

2022年度 日産財団理科教育助成 成果報告書

テーマ：全ての生徒が輝く物作り—STEAM 教育

学校名：鹿屋市立上小原中学校

代表者：福元 耕二

報告者：長谷川 幸一

全教員数： 12名

全学級数・児童生徒数：7学級・118名

実践研究を行う教員数： 1名

実践研究を受けた学級数・児童生徒数：2学級・52名

1. 実践の目的（テーマ設定の背景を含む）

目的1 現在の学習指導要領の枠内で STEAM 教育を実践する。【授業内 STEAM 教育】

現在の理科の学習指導要領では STEAM 教育的要素は希薄である。しかし、教育改革は急務であり、現在の学習指導要領の範囲内で授業に STEAM 教育的要素を盛り込むことは、生徒のニーズに応えるという意味でも、学校教育における STEAM 教育に先鞭をつける意味でも非常に意味があることだと思われる。なんと言っても物作りは無条件に面白い。これだけでも生徒の自主性を引き出す要因になる。

目的2 STEAM 教育によって、非認知能力が高い生徒が輝く授業をつくる。【非認知能力が輝く】

知能指数や学力といったテストなどで評価される能力を「認知能力」と言い、物事に対する考え方、取り組む姿勢、行動など、日常生活・社会活動において重要な影響を及ぼす能力を「非認知能力」と言う。近年、世界的に教育界において非認知能力が脚光を浴びている。文科省の改革により変り始めたが、依然、学校の評価のメインは「認知能力」の評価であり、高い「非認知能力」を持つ生徒が評価されていない実情がある。STEAM 教育においては「非認知能力」の高い生徒が輝く場面が多くあると考えられる。それによってより多くの生徒にやりがいを感じさせることができるはずである。

目的3 STEAM 教育にプロジェクト学習のプラスして、生徒の主体性を引き出す。【+プロジェクト学習】

今、生徒の主体性を伸ばす様々な試みがなされているが、教科書から学ぶという学習スタイルである限り、生徒が受け身の学習を続けることになる。プロジェクト学習の特徴は生徒が課題の発見から始めて、仮説の設定、実験方法の考案、実験結果の分析・考察、課題の解決まですることである。STEAM 学習も生徒の自主性を引き出す学習でこの2つの教育方法には強い親和性・よい相互作用があると思われる。1年のうちに1回か2回でもプロジェクト学習に取り組むことで生徒は自分で問題を解決する能力を高めることができる。またこの取り組みはより STEAM 教育の本質に迫る手がかりになると感じている。

2. 実践にあたっての準備（機器・材料の購入、協力機関等との打合せを含む）

実験1 銅板の酸化・還元の実験でガスバーナーを使うとすすがついてうまく還元できないという問題を解決するために生徒からあらかじめアイデアを募集した。非常に優れたアイデアとして、試験管に銅板を入れてガスバーナーで加熱するというアイデアがあった。是非させてみたいと思ったが安全面に問題があったのでやむなく採用せず、安全性が高く、すすがつかないと思われるホットプレートで加熱することにした。

実験2 密度の学習を終えた生徒が鉄でできた船はなぜ沈まないのかという疑問を持ったので、それを解決できるように3Dプリンターを用いて、水に沈む、中身の詰まった船のモデルと、水に浮く、中身が中空の船のモデルを作成した。

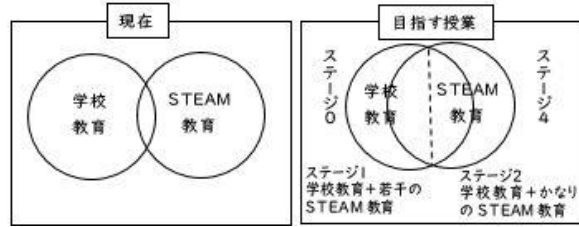
実験3 心臓のはたらきの理解が難しかったので、集気瓶、灯油ポンプ、ゴム栓、ガラス管、シリコンチューブを用意して心臓のはたらきを再現するモデルを作成させた。

実験4 地震波の伝わり方の実験において、鹿児島大学のコア・サイエンス・ティーチャー・プロジェクトに参加し、地質学・固体地球物理学を研究されている小林励司准教授の指導を受けた肝付町立波野中学校の河俣博章先生が開発された教材を使わせていただき、ご助言をいただいた。さらに、P波とS波の伝搬速度の測定方法を確率するためにケニス株式会社に速度測定器の利用法の研究を手伝っていただいた。

3. 実践の内容

(1) 実践の中心となる概念

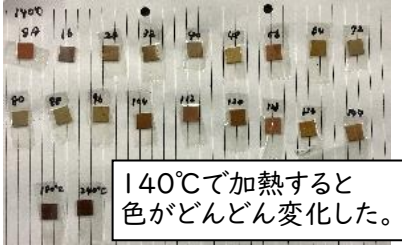
現在の学習指導要領の枠内で STEAM 教育を
実践する。(下図のステージ1、ステージ2の授
業を開発する。)



(2) 実践の実際

ア ステージ1の授業の内容

銅板の酸化と還元 (物作りの素材) (結果)



銅板をガスバーナーで加熱して表面を酸化させる実験が教科書に出てくる。これを再加熱して砂糖に差し込んで還元させようとしたがうまくいかなかった。原因はガスバーナーから発生したすすのためであった。すすがつかない状態で銅板の表面を酸化させるにはどうしたらいいか生徒たちは考えた。**【+プロジェクト学習】** その過程で銅の酸化膜の面白い性質を生徒が発見した。**【授業内 STEAM 教育】** 偶然ではあるが、必要にかられて工夫する過程で新しい発見をする経験をさせることができた。

イ ステージ2+プロジェクト学習の実践の内容 (物作りの原理)

(ア) 鉄でできた船はなぜ浮くのか



小さい固体は浮かぶことを学習した。振り返りの中で一人の生徒がなぜ鉄でできた船は海水に浮くのかという疑問を提示した。船の模型を作って実験しようということになったが、なかなか適したモデルが見つからず、自作することになった。最初は金属の加工を考えたが、危険性を考えて3Dプリンターで船の模型を作って実験することを試みた。これは最先端の生徒を機器である3Dプリンターに触れさせ、操作させるという意味でも STEAM 的である。**【授業内 STEAM 教育】**


(イ) 心臓のモデルの作成 (物作りのモデル作成)

まずは教科書で心臓のはたらきを学習した。例年、このような学習で心臓のはたらきをイメージできる生徒とできない生徒がいる。そこで具体物を用いて理解を促進し、STEAM 学習の物作りの要素も取り入れるため、集気瓶、灯油ポンプ、シリコン管、シリコンチューブ、ゴム栓を準備して、組み合わせることで心臓のモデルをつくるという課題を生徒に課した。**【授業内 STEAM 教育】**

(ウ) 地震波の伝搬のモデルの作成と地震波の伝わる速度の測定 (物作りのモデルによる測定)



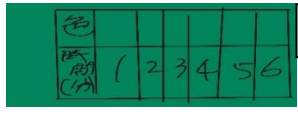

地震波の伝搬のモデルを作成させ、地震波の伝わる速度の測定をどうやったら測定できるかを生徒に考えてもらった。肝付町立波野中学校の河俣博章先生の実践にいくつか工夫を施した。**【授業内 STEAM 教育、+プロジェクト学習】**

教材の工夫	
	
輪ゴムにスパイラルチューブをかぶせて地面の固さを再現した。	スタート側の速度測定器を1台にし、ケーブルを分配してゴール側の速度測定器を2台にした。P波、S波の同時測定が可能になった。

4. 実践の成果と成果の測定方法

仮に学習に困難さを感じていない生徒たちをA群、学習にやや困難さを感じている生徒たちをB群、学習に困難さを感じている生徒たちをC群と表現する。それぞれの群の生徒が全て同じ特性を示したというわけではなく分析上、強く表れた傾向を示唆している。

(1) 銅板の酸化と還元

<p>ア 生徒が考えた実験の方法</p> <p>銅板を時間や温度の条件を気得て実験をして結果を記録する。 【+プロジェクト学習】</p> <p>↑A群</p>	<p>イ 生徒が考えた考察</p> <p>140℃で銅板を熱した時、銅板の色が熱した時間によって、同色、金色、銀色に変化した。 180℃、240℃で熱した時は黒色になった。</p> <p>↑A群【授業内 STEAM 教育】</p>
 <p>←A群</p>	 <p>←B群【非認知能力が輝く】</p>

A群は妥当性の高い答えを安定して出してくれた。その中でB群が一番本質的な答え（色が同じ順番で繰り返す）を出してくれた。（薄膜干渉）

(2) 鉄でできた船はなぜ浮くのか

<p>ア 生徒が考えた考察</p> <p>中が空いている船は密度が 1g/cm^3 より小さいから沈まない。中が空いていない船は 1g/cm^3 より大きいから沈む。</p> <p>↑A群</p>	<ul style="list-style-type: none"> 鉄の船が沈まない理由 中身がつまった船は、水の密度より、船の密度の方が重いから沈み、中身が空の船は、水の密度より軽いため沈まない。空洞に水が入ると沈む。
<p>体積が 1cm^3 に対して密度が1以下なら浮く。</p> <p>↑C群正解ではないが、体感的に正解に近づいている。【非認知能力が輝く】</p>	<p>↑B群空洞に水が入ると沈むことまで考えが至っている。【非認知能力が輝く】</p>

A群は学習した用語での確かな考察をした。C群も自分なりの表現で真実に迫られた。B群は自分の言葉を使ってより詳細に現象を考察してくれた。

(3) 心臓のモデル



A群は教科書を見て、心臓のはたらきを考えながら組み立てた。B群、C群はま

ず部品をつなげて水を流していた。最終的には両方があわさって完成に近づいていった。【授業内 STEAM 教育】
【非認知能力が輝く】

(4) 地震波の伝搬のモデルの作成と地震波の伝わる速度の測定

<p>実験 I P波とS波</p> 	<p>P波とS波の伝わる速度の測定</p> 
<p>録画→スロー再生で先に縦に揺れ、次に横に揺れることが観測できた。</p>	<p>スタートに1台、ケーブルを分岐させてゴールに2台速度測定器を配置した。地震波伝搬モデルに発砲スチロール球をつけて速度を測定した。【授業内 STEAM 教育】</p>

A群が中心になって、測定方法を考えていき、それが広まっていった。興味深かったのはC群が測

定機器を使って遊んでいる時に次第に正解に近づいていったことだった。測定機器が高価なので6台しか準備できなかったが、実験装置がもっとあれば、たくさんの発見があったと思われる。

(5) 統計データによる成果の測定

数値で成果を測定するために、TIMSSと同じ生徒質問を行った。非認知能力に関する項目に関しては僅差ではあるが、本校の優位性が見られた。一般的学力では本校は全国平均を下回る中で優位性なので、取り組みの成果が出たと考える。【非認知能力が輝く】

TIMSSの非認知能力に対する生徒質問（肯定的回答）		
	全国	本校
理科の勉強は楽しい	70	74.4
理科を使うことが含まれる職業に就きたい	27.0	35.9

5. 今後の展開（成果活用の視点、残された課題への対応、実践研究の可能性や発展性など）

残された課題は実践によって生徒の反応が大きく違ったことだ。銅板を加熱して、理想的な酸化銅板をつくる実験では、目標達成後、酸化銅板の色の変化に着目した生徒がいたので、色の変化の研究に移行した。思わぬ偶然から発見につながる経験をさせたいという教師の意図があった。銅が銀色になったことにすぐ驚きを示す生徒が数人いた反面、あまり興味を示さず、たんとデータをまとめる生徒もいた。後者のなかでも規則性に気づいて次第にのめり込む生徒もいた。船が沈まない実験も興味を示す生徒と示さない生徒の温度差が大きかった。学力が高い生徒が、学習した用語や教科書の用語を使って簡潔にまとめようとしていたのに対し、学力が中位の生徒が自分の言葉で長文でまとめたのが印象的だった。しかも、その長文の中に本質的な発見が含まれていた。一番うまくいったのは心臓のモデル作成だった。成功の一番の要因は部品がたくさんあり、生徒の誰もが自由に組み立てることができる状況にあると思う。これは今までの教師生活でも重々に感じていたことで、できることなら一人一教材、それが不可能でも1グループ3人までにして、必ず全ての生徒に役割があることが大切だと感じた。結果、学力の高い生徒は心臓から組み立て始めた。そこまで学力が高くない生徒はまずはパーツを組み立てて、水を流すことに注目した。それがうまくかみ合って、心臓のはたらき、体循環、肺循環のモデルを作り上げることができた。地震波の実験は大がかりな装置を準備し、P波がS波よりも早く届くことがしっかり確認できた。そこで、P波とS波の伝搬時間を測定する装置を生徒に作らせた。4人中心になる生徒が基本的な装置を考えたので、その4人をアドバイザーに任命して、生徒を4グループに分けて、スタートの測定装置、ゴールの測定装置を考え、P波とS波の伝搬速度を測定できた。今回の取り組みを3つに分類してみた。

⑦ 一部の生徒が熱中し、他の生徒にだんだん面白さが伝わっていき、全体として面白い結果が測定される。**【+プロジェクト学習】【非認知能力が輝く】【授業内 STEAM 教育】**

⑧ 全体的に熱中し、理論的なアプローチと思考錯誤的アプローチが合わさって、良い結果がうまれる。**【非認知能力が輝く】【授業内 STEAM 教育】**

⑨ 問題が難解で一部の生徒しか解答への見通しをもてず、見通しを共有して、集団での作業になった。**【+プロジェクト学習】【授業内 STEAM 教育】**

生徒も前述のとおり分類した。学習に困難さを感じていない生徒たちを A 群、学習にやや困難さを感じている生徒たちを B 群、学習に困難さを感じている生徒たちを C 群と表現して活躍した生徒。そして以下のような分析結果が生まれた。

実験器具の充足率 問題の難易度	低	中	高
低		銅板の酸化 ⑦ A,B	
中			船はなぜ浮くのか ⑦ 生徒 A,B,C 心臓のモデル ⑧ 生徒 A,B,C
高	地震波の速度測定 ⑨ A	活躍した生徒	

私はこの結果から二つの事を考察する。まず、**残された課題**に

応ずる、つまり全ての生徒が輝かせるため、私の STEAM 教育のために改善すべきことはまず、教材が十分に行き届くこと。できるなら一人一教材。そして問題の難易度が適切であることである。しかし、例外的な生徒が見られた。学力が低くても、教材をずっといじり続ける生徒である。彼らは正解に近づいたり、何か面白い発見をしていた。そこで**実践研究の可能性や発展性**を考える。社会ではいつも十分な環境が与えられていて、適切な難易度の問題に遭遇するわけではないと思う。ならばまずは教材が十分に行き届いた問題の難易度が適切である環境で自己肯定感を高めた上で、様々なパターンの問題に取り組んでみてはどうかと思う。また、あたりまえすぎて見逃しがちなのが、**生徒によって何に心を動かされるか分からない**ということである。だから理科は飲食店に例えるなら、専門店ではなくて、メニューの豊富なレストランでなければならない。

TIMSS の認知能力に対する生徒質問 (肯定的回答)		
	全国	本校
理科は得意だ	47.0	35.9

最後に統計データを用いた視点から書きたい。TIMSS の生徒質問において「理科は得意だ」という項目が本校では大幅に落ち込んでいる。実際 NRT など測定される点数としての本校の学力は低い。しかし、まずは理科への興味関心や自己肯定感を高めることで認知能力の向上も目指したい。

6. 成果の公表や発信に関する取組み

日産理科助成金記念ホームページ 長谷川型理科教育 <http://hasegawagatarika.work> にて日産理科助成金による研究成果を発表します。鹿屋市理科研究協議会で日産理科助成金による研究成果を発表予定。

7. 所感

「必要ない人間はいない」というのが私の教育信念である。「非認知能力」は目標や意欲、興味・関心をもち、粘り強く、仲間と協調して取り組む力や姿勢を中心とする力と言われているが、まだまだ多様な非認知能力があるはずである。そして、人はなんらかの非認知能力を持っているというのが「必要ない人間はいない」という私の教育信念の根拠である。私が特に注目しているのが「職人」という生き方である。学力が低くても、非認知能力が高い生徒は一流の「職人」になりうるだろう。また今や STEAM×Makers×起業家教育を探究的に学ぶ時代に突入している起業能力や経営能力にも非認知能力が大きく関係していると言える。実際に掃除機やエンジンを一度分解し、そこから再度組み直したりして、その仕組みを学ぶ実践も行われている。私が約20年の教員生活を通じて、ずっと願っていたこと。全ての生徒に笑顔をとという信念が私を STEAM 教育に導いた。生徒達の笑顔が増えるよう。卒業した生徒達が幸せになれるような教育改革を押し進める一助になりたいと願う。