

小学校生活科・理科におけるEDPを導入した

STEM教育の授業デザインに関する研究

—小学校6年間の一貫したSTEM教育—

Study on Instructional Design of STEM Education Introducing Engineering Design

Process(EDP) in Life Environment Studies and Science :

Coherent STEM Education for Six Years in Elementary School

仲村 勇輝¹, 内海 志典²

NAKAMURA Yuki¹, UTSUMI Yukinori²

[キーワード Keyword]	STEM教育, 初等教育段階, 授業デザイン, 小学校6年間, 一貫性
[所属 Institution]	¹ 元岐阜大学教育学部(Formerly Faculty of Education, Gifu University), ² 岐阜大学教育学部 (Faculty of Education, Gifu University)

[要 旨 Abstract]

EDPは、「問いを提起する(Ask)」、「想像する(Imagine)」、「計画する(Plan)」、「創造する(Create)」、「改善する(Improve)」の全5段階あり、エンジニアが問題を解決するために、製品の設計、構築、テストを行う一連のステップである(TDOE, 2017)。内海・仲村(印刷中)は、アメリカのテネシー州のK学年から第5学年のSTEM教材に関する研究を行い、EDPの最終段階が学年の進行に伴って異なるということを示している。本研究では、内海・仲村(印刷中)が導出した学年の進行を考慮した指導方略を小学校第2学年生活科、第3学年～第6学年理科の授業デザインについて検討することを目的とした。

本研究で検討したEDPを導入したSTEM教育の教材では、次の2点に着目して、授業デザインについて検討し、具体的な授業を構想した。(1)教材の中にEDPの「問いを提起する(Ask)」、「想像する(Imagine)」、「計画する(Plan)」、「創造する(Create)」、「改善する(Improve)」の5段階の問題解決のプロセスを導入する。(2)学年の進行を考慮して、学習指導要領において各学年に求められる気付きの質を高めることや問題解決の能力に関連させる。

1. はじめに—問題の所在と研究の目的—

内海・仲村(印刷中)は、アメリカのテネシー州のSTEM教材について分析し、テネシー州のK学年から第5学年のSTEM教材に見られるエンジニアリング・デザイン・プロセス(以下、EDPとする)の最終段階が、学年の進行に伴って異なるということを示している。EDPは、「問いを提起する(Ask)」、「想像する(Imagine)」、「計画する(Plan)」、「創造する(Create)」、「改善する(Improve)」の全5段階あり、エンジニアが問題を解決するために、製品の設計、構築、テストを行う一連のステップである(TDOE, 2017)。わが国の『小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編』において、問題解決の過程として、自然の事物・現象に対する気付き、問題の設定、予想や仮説の設定、検証計画の立案、観察・実験の実施、結果

の処理、考察、結論の導出といった過程が考えられることが示されている(文部科学省, 2018a, p.10)。わが国の理科教育の問題解決とテネシー州のSTEM教育で用いられているEDPでは、問題を特定し、観察・実験を通じて、結論を導くといった問題解決の過程が一致しているといえる。しかしながら、EDPのようによりよい結果を得るために改善する過程は含まれていない。わが国の問題解決の過程において、EDPの「改善する」での取り扱い内容は、『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 技術・家庭編』において、生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を特定し、解決策を構想し、製作図等に表現し、試作等を通じて具体化し実践を評価・改善するなど、課題を解決する力を養うことが示されている(文部科学省, 2018c, p.9)。このように、わが国の中学校の技術・家庭科で

は、テネシー州のEDPのように、よりよい結果を得るために改善する段階が問題解決の中に含まれている。

内海・仲村（印刷中）は、わが国の小学校理科の問題解決の過程に、EDPの「改善する」の段階を導入することで、現行の小学校理科の問題解決の過程よりも、よりよい問題解決を図るとともに、より深い学びにすることができると示唆している。しかしながら、わが国の生活科・理科教育の中に学年の進捗を考慮して、EDPを導入するといった示唆にとどまり、わが国の小学校生活科・理科における授業デザインの検討については行っていない。

そこで、本研究では、小学校第2学年の生活科、小学校第3学年～第6学年の理科においてEDPと各学年の進捗を考慮した授業デザインについて検討することを目的とする。

2. 研究の方法

本研究では、内海・仲村（印刷中）のテネシー州のSTEM教材で見られるEDPが学年の進捗に伴って異なるという特徴を明らかにした先行研究から、EDPと学年の進捗を考慮した授業についての指導方略を導出する。そして、その指導方略を基に、わが国の小学校第2学年～第6学年の生活科・理科の授業デザインについて検討を行う。

3. 作成した指導方略

EDPと学年の進捗を考慮したSTEM教育の指導方略について表1に示す。

表1に示す指導方略について、(1)はEDPの「問いを提起する(Ask)」, (2)はEDPの「想像する(Imagine)」, (3)はEDPの「計画する(Plan)」, (4)はEDPの「創造する(Create)」, (5)はEDPの「改善する(Improve)」の各段階に該当する内容となっている。

(2)の「想像する」の段階のブレインストーミングでは、第2学年から第6学年の教材を通じて、児童が話し合う中で様々な考えを引き出すことを目的として、教師は、児童の様々な意見を受け入れ、どのような考えに対しても否定しないということに留意し、第2学年から第6学年の教材を開発した。また、ブレインストーミングの内容は、学年の進捗に伴って変化させた。例えば、第2学年では、風船ボートをより遠くまですすめることができる条件を、「船に用いる材料」の1つにあらかじめ絞ってブレインストーミングを行わせる。

次に、第3学年では、紙コップロケットがより高く飛ぶための条件として、「輪ゴムの種類」と「紙コップへの切込みの深さ」の2つの条件にあらかじめ絞り、どちらの条件に着目し、どのような工夫をするべきか

表1 EDPと学年の進捗を考慮したSTEM教育の指導方略

(1) 条件について特定させる。〈問いを提起する〉
(2) 教材の中での課題、課題の中での決められた課題に対するアイデアについて、グループ内でブレインストーミングを行わせる。 〈想像する〉
(3) どのような設計にするのかについて計画を立案し、製作物についての設計図を描かせる。 〈計画する〉
(4) 計画した設計図を基に、課題に対する製作物を作り、その後、テストを行い、製作物が正しく作動するかどうか調べさせる。 〈創造する〉
(5) テストを行い、製作物が正しく作動するかどうかの実験の結果を基に、よりよい結果が得られるように改善を行わせる。〈改善する〉
(6) 生活科においては、気付きの質を高める活動を導入する。 〈気付きの質を高める〉
(7) 学年の進捗を考慮して、各学年で求められる問題解決の能力に関連させる。 〈第3学年：比較、第4学年：関連付ける、第5学年：条件制御、第6学年：多面的に考える〉

についてブレインストーミングを行わせる。

第4学年では、児童がより速く走ることができる電動プロペラカーに必要な条件について、単元「電気のはたらき」の既習内容を活用し、「回路に流す電流の大きさ」や「複数の電池のつなげ方」の条件を挙げ、その中からどの条件に着目し、どのような工夫をするべきかについてブレインストーミングを行わせる。

そして、第5学年では、既習内容ではない電磁石をより強くするための条件についてクラス全体で発表した複数の条件の中から、「コイルの巻き数」、「回路に流す電流の大きさ」の2つの条件についてどちらの条件に着目し、どのような工夫をするべきかについてブレインストーミングを行わせる。

最後に、第6学年では、「紙とんぼ」が落下するまでの時間を長くするために、クラス全体で発表した複数の条件の中から、選択する条件について、その理由も含めてグループでブレインストーミングを行わせる。学年が進行するにつれて、ブレインストーミングにおいて話し合う条件が増え、児童がより主体となってアイデアを考えるような指導を行う。

そして、(6)では、『小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 生活科編』(文部科学省, 2018b)の「気付きの質を高める」ための学習活動として、教材に「比

べる」活動や、比べることを通じて、その違いを「見付ける」活動を導入する。

最後に、(7)では『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編』（文部科学省，2018a）の問題解決の過程の中で用いる考え方について、第3学年では「比較」、第4学年では「関連付け」、第5学年では「条件制御」、第6学年では「多面的に考える」を、各学年の教材の活動の中にそれぞれ導入する。

これら7つの指導方略を基に、わが国の小学校生活科及び理科にSTEM教育を導入したカリキュラム開発を行った。

4. カリキュラム開発

本研究で開発したカリキュラムの概要について、表2に示す。

4.1 STEM教育との関連

STEMの学習領域との関連について、第2学年の教材「風船ボード」では、風船ボードが風船内の空気が水中に押し出されることによる風の力で進むことから「科学」の学習領域を含んでいる。そして、風船ボードが進んだ距離について巻き尺で測定する活動があることから「算数」の学習領域を含んでいる。最後に、風船ボードについて製作の手順を計画し、風船ボードの設計図を描き、それを基に風船ボードの製作を行い、得られた風船ボードの測定結果から改善を行うということから「エンジニアリング」の学習領域を含んでいる。

第3学年の教材「紙コップロケット」では、輪ゴムが伸び縮みするゴムの力によって紙コップロケットが飛ぶという内容が取り扱われていることから「科学」の学習領域を含んでいる。そして、紙コップロケットが飛んだ高さを巻き尺で測定する活動を行うことから「算数」の学習領域を含んでいる。最後に、紙コップロケットについて製作の手順を計画し、紙コップロケットの設計図を描き、それを基に紙コップロケットの製作を行い、紙コップロケットが飛んだ高さの測定結果を基に、設計の改善を行うということから「エンジニアリング」の学習領域を含んでいる。

第4学年の教材「電動プロペラカー」では、回路に電流が流れ、モーターが回ることによってプロペラカーが進むという内容を取り扱っているということから「科学」の学習領域を含んでいる。そして、電動プロペラカーについて製作の手順を計画し、電動プロペラカーの設計図を描き、それを基に電動プロペラカーの製作を行って、電動プロペラカーの走行時間の測定結果を基に、より速く走ることができるようするために

設計の改善を行うということから「エンジニアリング」の学習領域を含んでいる。

第5学年の教材「ゼムクリップ・クレーンゲーム」では、電磁石の内容を取り扱っているということから「科学」の学習領域を含んでいる。そして、より強い電磁石をつくるために回路の製作の手順を計画し、回路の設計図を描き、それを基に回路の製作を行い、更に強い電磁石にするために回路の設計に改善を加えるということから「エンジニアリング」の学習領域を含んでいる。

第6学年の教材「紙とんぼ」では、紙とんぼが落下するとき紙とんぼの羽が空気の影響を受け、回転することにより、紙とんぼが落下するまでの時間が異なるということから、「科学」の学習領域を含んでいる。次に、紙とんぼが落下するまでの時間を3回測定し、その平均値を求めることから「算数」の学習領域を含んでいる。最後に、落下するまでの時間の長い紙とんぼを作るために、紙とんぼの製作の手順を計画し、それを基に紙とんぼを製作し、紙とんぼが落下するまでの時間の測定結果を基に、紙とんぼの設計の改善を行うことから、「エンジニアリング」の学習領域を含んでいる。

4.2 指導方略との関連

第2学年～第6学年の教材と表1に示した指導方略との関連については、表1の(1)～(5)のEDPの全5段階に該当する活動を第2学年～第6学年の教材に導入している。そして、表1の(6)の気づきの質を高めることとの関連として、第2学年の教材「風船ボード」では、児童がグループごとに製作した風船ボードの船体に用いた材料と風船ボードが進んだ距離を「比べる」ことを通じて、自分の風船ボードとの違いや遠くに進むことができる風船ボードの特徴を「見付ける」ことを通じて、「気づきの質を高める」活動を導入した。次に、表1の(7)の各学年で求められる問題解決の能力として、第3学年の教材「紙コップロケット」では、2グループで互いに製作した紙コップロケットを比較し、差異点と共通点についてまとめる活動や改善の前後で「比較」を行う活動を導入した。次に、第4学年の教材「電動プロペラカー」では、より速く走ることが出来る電動プロペラカーの製作を行うために必要な条件について既習内容や日常生活の経験と関連付けて、予想を行うという「関連付ける」活動を導入した。そして、第5学年の教材「ゼムクリップ・クレーンゲーム」では、改善を行う際に、「条件制御」の考え方をを用いて、変化させる条件と変化させない条件に分け、より強い電磁石にするためにどの条件を改善するのか

表2 学年の進行を考慮したSTEM教育を導入したカリキュラムの概要 (筆者作成)

学年・教科	授業名	単元	概要	STEMの学習領域との関連	問題解決の能力等
第2学年 生活科	授業1： 風船ボード	うごくわた しのおもち ゃ	<ul style="list-style-type: none"> ・風船ボードに用いる船体に着目して、より遠くまで進むことができる風船ボードの設計・製作を行う。 ・グループごとに製作した風船ボードを比べ、気付いたことを基に、「船に用いる材料」を改善する。 	科学, エンジニアリング, 算数	気付きの質を高める(比べる, 見付ける)
第3学年 理科	授業2： 紙コップ ロケット	風やゴムで 動かそう	<ul style="list-style-type: none"> ・「輪ゴムの種類」「紙コップへの切込みの深さ」の2つの条件に着目し、より高く飛ぶことができる紙コップロケットの設計・製作を行う。 ・互いに製作した紙コップロケットを比較し、差異点と共通点についてまとめる。紙コップロケットがより高く飛ぶための条件を見だし、設計を改善する。 	科学, エンジニアリング, 算数	比較
第4学年 理科	授業3： 電動プロペ ラカー	電気のはた らき	<ul style="list-style-type: none"> ・既習内容や日常生活の経験を基に、より速く走ることができる電動プロペラカーの設計・製作を行う。 ・測定結果や既習内容を基に、仮説を立て、更に速く走ることができる電動プロペラカーにするために設計を改善する。 	科学, エンジニアリング	関連付ける
第5学年 理科	授業4： ゼムクリッ プ・クレー ンゲーム	電流が生み 出す力	<ul style="list-style-type: none"> ・「コイルの巻き数」と「回路に流す電流の大きさ」の2つの条件に着目し、電磁石の設計・製作を行う。 ・得られた結果から条件制御の考えを用いて、回路の設計を改善する。 	科学, エンジニアリング	条件制御
第6学年 理科	授業5： 紙とんぼ	パフォーマ ンス課題 ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> ・複数の条件の中から、変化させる条件を選択し、着目した条件での複数の測定結果を基に、落下するまでの時間がより長い紙とんぼの設計・製作を行う。 ・選択したそれぞれの条件で紙とんぼが落下するまでの時間をより長くすることができるように設計の改善を重ねる。 	科学, エンジニアリング, 算数	多面的に考える(条件制御, 比較, 気付きの質を高める)

について明確にする活動を導入した。最後に、第6学年の教材「紙とんぼ」では、複数の条件の中から紙とんぼが落下するまでの時間を長くするための複数の条件から、変化させる条件を選択する活動を導入した。また、グループごとに、選択した条件での紙とんぼ

が落下するまでの時間についての複数の測定結果から、紙とんぼが落下するまでの時間が最も長くなる条件の内容について考察する「多面的に考える」活動を導入した。

5. 第6学年教材「紙とんぼ」の授業デザイン

力と関連する活動を導入できるということから、第6学年教材「紙とんぼ」の授業デザインを検討した。この教材は、小学校理科のSTEM教育におけるパフォーマンス課題として行う。表1の指導方略を基にデザインした授業の展開について表3に示す。

5.1 授業デザインの概要

第6学年では、これまでの各学年の問題解決の力を基盤として、それらを意図的に働かすことができなければならない。そのため、教材内に複数の問題解決の

表3 学年の進行を考慮した小学校第6学年のSTEM教育を導入した教材「紙とんぼ」の授業展開

時数	展開	学習活動	指導上の留意事項・評価規準
1	導入	<p>○児童は、教師が演示している紙とんぼの飛ぶ様子を観察する。</p> <p>○実際に児童が紙とんぼを飛ばしてみる。</p> <p>○複数の種類の紙とんぼを飛ばして、その様子を観察し、複数の紙とんぼを比べて、気付いたことをワークシートに記入する。</p> <p>○気付いたことについて、クラス全体で発表する。</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>〈予想される児童の発言例〉</p> <p>A：紙とんぼの羽の長さが様々あるね。</p> <p>B：紙とんぼによって、羽の幅が違うね。</p> <p>C：紙とんぼの中心についているクリップの数が違ったり、テープがついたものもあるね。</p> </div> <p>○複数の種類の紙とんぼを飛ばすことを通じ、用いる紙の材料、羽の長さや幅などが異なると、紙とんぼが落下するまでの時間が異なるということを理解する。</p> <p>○観察した内容を生かし、紙とんぼが落下するまでの時間を長くするには、どのような工夫をすればよいか考える。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ワークシートを配布する。 ・児童が紙とんぼの飛ぶ様子を観察し、実際に飛ばすことを通じて、紙とんぼへの興味・関心を持たせる。 ・児童が様々な種類の紙とんぼを飛ばす際には、それぞれどのような材料を用いているか、どのような構造をしているのかや、飛んでいるときの様子に着目するよう指導する。 ・変化させる条件の異なる紙とんぼを配布することで、用いる材料や条件が異なると、紙とんぼが落下するまでの時間が異なることを児童に気付かせる。
	展開	<p>○問題解決の過程を踏まえた活動の課題を確認する。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>〈課題〉</p> <p>どのようにすれば、紙とんぼが落下するまでの時間を、より長くすることができるのだろうか。</p> </div> <p>○⁽¹⁾これから製作する紙とんぼの条件について確認する。</p> <p style="text-align: center;">〈問いを提起する〉</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>〈紙とんぼの条件〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・紙とんぼの羽の形は、長方形又は正方形とする。 ・紙とんぼは、回転しながら落下している。 ・教室内の材料を用いて製作する。 ・高さ2.5 mの高さから紙とんぼを落下させる。 </div> <p>○紙とんぼが落下するまでの時間を長くするには、回転しながら落下させなければならないことを確認する。</p> <p>○個人で考えた変化させる条件について発表し、クラス全体で様々な変化させる条件を列挙する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・気付いたことをクラス全体で発表することで、児童が新たな気付きができるようにしている。 ・紙とんぼが落下するまでの時間を長くするための変化させる条件について考えることが難しい児童には、導入で落下するまでの時間の長かった紙とんぼは、どのような構造や材料が使われていたのか思い出させ、変化させる条件を挙げるよう指導する。

<p>1 展開</p>	<p>〈予想される児童の発言例〉</p> <p>A：紙とんぼに重さがある方が、紙とんぼが落下するまでの時間が短くなりそうだな。</p> <p>B：紙とんぼの羽の長さが短い方が回転しやすくなると思うから、紙とんぼが落下するまでの時間が短くなりそうだな。</p> <p>C：羽の幅が大きい方が羽の回転数が増すと思うから、紙とんぼが落下するまでの時間が長くなるのではないかな。</p> <p>D：羽を回転しやすくするために、用いる紙の材質をより固いものにするのはどうか。</p> <p>E：羽の曲げる角度で紙とんぼが落下するまでの時間が変わりそうだな。</p> <p>○<u>(7)複数出てきた変化させる条件の中から、個人で紙とんぼが落下するまでの時間を長くするために変化させる条件を1つ考える。</u> 〈多面的に考える〉</p> <p>○<u>(2)4人グループになり、紙とんぼが落下するまでの時間を長くするために変化させる条件をどれにするべきか理由も含めて、ブレインストーミングを行う。</u> 〈想像する〉</p> <p>○ブレインストーミングで収集したアイデアを基に、グループで紙とんぼが落下するまでの時間を長くするために変化させる条件を1つ決定する。</p> <p>〈予想される児童の発言例〉</p> <p>A：「羽の長さ」</p> <p>B：「羽の角度」</p> <p>C：「紙とんぼに用いる紙の種類」</p> <p>○着目する変化させる条件について、どのような工夫をすると、紙とんぼが落下するまでの時間が長くなるのかグループ内で予想をする。</p> <p>○基準とする紙とんぼの大きさなどについて確認する。</p> <p>〈基準とする紙とんぼの大きさなど〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・羽の長さ：5 cm ・羽の幅：2 cm ・紙とんぼのおもり：クリップ1個 ・紙とんぼの軸の長さ：4 cm <p>○<u>(3)グループごとに変化させる条件に着目して、紙とんぼの製作の計画を立てる。また、紙とんぼの設計について考える。</u> 〈計画する〉</p> <p>○<u>(4)計画した内容を基に、紙とんぼの製作を行う。</u> 〈製作する〉</p> <p>○紙とんぼが完成したら、紙とんぼを落下させ、紙とんぼが落下するまでの時間を測定する。 (測定は計3回行い、その平均値を求める。)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・全体で発表させるときには、より多くの変化させる条件を発表できるように指導する。 ・複数の条件の中から、変化させる条件は、なぜそのように考えたのか理由も含めて話し合いを行わせる。 ・複数の変化させる様々な条件に着目している児童やグループには、変化させる条件と変化させない条件に分類させ、着目する変化させる条件を1つ選ぶように指導する。 ・グループで紙とんぼが落下するまでの時間を測定するときには、「紙とんぼを落下させる係」、「時間測定係」、「高さの測定係」、「記録係」の4つの役割で測定を行うように指導する。 ・紙とんぼの大きさの基準を定めることで児童が着目した条件での測定結果を比較しやすくした。 ・測定の中でも他の測定値と比べて、大きく離れた測定値があった場合は、除くように指導する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>【思考力・判断力・表現力等】</p> <p>複数の条件から条件制御の考えを用いて紙とんぼを製作し、複数の実験の結果を基に、紙とんぼが落下するまでの時間をより長くするための最適な条件について表現している。(グループ内での発言内容、ワークシートへの記入内容)</p> </div>
-------------	--	---

<p>1</p> <p>展開</p>	<div data-bbox="379 212 944 481" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="518 497 774 526" style="text-align: center;">図1 製作した紙とんぼ</p> <p data-bbox="354 542 970 654">○測定結果を基に、着目した変化させる条件で紙とんぼの設計にどのような改善を加えると、更により結果を得ることができるのか個人で考える。</p> <p data-bbox="354 665 970 777">○<u>(5)グループで話し合い、着目した変化させる条件について、更により結果を得るために紙とんぼの設計の改善を行う。</u> 〈改善する〉</p> <p data-bbox="354 788 970 900">○<u>(5)時間の許す限り、更により結果を得るために、測定結果を基にして、改善を繰り返し、着目した変化させる条件での最もよい条件を見つける。</u> 〈改善する〉</p> <p data-bbox="354 911 970 978">○教師が落下するまでの時間が長い紙とんぼは、どのように落下していたかについてクラス全体に対して発問を行う。</p> <div data-bbox="379 990 970 1124" data-label="Text" style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p data-bbox="379 990 673 1023">〈予想される児童の発言例〉</p> <p data-bbox="379 1034 729 1068">A：くるくと回っていました。</p> <p data-bbox="379 1079 777 1113">B：回転しながら落下していました。</p> </div> <p data-bbox="354 1146 970 1258">○<u>(6)紙とんぼが回転しながら落下する様子を観察し、紙とんぼが落下するまでの時間が長い時は、紙とんぼが回転している場合であるということ認識する。</u> 〈気づきの質を高める〉</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・落下するまでの時間が長い時の紙とんぼの特徴として、回転しながら落下していることに気付かせるために、児童を前に集め、紙とんぼが回転しながら落下する様子を観察させる。 ・観察を通じて、紙とんぼが落下するまでの時間が長くなる時の特徴(羽が回転すること)を児童が見付けることができるようにする。 ・教師は、紙とんぼが落下する様子をよく観察することや羽はどのように動いているかなどの発問を通して、紙とんぼが回転していることをすべての児童に認識させる指導を行う。
<p>2</p> <p>展開</p>	<p data-bbox="354 1314 970 1460">○<u>(2)前時に列挙した紙とんぼが落下するまでの時間を長くするための条件から、変化させる条件としてどの条件を選択するか理由も含めてグループ内でブレインストーミングを行う。</u> 〈想像する〉</p> <div data-bbox="379 1471 970 1762" data-label="Text" style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p data-bbox="379 1471 673 1505">〈予想される児童の発言例〉</p> <p data-bbox="379 1516 970 1628">A：前は羽の長さに着目していたから、今回は紙とんぼのおもりに着目して紙とんぼの実験を行ってみよう。</p> <p data-bbox="379 1639 970 1751">B：前は羽の幅に取り組んでいて、〇〇cmのとき紙とんぼが落下するまでの時間が長くなったから、今回は羽の角度に着目して実験を行ってみよう。</p> </div> <p data-bbox="354 1774 970 1807">○変化させる条件と変化させない条件について整理する。</p> <div data-bbox="379 1818 970 2020" data-label="Text" style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p data-bbox="379 1818 434 1852">〈例〉</p> <p data-bbox="379 1863 769 1897">○変化させる条件：羽の幅の大きさ</p> <p data-bbox="379 1908 609 1942">○変化させない条件：</p> <p data-bbox="402 1953 970 2009">羽の大きさ(〇〇cm)、紙とんぼのおもり(クリップ1個)、用いる紙(画用紙)、紙とんぼの軸(4cm)</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・2つ目の変化させる条件に着目して取り組む際には、前回、着目した変化させる条件での最もよい条件を用いて行う。 ・製作を行う時に、複数の変化させる条件に着目しているグループには、1つの条件に着目するよう指導する。 ・測定の中でも他の測定値と比べて、大きく離れた測定値があった場合は、除くように指導する。

2	展開	<p>○変化させる条件と変化させない条件について整理した内容を基に、紙とんぼを製作する。</p> <p>○製作した紙とんぼが落下するまでの時間を測定する。</p> <p>○測定結果を基に、着目した変化させる条件で紙とんぼの設計にどのような改善を加えると、更により結果を得ることができるのか個人で考える。</p> <p>○<u>(5)グループで話し合い、着目した変化させる条件について、更により結果を得るために紙とんぼの設計の改善を行う。</u> 〈改善する〉</p> <p>○<u>(5)時間の許す限り、更により結果を得るために、測定結果を基にして、改善を繰り返し、着目した変化させる条件での最もよい条件を見つける。</u> 〈改善する〉</p>	
3	展開	<p>○3つ目の変化させる条件についてグループ内で話し合いながら選択し、改善を重ね、紙とんぼが落下するまでの時間を更に長くすることができるようにする。</p> <p>○<u>(7)グループごとに、3つの変化させる条件で行った紙とんぼが落下するまでの時間の複数の測定結果から、紙とんぼが落下するまでの時間が最も長くなる3つの詳細な条件について考察する。</u> 〈多面的に考える〉</p> <p>○グループごとに紙とんぼが落下するまでの時間が最も長い条件で製作した紙とんぼを一斉に飛ばし競争する。</p> <p>○本教材のまとめを行う。</p>	<p>・3つ目の変化させる条件も、2つ目の変化させる条件のときと、同様の授業展開を行う。</p>
		<p>〈まとめ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複数の条件の中から変化させる条件を1つずつ選び、複数の測定結果を基に、改善を重ねることで着目した条件に関して、現時点において、落下するまでの時間が最も長い紙とんぼの設計にすることができる。 ・他の条件も検討し、改善を行うと、紙とんぼが落下するまでの時間を更に長くすることができる可能性がある。 	

注) 下線部(1)～(7)は、表1に示した指導方略と対応している。

また、授業の中で用いるワークシートを資料1-1～資料3-2に示す。

この授業では、表1の(1)～(7)に示した指導方略の(1)との関連として、児童が「紙とんぼの羽の形」、「用いることができる材料」や「紙とんぼを落下させる高さ」のような本教材の課題の条件を把握する活動を導入した。さらに、(2)との関連として、クラス全体で発表した紙とんぼが落下するまでの時間を長くするための複数の条件の中から、どの条件を変化させる条件として選択すべきか、理由も含めてグループでブレインストーミングを行う活動を導入した。そして、(3)との関連として、ブレインストーミングの内容を基に、選択した1つの変化させる条件で、紙とんぼの製作の計画を立て、紙とんぼの設計について考える活動を導入した。次に、(4)との関連として、作成した計画書を

基に、紙とんぼの製作を行い、完成した紙とんぼが落下するまでの時間を測定する活動を導入した。そして、(5)との関連として、紙とんぼが落下するまでの時間の測定結果を基に、更により結果を得るために、変化させる条件で紙とんぼの設計に改善を加え、紙とんぼが落下するまでの時間を測定する活動を導入した。そして、(6)との関連として、1つ目の変化させる条件での紙とんぼが落下するまでの時間の測定を終えた後に、紙とんぼが落下するまでの時間が長い時は、紙とんぼがどのように落下するのか児童に発問を行い、発表させる活動や児童を前に集めて、落下するまでの時間が長い紙とんぼが回転しながら落下する様子を観察させ、児童が紙とんぼは回転することで落下するまでの時間が長くなることに気付ける「気付きの質を高める」活動を導入した。最後に、(7)との関連として、クラス全

体で発表し、列挙した紙とんぼが落下するまでの時間を長くするための複数の条件から、変化させる条件を選択する活動を導入した。また、グループごとに、選択した3つの条件についての紙とんぼが落下するまでの時間の複数の測定結果から、紙とんぼが落下するまでの時間が最も長くすることができる3つの詳細な条件について考察する「多面的に考える」活動を導入した。

5.2 指導上の留意点

本教材では、紙とんぼを落下させる際に、スタート地点にばらつきがあると紙とんぼが落下するまでの時間を更に長くするための条件を探ることが難しくなるため、壁に巻き尺を貼り付け高さを定める、または、室内のもので基準を定めて、測定を行うようにさせる。

6. おわりに

本研究では、EDPと学年の進行を考慮し、小学校第2学年～第6学年の生活科・理科の授業デザインを検討した。学年の進行を考慮して、EDPと各学年で求められる気付きの質を高めることや問題解決の力を関連付ける活動を教材内に導入することで、生活科・理科への興味・関心を持たせ、将来のSTEMに関連する進路選択に対しての基盤の育成が期待できると考えられる。

今後の課題として、本研究で検討した授業デザインによる授業実践の効果について検証していく必要がある。また、本研究で設計した授業デザインの単元以外の単元においても、EDPの導入や各学年の問題解決の

力と関連付けたカリキュラムを開発し、実践していく能力と関連付けたカリキュラムを開発し、実践していく必要がある。

註

- 1) パフォーマンス課題とは、様々な知識やスキルを統合して活用することを求める課題のこと（西岡・石井, 2019）である。

引用文献

- 文部科学省（2018a）『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編』東洋館出版。
- 文部科学省（2018b）『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 生活編』東洋館出版。
- 文部科学省（2018c）『中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 技術・家庭編』開隆堂出版。
- 西岡香名恵・石井英真（2019）『教科の『深い学び』を実現するパフォーマンス評価『見方・考え方』をどう育てるか』日本標準。
- 内海志典・仲村勇輝（印刷中）「アメリカ・テネシー州の初等教育段階のSTEM教育教材におけるエンジニアリング・デザイン・プロセス（EDP）に関する研究－わが国の理科における問題解決の過程への示唆－」『理科教育学研究』第64巻，第3号。
- Tennessee Department of Education (TDOE) (2017). *STEM manufacturing modules K-12 STEM lessons*. Retrieved from https://irp-cdn.multiscreensite.com/d980f98f/files/uploaded/Manu_Module.pdf (accessed 2022.05.10)

資料1-1

紙とんぼ ワークシート	
6年 組 番 氏名 ()	
○複数の種類の紙とんぼを飛ばしてみ、気付いたことを書こう。 (それぞれの紙とんぼが落ちるまでの時間には、どのような違いがあったかな？落ちるまでの時間が長い紙とんぼには、どのような特徴があったかな？)	
○自分の考え	
○仲間の考え	
○紙とんぼが落ちるまでの時間を長くするには、どのような工夫をするとよいか？	
○本時の課題	
課題	

資料1-2

○これから製作する紙とんぼの条件について確認しよう。
<ul style="list-style-type: none"> ・紙とんぼの羽の形は長方形又は正方形である。 ・回転しながら落ちている。 ・教室内の材料を用いて製作する。 ・高さ2.5mの地点から紙とんぼを落とす。
○紙とんぼが落ちるまでの時間を長くするためには、どのような工夫をするとよいか？
(自分の考え)
(仲間の考え)

