

高等学校の新教科「理数科」に関する研究

千葉県総合教育センター
カリキュラム開発部科学技術教育担当
研究指導主事 中川 航太

1 主題設定の理由

PISA2015、TIMSS2015の調査結果より、我が国の生徒は、諸外国に比べて数学及び理科の学力はトップレベルにあるものの、学習に対する興味・関心・意欲について課題があることが指摘されている。また、人工知能(AI)に代表される技術革新や情報化、グローバル化が進展する社会においては、変化の先行きを見通すことが難しくなってきたおり、このような課題の解決に向けて、強い知的好奇心や自発的な研究態度、自ら課題を発見したり未知のものに挑戦したりする態度などの育成が求められている。

スーパーサイエンスハイスクール(SSH)では、生徒が自らの興味や関心などに基づいて様々な課題を設定して課題研究を行っており、その教育的な有効性について広く認められている。しかし、現行学習指導要領において、探究を重視する科目として設定された「理科課題研究」、「数学活用」の開設率は全国的に低い。このような経緯から、学習指導要領の改訂に伴い、数学と理科にわたる探究的教科「理数科」が新設された。

県内においても「理科課題研究」、「数学活用」の開設校、SSH指定校は少数であり、課題研究を指導した経験のある教師も少ない。そこで、新学習指導要領において新設される「理数科」の指導方法を調査研究し、教師向けのガイドブックを作成することを通して探究の学習の普及を図ることとした。

2 研究の目的

学習指導要領の改訂に伴い、令和4年度から始まる新設教科「理数科」において設けられた「理数探究基礎」及び「理数探究」の指導方法を明らかにする。

3 研究計画

(1) 研究年度1年目（令和元年度）

- ア 探究の過程についての理論研究
- イ 研究協力校からの情報・事例収集
- ウ 暫定版「理数探究の進め方」（仮称）発行

(2) 研究年度2年目（令和2年度）

- ア 評価についての理論研究
- イ 研究協力校からの情報・事例収集
- ウ 研究のまとめ
- エ 「理数探究の進め方」（仮称）発行

4 研究概要

現行理科課題研究について、先進的な取組を行っているスーパーサイエンスハイスクール(SSH)指定校3校を研究協力校として委嘱し、授業実践や校内・校外発表会等を通して情報収集を行った。また、様々な領域の6グループから実践事例をまとめた。

《研究協力校》

○ 県立木更津高等学校

〈クラス数〉 1 学年 8 クラス（普通科 7 クラス 理数科 1 クラス）× 3 学年

〈SSH指定校〉 平成28年度～ 4 年目

〈研究対象クラス〉 1 年生理数科 探究KISARAZU I （1 単位）

2 年生理数科 探究KISARAZU II （2 単位）

○ 県立佐倉高等学校

〈クラス数〉 1 学年 8 クラス（普通科 7 クラス 理数科 1 クラス）× 3 学年

〈SSH指定校〉 平成25年度～ 7 年目

〈研究対象クラス〉 1 年生理数科 佐倉サイエンス （1 単位）

2 年生理数科 SS課題研究 I （1 単位）

○ 県立長生高等学校

〈クラス数〉 1 学年 8 クラス（普通科 7 クラス 理数科 1 クラス）× 3 学年

〈SSH指定校〉 平成22年度～26、28～ 9 年目

5 研究内容

理数科の探究の過程は、次の 4 つがある。

課題の設定 → **課題解決の過程** → **分析・考察・推論** → **表現・伝達**

ただし、探究の過程は必ずしも一方向の流れではなく、探究の過程を適宜振り返りながら改善し、新たな課題を見付け、更なる問題の解決を始めるという学習活動を発展的に繰り返していく。

それぞれの過程での指導のポイントや注意点などを実践例とともにまとめた。

(1) **課題の設定**

自然や社会についての観察や経験などから、探究の過程における課題の設定を行うための力を育成する。

ア 身の回りの事象に対する気づき

自然事象や社会的事象等に関心をもたせ、問題意識をもたせるような働きかけやその機会をつくる。

(ア) 教科の授業やホームルーム等で日常生活にある不思議を取り上げ、生徒の興味・関心を喚起する。
(佐倉)

【資料 1】主体的に課題設定を行った例（佐倉）

校舎の壁のひび割れが三又になっている
(生徒の気づき)

ア 自然事象
に対する
気づき

↓
この分かれ方は葉脈に似ている (教師の助言)

↓
先行研究の調査・予備実験の実施

- ・「葉脈形成の 2 つの仮説と数理モデル」
- ・「ひび割れ方向性を考慮した覆工コンクリートの健全度評価法」
- ・校地内植物の葉脈の顕微鏡観察

イ 課題の
設定

↓
〈研究テーマ〉

「植物の維管束と肥大成長の関係を単位
パイプモデルで考察する」

(イ) 大学や企業等の外

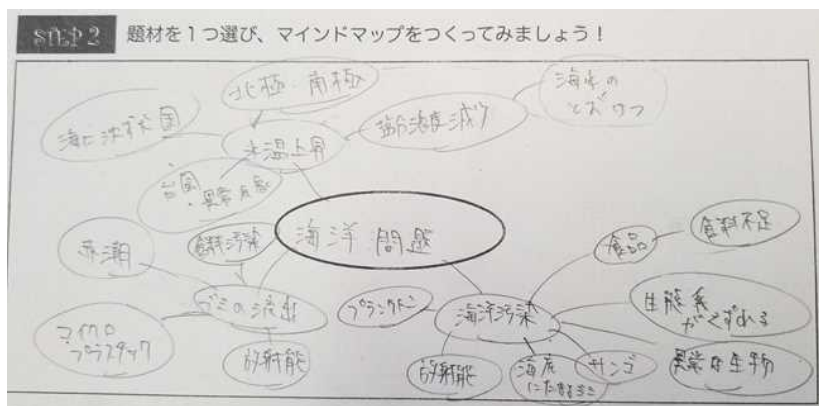
部機関による出張講義等を放課後や土・日、夏季休業中に実施する。

(木更津、佐倉)

イ 課題の設定

生徒の疑問や問題意識が具体化していくように、言語化させたり、その意味を問いかけたりする。

- (ア) 2年時からのテーマを考えることが1年時春休みの宿題である。その後、類似したテーマをもつ人とグループを作り、テーマを設定する。(木更津)
- (イ) 一人一研究の方が探究の効果は高いが、コミュニケーション能力の育成も目標の一つであるため、基本的には複人数のグループを作る。(木更津)
- (ウ) 生徒の興味・関心からマインドマップ(図1)を作成し、さらにテーマの候補から視点、切り口を考えていく。(佐倉)
-
- 【図1】マインドマップ(佐倉)



【図1】マインドマップ（佐倉）

【資料 2】令和元年度研究テーマ（2 年生）（木更津、佐倉）

〈木更津〉（11 テーマ）

- 「糸電話の音の伝わり方」 「宇宙風船撮影」
「すっとびボールを構成するスーパーボールの反発係数について」
「エッグドロップ（羽の枚数による落下速度の変化）」
「COD と飲料水の腐敗度の関係」 「洗濯物の生地と洗剤との関係」
「日焼け止めの効果について」
「砂糖による甘みを感じる濃度のばらつきについて調べる」
「千葉県南西部における約 50 万年間のアサリの形の変化」
「数列の計算量」 「カンが当たるのかどうか トランプを使って」

〈佐倉〉（15 テーマ）

- 「素材に頼らない防音」 「簗から学ぶエコな雨合羽」 「泥はね減らし隊」
「集音レンズを用いた新たな通信機器の開発」
「ビスマス極板を用いた電気分解における色の変化と条件」
「米におけるメイラード反応の防止方法」 「藍抜染における糖類の効果」
「染色能力における硬骨染色剤の使用」
「濃硝酸と銅を用いた二酸化窒素の発生実験での液色について」
「溶けないアイスをつくる～イチゴの成分を混ぜることで溶けにくいアイスをつくる」
「植物の分枝部分における２タイプの道管分配構造について」
「ウズラ卵の模様についての考察」 「アナタカラダニ類の行動と食性について」
「アサリの光反応の条件」 「キュウリの果肉による発芽抑制物質を突き止める」

(2) 課題解決の過程

設定した課題を解決するために、数学的な手法や科学的な手法などを適切に選択し、探究の過程を遂行する力を育成する。

ア 仮説の設定

既知の知識や先行研究、予備調査の結果などにに基づき、課題に対する仮説を立てることで探究の見通しをもてるようになる。

【資料 3】予備実験、先行研究の調査により探究の見通しを立てた例（佐倉）

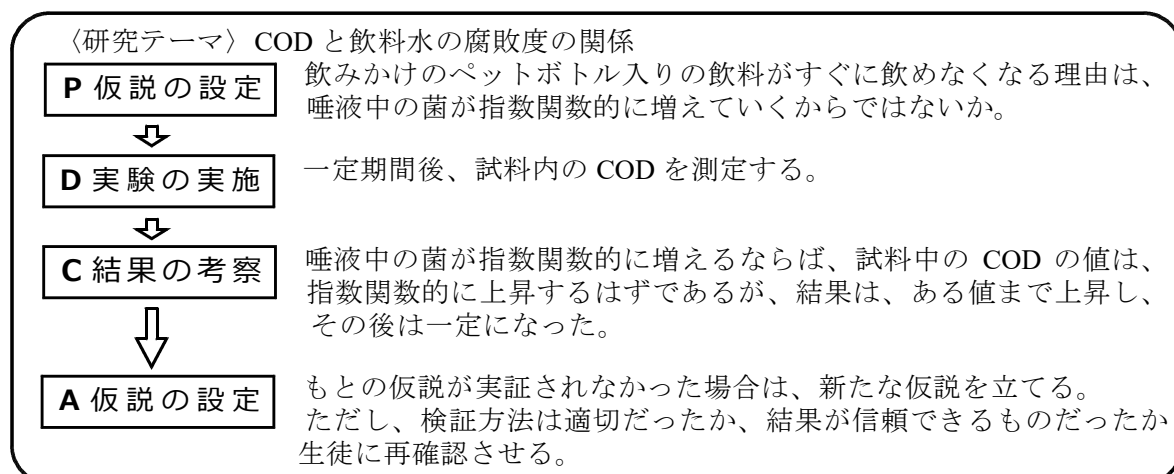
＜研究テーマ＞ 集音レンズを用いた新たな通信機器の開発
 ＜目 的＞ イルカのメロンという器官は集音レンズの役割を果たしている。
 この仕組みを調べ、水中での通信手段を開発する。
 ＜予備実験＞①その現象が起こることを確かめる。
 イルカのメロンは脂肪からできている。油（キャノーラ油）を脂肪に見立て、この現象が起きるかを確かめた。
 実験：油を入れたフラスコが音を集めることを確認する。
 結果：油をレンズとしたときには、焦点 10cm で 4db 上昇した。
 ②先行研究の実験方法から学ぶ。
 実験方法を調べた。
 球面レンズの絶対屈折率、球面レンズの焦点距離は先行研究（東京海洋大学 海洋音響／水中音響研究）サイトの計算をもとに算出した。

イ 検証計画の立案

仮説を検証するためにどのような観察、実験、調査等を行い、どのように分析を行うかなどの見通しをもつ。

設定した仮説を検証するための実験を繰り返す。

【資料 4】仮説と検証のスパイラル（PDCAサイクル）の例（木更津）



ウ 観察・実験の実施と結果の処理

目的を明確にして実験操作を安全かつ正確に行うとともに、適切に条件制御を行う。実証性・客観性・再現性を意識し、実験を行う際の環境や器具に関する情報等も記録する。

(ア) 得られた結果を数値化する（定量的に表す）ことで客観性が生まれ、関係や法則性が見えるようになる。（佐倉）

【資料 5】定量的に表した例（佐倉）

＜研究テーマ＞
 ビスマス極板を用いた電気分解における色の
 変化と条件

極板の色の変化は、目で見た色には個人差があるため（定性的）、変化した色を RGB 値に変えて数値化し（定量的）、客観的に判定した。



【図 2】実験の様子（佐倉）

(イ) ノートは持ち帰らせずに授業後に提出させる。データのねつ造等の不適切な行為を防ぐとともに、教師からのフィードバックを行う。(木更津)

ノート評価ルーブリック(図3)を生徒に提示し、実験で得られたデータだけでなく、議論した内容、気づき等の記録の重要性を認識させる。(佐倉)

SS課題研究のノート評価ルーブリック(主に理科)						
観 点	項 目	(4) 求めているレベルに充分に達している	(3) 求めているレベルにおおむね達している。	(2) 求めているレベルにもう少しで達する。	(1) 求めているレベルに達するにはかなりの努力が必要である。	教員の評価() 内 の 数 字 で 記 入
ノートの書き方	活動日時の記入(年・月・日)	活動日時(年・月・日)がいつも定まった場所に記入できている。	活動日時(年・月・日)を記入はできている。	活動日時(年・月・日)が不十分だが記入できている。	いつ行われた活動かここにも明記されていない。	
	必要事項の記録	実験再現のための必要な事項(操作・手順・装置等)がわかりやすく記載されている。	実験再現のための必要な事項(操作・手順・装置等)が記載されている。	実験再現のための必要な事項(操作・手順・装置等)の一部が記載されている。	実験再現のための必要な事項(操作・手順・装置等)がほとんど記載されていない。	

【図3】ノート評価ルーブリック(一部抜粋)(佐倉)

(3) 分析・考察・推論

結果を分析・考察したり、全体を振り返って改善策を考えたりする力や、新しい課題を発見したりする力を育成する。

得られたデータを分析し、傾向や法則性、特徴などを見いだして考察し推論することで、仮説を検証する。その際、科学的な根拠などを踏まえ、論理的な思考に基づいて行うように指導する。

教師が生徒とともに探究を進めることで、生徒の状況を把握し、的確に指導・助言をすることができる。(木更津、佐倉)



【図4】生徒への助言の様子(木更津)

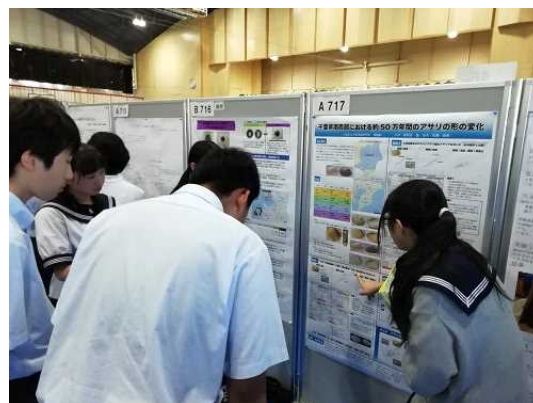
(4) 表現・伝達

探究した過程を整理する力や探究の成果などを適切に表現する力を育成する。

発表では、他者に対して分かりやすく説明し、様々な視点からの評価や助言を受けさせる。報告書は、設定した課題について探究の目的、仮説、方法、結果、分析、考察、推論、新たな課題、参考文献等の要素が含まれるようにする。

ア 発表

(ア) 9月末の千葉大学高校生理科研究発表会、3月末の千葉県課題研究発表会には、2年生全員が発表者として、1年生全員が参観者として出席する。2年生は他校の生徒や専門家からの助言を受け、改善するよい機会となる。1年生は1年後の自分の姿として見通しをもつことができるとともに、自身の課題を設定するきっかけとなる。(木更津、佐倉、長生)



【図5】ポスター発表の様子(木更津)

- (イ) 校内にて2年時の5～6月にテーマ発表会、後輩や普通科生徒に向けての発表会等を設定している。(木更津、佐倉、長生)
- (ウ) 生徒が評価者となる。評価用紙にコメント欄を設け(図6)、「問題点を指摘して、どのように改善すればよりよい発表になるのか、改善策を提案しなさい」と指示する。生徒に記述の観点を明確に伝えとともに、批判的思考の育成や客観的に自己を見る目の育成につながる。(長生)

ポスター発表評価シート						1年
班	A 発表内容	B 発表資料	C 考察	D 態度・マナー	コメント・メモ	総合評価
班	伝えたい内容が相手に的確に伝わっているか。 知らない人でも理解できる説明か。	分かりやすくデザインされているか。 思わず引きつけられる魅力など。	調べた内容だけでなく、自分たちの考えも論理的に述べているか。	発表にあふさわしい態度で、礼儀正しく行うことができたか。 音声は明確か。	内容に対してコメントが3つと◎ 改善点についてのアドバイス わかりにくかった所	A～Dの合計点
1班	5 4 ③ 2 1	5 4 3 ② 1	5 4 ③ 2 1	5 4 ③ 2 1	化学反応式の部分を詳しく説明するところ、わかりやすかった。ポスターのバランスも良く見えた。	11
2班	⑤ 4 3 2 1	5 4 ③ 2 1	5 4 ③ 2 1	5 4 ③ 2 1	話し方が上手でとてもよかった。一方時に話速が速いところがあり、聞き取りづらかった。改善点として話速をもう少し遅くしてほしい。	14
3班	5 ④ 3 2 1	5 ④ 3 2 1	5 4 ③ 2 1	5 ④ 3 2 1	発表の順番もポスターに書いてある通りだった。ポスターのデザインもとても良かった。発表内容もとても面白かった。	15
4班	5 4 ③ 2 1	5 4 ③ 2 1	5 4 3 ② 1	5 4 3 ② 1	ポスターのデザインが良かった。話し方もとても良かった。発表内容もとても面白かった。	10
5班	⑤ 4 3 2 1	5 ④ 3 2 1	5 ④ 3 2 1	5 ④ 3 2 1	話し方にとても自信があり、聞き取りやすかった。ポスターのデザインもとても良かった。発表内容もとても面白かった。	17

【図6】ポスター発表評価シート(長生)

イ 論文作成

全体説明の時間を確保し、論文の作成方法を説明するとともに、評価の観点を生徒に示す(図7)。(木更津)

課題研究論文についての評価の観点		
項目	内容	段階
1 提出	期限までに提出できた。	期限の日時までに提出できた。
2 体裁・構成	はじめに、実験方法等の構成が適正で、執筆要領を守って書かれている。	論文の構成が適正で、執筆要領を全て守って書かれている。
		6ページの分量を十分に使って論文が書かれている。
		論文の構成を整えて書かれている。
3 要旨	研究の要旨が指定した文字数で書かれ、かつ内容が的確である。	和文要旨の内容が的確でわかりやすい。
		和文の要旨が指示された文字数で書かれている。

【図7】論文作成における評価の観点(一部抜粋)(木更津)

(5) その他

ア 授業目標の設定

年度初めの授業で学習の目標(資料6)を示し、探究の意義を理解させている。
(木更津、長生)

【資料6】授業目標(木更津)

- 科学的探究力 : 科学的に考え、探究していく力、論文やプレゼンなどの表現力
- コミュニケーション力 : グループで協力して課題に取り組む
- 開拓力 : 自分が興味を持ったことに挑戦していく

イ 評価項目を事前に伝える

教師がどのような基準で判断すればよいのか、教師にとって一貫した評価の観点となるだけでなく、生徒に評価を提示して理解させることで、評価項目を意識して学習を進めることができるようになる。(木更津、佐倉、長生)

ウ 1年生での取組

- (ア) 教師が設定した課題(資料7)を探究することで探究の過程を理解する。
(木更津)

【資料7】教師が設定した課題について探究(12月～3月)(木更津)

物理：粘性と比熱の関係 エッグドロップ選手権のための研究
化学：河川水のCODの測定 教室内の二酸化炭素の測定
生物：アナカリスの原形質流動を調べる 味覚について調べる
果実に含まれるタンパク質分解酵素を調べる
地学：密度の測定(地球と岩石) 化石の殻形態の測定(地層と化石)

- (イ) 1年時に観察、実験、調査等についての基本的な技能を習得させる(資料8)。(木更津、佐倉)

【資料8】1年時 実験・実習授業(木更津、佐倉)

<木更津1年 4～11月>

物理：有効数字 指数計算と応用 等速度運動①②③④ ばね振り子実験①②
化学：ガラス細工 物質量の計算 化学反応と量的関係 鉄の旅
中和滴定①② 反応速度の測定①②

<佐倉1年 4～11月>

数学：パズルの数学 立体図形 算数の教科書を読む(英語)
物理：落体による重力加速度の測定 空気の重さの測定 温度計とのつきあい方
化学：クスノキから樟脳の分離実験 気体の質量を測定しよう！
分子1個の長さや質量の測定をしよう！
生物：フィールドに出よう！ 微生物を培養するには(無菌操作)
少量のサンプルから全体を推定する方法(標識再捕法)
地学：地球の大きさを測ろう！ 火山灰から宝石？を探せ！
太陽放射エネルギーを測定しよう

エ 教師の連携

毎授業後、時間割内に授業担当者が同時に空く時間を設定し、会議を行う。

各グループの状況確認、教師のレベルアップを図る。(木更津)

オ 教育課程・時間割

- (ア) データ作成や発表ポスター作成を考慮し、「情報科」の履修を3年生から1年生に変更した。(佐倉)
(イ) 授業は、その日の一番最後に設定されている。授業の前に帰りのSHRを終え、授業はグループごとに終える。(佐倉、長生)

6 研究のまとめ

今年度の研究協力校での情報収集及び理論研究により、理数科における指導のポイントを以下に4つあげる。

(1) 目標の共有と評価項目の提示

教師にとって、「どのような生徒を育てるのか」、「どのような資質・能力を育てるのか」を明確にすることで、複数の教師が一貫した指導ができるようになる。

また、探究は自由度が高く、生徒にとって「何のための授業なのか」、「どこに向かっていけばよいのか」が分かりにくい。授業目標や評価項目を提示することで生徒に見通しをもたせることができる。

(2) 主体的に取り組むための時間の確保と進度の調整

生徒が主体的に取り組むことができるよう、試行錯誤したり、振り返ったりするための時間や場面を十分に確保することが大切である。一方、探究の進度は個人・グループによって異なり、すべての時間を一斉に指導することは難しい。

研究協力校では、各探究の過程ごとや発表会を区切りとして、各個人・グループの探究の進度を調整している。

(3) 課題の設定

研究協力校では、探究を進める上で最も重要な段階を課題の設定と捉えている。1年時の各科目の基礎実験や先輩の発表会の参観など、生徒が様々な事象を視野に入れ、主体的に課題を設定できるようになるための工夫が施されている。

また、1年時には教師が設定した課題から探究が行われており、これは理数科の「理数探究基礎」にあたる。「理数探究基礎」では、課題の設定を行うための基礎的な力を育成することがねらいである。学校や生徒の状況に応じて、教師側がいくつかの課題を設定して生徒に選択させたり、教師側が大きな課題を設定したりして、そこから生徒が絞り込むような、段階的な指導が有効である。

(4) 「理数探究基礎」と「理数探究」

「理数探究基礎」は、探究の過程全体を遂行する上で基本的な知識及び技能を身に付け、探究の意義の理解、主体的に探究に取り組む態度等を育成する科目である。「理数探究」は、「理数探究基礎」などで身に付けた資質・能力を活用して、自ら設定した課題について主体的に探究し、これらの資質・能力をより高めていく科目である。研究協力校においては、1年時に実験・観察・調査等の基本的な知識及び技能の習得と探究の過程の理解をさせ、2年時から主体的に探究を進めている。

7 今後の展望

今年度末には、理数科における探究の過程の指導方法が分かるガイドブック（暫定版）「理数探究の進め方」を作成し、千葉県総合教育センターWebページに掲載する。このガイドブックは、探究を指導する経験が浅い教師が手に取って指導方法が分かるものとする。理科・数学の教師が、探究の指導に関心を抱くものとする。構成としては、探究の各過程において指導のポイントとその事例を示し、さらに教師が指導内容を確認することができるようにチェックリストを設けた。

来年度は、さらに情報収集を進めることで「理数探究基礎」及び「理数探究」の指導方法を明らかにし、生徒の実践事例を盛り込み、より現場の先生方の指導に役立つガイドブック（完成版）を作成し、配付する。