時	主な学習内容	科学的に探究する生徒の姿	育成したい資質・能力 知識及び技能	思考力，判断力，表現力等	学びに向かう力，人間性等	評価規準
1	物体のもつエネルギー	Ａ－①			○	・　学んだことや生活体験を基に興味・関心をもち，積極的に発表しようとする。
		Ｂ－①	○			・　「物体がエネルギーをもつ」ことがどのような状態か，例を挙げて説明できる。
2	運動エネルギーと 位置エネルギー	Ｅ－② Ｆ－①		○		・　結果から質量が大きく，速い物体ほど運動エネルギーが大きいこと，質量が大きく，位置（高さ）が大きいほど位置エネルギーが大きいことを説明できる。
		Ｂ－②			○	・　物体の質量や速さとエネルギーの関係について考えようとしている。
3	力学的エネルギーの保存	Ｂ－①	○		○	・　位置エネルギーと運動エネルギーの関係性について問題を見いだし，力学的エネルギーについて課題を設定できる。
		Ｄ－② Ｆ－①		○		・　位置エネルギーと運動エネルギーの関係性を調べる実験を企画できる。 ・　位置エネルギーの変化と関連付けて，振り子の運動の様子を説明できる。
4	仕事と力学的エネルギー	Ａ―① Ｂ―②			○	・　身近な例から位置エネルギーや運動エネルギーを大きくする方法を考えようとする。 ・　物体に仕事をすることによって，エネルギーを得ることを気付くことができる。
5	仕事と力学的エネルギー 【課題】 仕事と力学的エネルギーの関係について考えよう。	Ａ－①			○	・　身の回りにある力学エネルギーに興味・関心をもち，積極的に調べようとする。
		Ｂ－①	○			・　ボウリングの球がもつエネルギーがする仕事について既習事項を関連付けることができる。
					○	**・　力学的エネルギー（位置エネルギー＋運動エネルギー）の関係性について問題点を見いだし，仕事について課題を設定できる。**
		Ｄ－①		○		・　力学的エネルギー（位置エネルギー＋運動エネルギー）と仕事の関係性について調べる方法につい予想し，仮説を立てることができる。
		Ｄ－②		○		**・　力学的エネルギー（位置エネルギー＋運動エネルギー）と仕事の関係性を調べる実験を企画できる。**
		Ｅ－②	○			・　実験の操作を行い，正確に記録することができる。
					○	・　グループで協力し合いながら実験に取り組んでいる。
		Ｆ－①		○		**・　球のもつエネルギーを力学的エネルギーの移り変わりと関連付けて，木片に及ぼす仕事の様子を説明できる。**
		Ｇ－③		○		・　位置エネルギーと運動エネルギー移り変わっていること，力学的エネルギーが保存されていることを，仕事を通じて説明できる。
6	仕事と力学的エネルギー 【考察】 仕事と力学的エネルギーの関係について実験を基に考えよう。	Ａ－① Ｂ－②			○	・　仕事と力学的エネルギーの関係について，実験結果から考えている。
		Ｅ－②		○		・　物体の力学的エネルギーの増減は，物体がしたりされたりする仕事によると説明できる。
7	仕事の原理と仕事率	Ｆ－①			○	・　道具を使って力を小さくした場合，仕事の大きさがどうなるか考えている。
		Ｅ－① Ｅ－②	○	○		・　正しい操作で実験を行い，結果を表にまとめることができる。
8	動滑車・輪軸	Ｆ－①	○			・　道具の有無に関わらず，仕事の原理が成り立つことを気付くことができる。
		Ｇ－②		○		・　単位時間当たりの仕事を考えることで，仕事の能率を比較することができる。
9	エネルギーの移り換わり	Ｂ－②	○			・　様々なエネルギーを利用していることや，変換の際に利用できないエネルギーが生じることについて考えている。
		Ｇ－②		○		・　エネルギーの損失を実生活に沿って説明できる。
10	エネルギーの変換	Ｇ－② Ｇ－③	○	○		・　熱の伝わり方について実生活と照らし合わせながら考え，自らの言葉で表現できる。
11	エネルギーの保存	Ｃ－①			○	・　エネルギー変換の際に生じるエネルギーの量の変化について関心をもって調べることができる。
		Ｂ－① Ｇ－③		○		・　利用できない（損失される）エネルギーについて，その減少について自らの考えをもつことができる。
12	エネルギーの変換効率	Ｆ－①	○			・　エネルギーの総量は保存されることに気付くことができる。
		Ｇ－① Ｇ－③		○		・　利用できるエネルギーへの変換効率を高めるために様々な工夫がされていることを説明できる。

６　「判断基準」の設定 (※「判断基準」とは，思考力，判断力，表現力等の育成を意図的に図るために当センターが提唱しているものである。)

<table>
<tr><th colspan="3">評価規準（科学的な思考・表現）</th></tr>
<tr><td colspan="3">条件に着目し，対照実験を計画し，その実験結果を基に，小球の高さや小球の質量，斜面の傾きと木片の動く距離との関係について結果をまとめ，力学的エネルギーの増減と物体がされる仕事との関係を説明できる。</td></tr>
<tr><th colspan="3">評価の場面及び評価の対象（思考・判断に基づく表現内容）</th></tr>
<tr><td colspan="3">ア　実験の企画
イ　実験結果の結果に基づく生徒の説明，まとめの内容</td></tr>
<tr><th>尺度</th><th>判断基準</th><th>予想される表現例</th></tr>
<tr><td>Ｂ</td><td>・　物体のもつ力学的エネルギーの増減は，物体がしたりされたりする仕事によることで説明できると指摘できる。</td><td>・　物体がもつ力学的エネルギーが大きいほど大きな仕事をする。</td></tr>
<tr><td>Ａ</td><td colspan="2">・　物体のもつ力学的エネルギーの増減は，物体がしたりされたりする仕事によることを位置エネルギーや運動エネルギーの移り変わり等，量的な視点から説明できる。</td></tr>
<tr><th colspan="2">Ｃ状況の生徒への補充指導</th><th>Ｂ状況の生徒への深化指導</th></tr>
<tr><td colspan="2">・　仕事の概念を確認させる。
・　力学的エネルギーの保存を確認させる。</td><td>・　力学的エネルギーの保存，移り変わりの視点から考察させる。</td></tr>
</table>

７　検証授業の実際（５／１２時間）

(1)　目標

ア　実験を行い，小球の高さや小球の質量，斜面の傾きと木片が動く距離との関係を，結果を表やグラフにまとめることができたり，物体のもつ力学的エネルギーの大きさは，物体に対してした仕事で説明できることを指摘できたりする。

イ　小球の初めの位置が高いほど，また，小球の質量が大きいほど，木片に対してした仕事が大きいことに気付くことができる。

ウ　斜面で小球を転がして木片に衝突させる時の小球のもつ力学的エネルギーの大きさと木片の摩擦力による仕事の関係について実験を行い，調べようとしている。

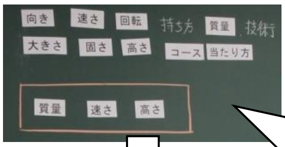
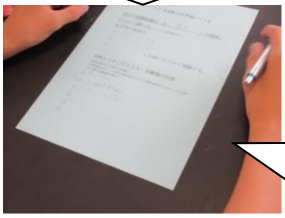
(2)　授業設計上の工夫

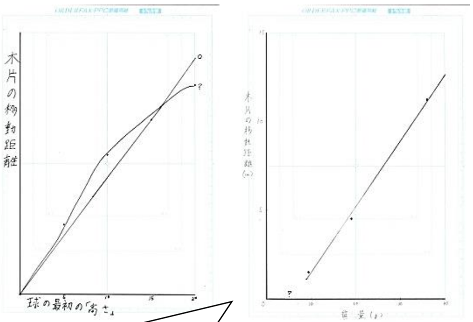
本時は，力学的エネルギーが位置エネルギーと運動エネルギーの総和であり，保存されることを理解している３年生を対象に授業を行う。そこで，物体の力学的エネルギーの増減は，物体がしたり，されたりする仕事によることを説明できることに対して，まずは，身近なレクリエーションであるボウリングを通して，生徒の興味・関心を引き出し，「エネルギーと仕事」の関係が，身の回りにおいてどのような現象で現れるか体験させた上で，思考を通して理解させる。

そこで，簡易ボウリングの中で，ボールの「質量（ポンド数）」「速さ（投げる勢い）」「回転」「コース」が，よりピンを倒すことに有効な要素であることに注目させたい。その際，既習の内容から，実験可能・比較可能（対照実験）な要素が「質量」と「速さ」であることに注目させ，生徒が実験の見通しを立たられるようにワークシートの工夫を行う。そして，生徒自ら見通しを立てた（対照）実験を行わせ，過度な支援になり過ぎないようにしつつ，（生徒の見通しに沿った）結果に導かせ，その分析への思考がぶれないよう留意したい。さらに既習内容から力学的エネルギーの増減と物体がされる仕事との関係をまとめ，発表できる展開の工夫を行う。

また，本校（川内南中学校）研究主題：「自己肯定感の醸成」と「学習意欲を高める授業の工夫」に沿い，「生徒の主体的な活動（個の思考・活動）」と「対話的な活動（他者と意見・思考のやりとり）」がなされ，「成就感を体得させるまとめの工夫（次時への意欲化）」を授業に組み込んだ授業を設計した。

(3)　本時の実際

課程間	形態	学習活動	主体的・対話的で深い学びにつながる学習の工夫
課題の設定 10分	個	**1　様々な高さから，数種の小球を転がした場合の，（簡易）ボウリングを見て考えられることを発表する。** ・　高いところから転がすほど倒れる。 ・　重い小球ほど倒れる。	1　物体のもつエネルギーが，様々な条件で変わりうることを気付かせるため，身近なレクリエーションである（簡易）ボウリングを用いた。 予想や想定と異なる事象が表れる。 **【重点化：Ｂ－①】**
	全体	**2　既習事項を振り返りながら，疑問に感じたことを発表する。** ・　力学的エネルギーが仕事をしているのではないか。 ・　○○は倒れ方には関係があるのか。 （○○･･･小球の質量・速さ・高さ）	2　前時までの学習内容と関連性があることを意識させ，疑問を検証する意欲を高めた。
	全体	**3　学習課題を確認する。** 力学的エネルギーと仕事には，どのような関係があるだろうか。	3　必要な概念に軽く触れた。 ・　力学的エネルギーの保存の概念 ・　仕事の概念
課題の追究 25分	班	**4　班で実験方法の見通しを立て，発表する。** 「小球を転がして木片に当てる実験（対照実験）」 【対照実験を行うための条件】 ・　質量の異なる小球 ・　高さ（位置エネルギー）の変化 ・　速さ（運動エネルギー）の変化　など  様々な要素の中から，エネルギーに関する既習内容を基に，対照実験可能な要素を選択する。  自分たちが主に，検証したい要素を対照実験するために必要な技能や注意点を考える。	**【重点化：Ｄ－②】** 4　条件に着目して対照実験を計画できるようにした。 ・　可能な限り，見た目が同じ（条件の）小球を準備する。 ・　必要に応じて簡易速度計の使用方法を確認させた。 ・　実験をする上で，速さを揃えて（同じにして）実験することが難しいことに気付かせた。 より正確な実験を行うための協力体制・役割分担の確認。
	班	○　木片にかかる摩擦力がする仕事と，小球がもつ力学的エネルギーとの関係を，多様な視点から検証する。 様々な視点から用意された記録用紙の中から，自分たちの実験結果をまとめることに適したものを選択する。	 速さを一定にさせることは難しいぞ。

課題の追究	班	**5　実験を行う。** A：高さは同じ－質量は異なる。 「物体の質量と仕事」 B：質量は同じ－高さは異なる。 「位置エネルギーと仕事」 C：質量は同じ－速さが異なる。 「運動エネルギーと仕事」 	5　対照実験の条件を明確し，実験結果が，ぼやけないようにした。 ・　特にB（高さ）・C（速さ）の視点から「力学的エネルギーの概念」を意識させ実験を行わせる。 ・　小球の質量・高さや速さは，次時に向け，的確に記録させた。 結果の適切な処理方法（ｸﾞﾗﾌ化）について対話的に考えさせた。
課題の解決・まとめ15分	班 全体 全体	**6　結果をまとめ，発表する。** A：質量の大きい物体ほど，大きな仕事ができる。 B：高い位置にある物体ほど，大きな仕事ができる。 C：速い物体ほど，大きな仕事ができる。 結果を処理したものを基に，対話を通して考えを練り上げさせる。 **7　まとめをする。** 物体の力学的エネルギーの増減は，物体がしたりされたりする仕事によることを説明できる。 **8　次時への意欲につながる予告を行う。** 本時で練り上げた量的な思考を，次時では更に深め，力学的エネルギーに関する規則性を結果から探っていくことを伝え，次時への意欲につながる予告を行う。 次時への意欲化がなされるように，まとめの充実を図る。	**【重点化：Ｆ－①】** 6　班全員の意見を聞き，班の意見としてまとめさせた。 ◎　評価 力学的エネルギーの増減と物体がされる仕事との関係を説明できたか。  平素より，グラフが見やすくなる範囲を思考させ，作成させている。 尺度A：物体のもつ力学的エネルギーの増減は，物体がしたりされたりする仕事によることを位置エネルギーや運動エネルギーの移り変わり等，量的な視点から説明できる。 尺度B：物体のもつ力学的エネルギーの増減は，物体がしたりされたりする仕事によることで説明できると指摘できる。

８　成果と課題

（1）　成果

○　事象提示を身近なレクリエーションを簡易的に体験できるものにしたことで，生徒が自らの考えと異なる「予想外」を体験することができ，「なぜ？」と考え，「知りたい」という学習意欲の高まりへとつながり，より主体的に学習に取り組む姿が見られた。

○　班の座席配置を工夫（襷掛け）し，考えを相互に交差させることにより，対話が深まった。また，互いの考えを集約させる活動によって，自分の意見を他者へ伝える努力や，他者の意見を聞こうと努力する姿が見られた。

○　既習の知識や理解を活用して，実験を生徒自身が自らの力で検証できる内容に焦点化することにより，実験の条件等について円滑に考えられるようになった。そのことで，実験実施に必要な技能を細やかに配慮できるようになり，結果に向けての見通しを立てやすくなったり，実験を素早く的確に行ったりできるようになった。

○　対話が増えることにより，Ａ状況と判断できる生徒が実験リーダーになりつつも，中心になりすぎることなく，Ｃ状況やＢ状況の生徒と協議しながら活動を進めていこうとする様子が見られた。そのことで，Ａ状況の生徒の理解が更に深まった。

○　それぞれの状況の生徒たちが，互いに積極的な対話をする経験を重ねることにより，Ｃ状況やＢ状況の生徒の，話合い活動への苦手意識が解消し始めた。また，自ら発言しようとする意欲が高まってきた。

○　Ｃ状況の生徒への教師の直接的な声掛けやＢ状況の生徒への発問，ペアや班での対話的な活動で解決できるような発問など，発問を工夫することによって，それぞれの状況の生徒に新しい気付きを促すことができ，理解を深めることができた。

○　**図２**は，研究前と研究後に行った，対話（言語活動）に関するアンケートの比較である。結果から，話合いや学び合いに対して「好き」という意識の向上が見られた。特に，対話の相手に質問したり，聞いたりすることや，実験結果から，考えを共に練り上げていくことができるようになってきた。

⑧【言語】 実験や観察の結果から，話合いをして規則性やわかることをまとめていくことが好きですか？
⑨【言語】 話合いや学び合いで，相手に説明などすることは好きですか？
⑩【言語】 ⑨は得意ですか？
⑪【言語】 話合いや学び合いで，相手に質問したり，聞いたりすることは好きですか？
⑫【言語】 ⑪をできますか？

4　好き・できる・思う
3　（どちらかと言えば，）好き・できる・思う
2　（どちらかと言えば，）嫌い・できない・思わない
1　嫌い・できない・思わない

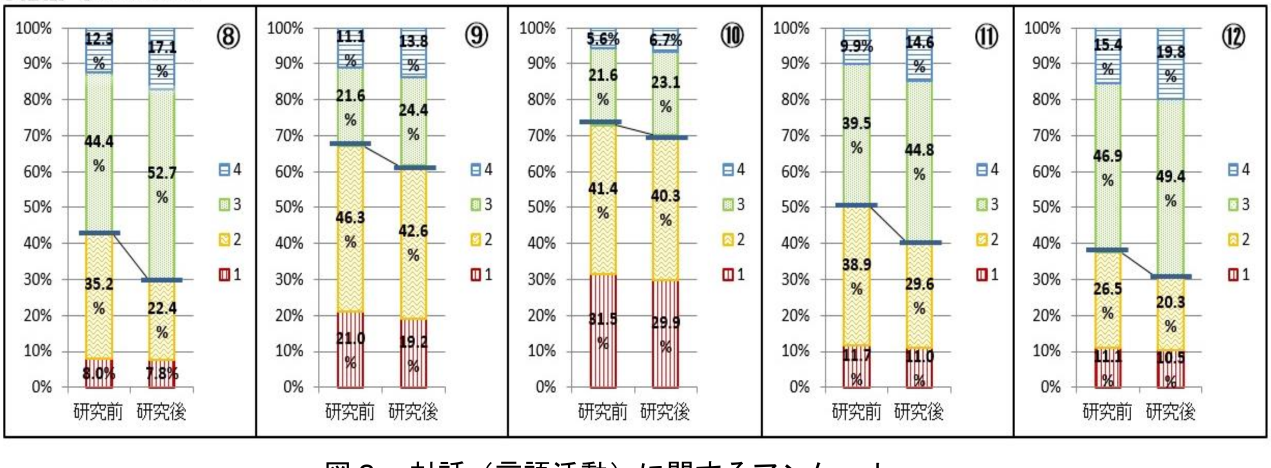


図２　対話（言語活動）に関するアンケート

○　**図３**は，授業前と授業後に生徒が描いたものである。授業前は概念を図に整理して記入するような工夫がなかったり，球の大きさ・高さなどの要素や木片の移動の記入に思考が伴わなかったりしたものが，学習後は，対照実験で注目した条件やそれ以外の条件と結果とを関連付けながら，紙面を上手に活用・整理しており，理解を深めることができたことがうかがえる。

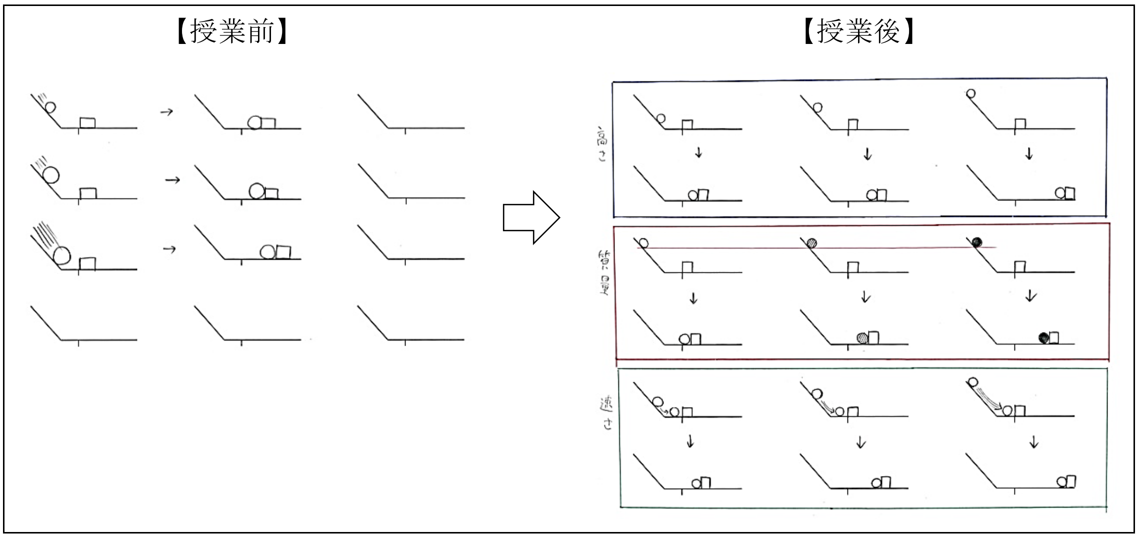


図３　概念地図法による生徒の変容の一例

(2)　課題

○　対話活動を行う場面や内容を各単元で意図的・計画的に配置し，生徒が個人で思考する時間の確保と対話により思考を練り上げていく時間の確保をする工夫が必要である。

○　**図２**のアンケート結果より，「自己評価１」の段階にある生徒の減少が若干あった。しかし，「自己評価２～４」の段階の生徒の意識が比較的向上傾向にあることを鑑みると，著しく伸び率が低い。

○　「自己評価１」の段階の生徒たちの実態把握を行う手段の研究や，教育計画・授業内での手立てや工夫を，計画に盛り込み，継続的に実践していく必要がある。

○　一部活動リーダーの「前のめりで主体的」な活動意欲を自制させつつ，他の生徒と「対話を通して学ぶ」学習態度の育成には他の多数の生徒の主体的に学ぶ姿勢を引き出す工夫が必要である。そのためには，生徒にとって身近な事象の提示から「学習目標」及び「学習課題」を明確に示す工夫が必要である。

○　生徒によって表現方法の幅が異なる。特にＣ状況の生徒の表現の幅が狭く，他との対話に踏み出せない場合が多い。同一学級内で，異なる生徒観の入り混じる授業においての課題は多い。例えば，より分かりやすくまとめ，表現させる手立てを工夫することが挙げられる。

○　ワークシートへの描き込みなどの表現に対して，細やか（教授しすぎる）な指導になるあまり，生徒の主体的に表現していく活動を引き出すことが難しくなる課題がある。