

三重県立上野高等学校みらい探究Rの活動記録

～さらなる高みを目指して～

三重県立上野高等学校 教諭 岡田 峰尚

要 約

本校は、明治 32 年（1899 年）の創立以来 120 年続く伝統校であり、多くの卒業生が国内外で活躍するなど、地域から大きな期待が寄せられている。理数科は設立から 15 年目となり、各学年 1 クラス設置されている。上野高校理数科は地域の特進クラスとしても位置付けられていることから学習面に取り組み進学実績の充実をはかることが求められている。また、令和元年度より SSH の指定を受け、令和 5 年度で SSH 指定 5 年目となる。既存の理数科の取組みを踏襲しつつ科学的能力及び技能並びに科学的思考力、判断力、表現力を培い、将来国際社会で活躍し得る科学技術人材の育成を図ることを目的に上野高校では様々な探究活動を充実させている。主な活動として、理数科が取り組む学校設定科目「みらい探究 R」や SSH に関する活動と成果、課題を紹介する。

1 本校の概要

本校は、忍者や松尾芭蕉の生誕の地として有名な三重県伊賀市に位置する明治 32 年（1899 年）の創立以来 120 年続く伝統校である。多くの卒業生が国内外で活躍するなど、地域から大きな期待が寄せられている。ほぼ全ての生徒が大学進学を希望し、約半数が理数系大学に進学する。また難関といわれる国公立大学にも一定数が進学している。令和元年度より SSH の指定を受けており、先進的な科学技術、理科・数学教育を通して、科学的思考力、判断力、表現力を養い将来国際社会で活躍する科学技術人材の育成を目的としている。

表 1 令和 5 年度在籍生徒数（全日制）

学年	学科	学級数	生徒計(男:女)
1 年	普通科	1	240(113:127)
	理数科	6	40(24:16)
2 年	普通科	1	278(151:127)
	理数科	7	40(24:16)
3 年	普通科	1	265(137:128)
	理数科	7	39(24:15)

2 理数科の取組み

上野高校理数科は 1 学年 1 クラス(40 名)を設置している(表 1)。理数科では、学校設定科目「みらい探究 R」において理数に係わる様々な探究活動に取り組んでいる。1 年生:「みらい探究 R I」、2 年生:「みらい探究 R II」、3 年生:「みらい探究 R III」の授業を理数科全員が履修する(表 2)。年間を通して様々な行事を学年の壁を越えて実施している(表 3)。さらに卒業生と課題研究の評価や、企業見学の受け入れなどといった形で連携している。主な理数科行事を次に示す。

(1) 理数科ミーティング

4 月に理数科ミーティングとして全学年で顔合わせを行い、座談会形式で上級生から下級生へ向けて理数科行事の内容や学校生活の過ごし方を紹介している(図 1)。

その際、学年で協力して行事をともに取り組むこともあるためレクリエーションを実施して交流を深めている。特に学年間の行事では、理数科合宿と理数科体験講座がある。

半導体企業である「ローム株式会社」を訪問し、半導体をどのような場面で活用していくことができるかグループに分かれ、議論、発表を行った(図3)。



図3 ローム株式会社でのグループ学習

また、理数科合宿中に1年生は2年生へむけて7月に取組んだ三重大学伊賀研究拠点実験実習の内容についてポスター発表を行う。1年生から2年生と理数科の卒業生に向けて発表を行うことで交流を図るとともに2年生の評価者としての力も育成する(図4)。



図4 1年生によるポスター発表

(3) 理数科体験講座

理数科体験講座も1、2年生が取組む行事である。上野高校理数科へ進学を希望する近隣の中学3年生にむけて理科・数学の講座を実施している(図5)。実施する内容に関しては、2年生が中心となり1年生がサポートを行う。実施する内容は理数科で体験したことをもとに考案している。具体的には、理科講座は1年次に取組んだ三重大学伊賀研究拠点での実験実習を中学生にも理解できる内容に作り変えて行っている。数学講座では、数学科の教員に助言のもと高校数学を中学生が班で協議しながら学ぶことができる内容としている。



図5 理数科体験講座(理科・数学)

3 学校設定科目「みらい探究RI」

(1) 課題研究基礎

みらい探究RIでは年間を通して、2年生の課題研究の基礎となる課題研究基礎に取り組む。内容としては物理・化学・生物・地学の4分野を実施している。すべての分野で探究的な思考が含まれるような課題を展開している。今年度は1学期に生物分野と物理分野に取り組んだ。

生物分野では、上野城公園を調査地として上野城公園内に生育する樹木の炭素蓄積量から、どれくらいの炭素が森林にストックされているのか求めた。樹木が蓄える炭素量は、調査する樹木の胸高直径(DBH)と樹高(H)から以下の推定式を用いて幹重(W_S)、枝重(W_B)、葉重(W_L)を算出し、地上部重(W_T)をそれらの和として算出することができる(図6)。



図6 樹木の胸高直径の測定

$$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.9326}$$

$$W_B = 0.00602 (D^2H)^{1.027}$$

$$W_L = \sqrt{\left[\frac{26}{(W_S + W_B)} \right] + 0.02}$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L$$

推定式は常緑広葉樹の場合である。落葉樹や針葉樹を調査対象とした班は別の推定式を用いて求めた。求めた樹木の炭素蓄積量を二酸化炭素量に変換し、生活上で排出される二酸化炭素をまかなうためには調査樹種が何本必要になるかを班毎に考察した。各班で自動車や発電等により排出される二酸化炭素量を調べ、必要な樹木数を求められていた。また昨年度は京都大学、いきもの倶楽部 KONOMI と連携して大型両生類の解剖実習を行った(図7)。昨年度、体験した生徒から高評価であったこともあり今年度も行う予定である。



図7 解剖の様子

物理分野では、例年、1本の針金を用いてコマの作成を行っていた。どのような構造にすれば長く回るコマが作製できるか試行錯誤しながら作製した。今年度は内容を変更して「振り子の周期を正確に計測する」というテーマで行った。変更理由としては、数値を扱い、統計処理に取り組むこと、授業で学習する内容と結びつけるためである。今回の内容は、物理チャレンジ2023の課題実験を簡易化したものである。はじめに、基礎実験を行い振り子の周期を理解した後、どのような工夫をすれば振り子の周期を正確に計測できるかを班毎に考察した。各班で糸の長さや重さ、測定位置、角度など試行錯誤する姿がみられた(図8)。そして最後に工夫した内容と測定値を班毎に発表した。



図8 振り子の周期の測定

化学分野と地学分野については、2学期以降実施する。昨年度の化学分野では、「きれいな鏡を作製しよう」というテーマで行った。銀鏡反応の基礎実験を行ったのち、よりきれいな鏡を作成するにはどのように実験方法を工夫すれば良いのか各班で考察をたて発展実験に取り組んだ。地学分野では平松式ペットボトル人工雪発生装置を作成し、基礎実験を行った。糸の太さ、材質、ドライアイス、水蒸気量などの要素を変え、いかにしてペットボトル内に多量の雪を生成できるかの最適条件を求めた。課題研究基礎の4分野では、最後にまとめとして発表またはレポートによる成果報告を行っている。

(2) ミルボン研修

地元企業である株式会社ミルボンの社員の方による界面活性剤のはたらきについて演示実験、カラー染色試験、従業員の方々が普段行っているカラー定量試験、香料を用いたシャンプーとコンディショナー作りを行った(図9)。また、実習後にはミルボンの社員の方とのディスカッションの時間を設け、自己の進路を考える機会とした。



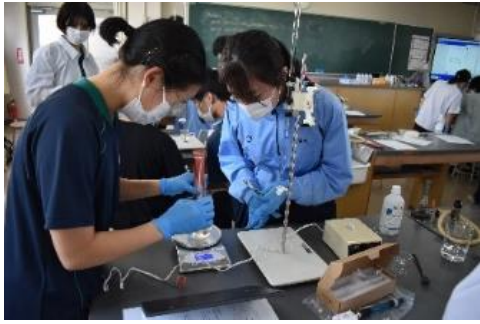


図9 カラー定量分析の実験

(3) 三重大学伊賀研究拠点実験実習

三重大学伊賀研究拠点での高大連携実習を理数科1年生対象に実施している。昨年度は「水の硬度」をテーマとしてキレート滴定法を用いて身の回りの水の硬度測定、硬度と洗剤の関係性を調べた。今年度は「微生物による有機物の分解」というテーマで土壌中や河川の石に付着している微生物による有機物の分解速度を計測する。

分解速度の計測とともに普段目にするものではない微生物を顕微鏡で観察し、分類を行い、生物の多様性についても実感することができた。この実験の過程で、有機物は無機物に分解され、植物に取り込まれ生態系を循環していること、富栄養化やアオコの原理と問題点について理解することができた。この実験実習での内容をポスターにまとめ理数科合宿にて発表を行う。評価者は、理数科2年生、卒業生、上野高校教員である。また、希望者が三重大学産学官連携セミナー、みえ探究フォーラム2023での発表を行う。昨年度、実験実習を体験した生徒がその内容を発展させ今年度、「水生植物を用いた硬水の軟水化」というテーマで課題研究に取り組んでいる。

(4) 臨海実習

昨年より三重県の高校の生物等が合同で行う臨海実習に希望した理数科1年生が参加している。今年度は8月3-4日の1泊2日で県内6校が参加した。志摩市にある座賀島にて海洋生物の採集、夜間のプランクトン採集、県内の生物教員による海洋生物についての講義、水産高校の海の生き物に関する施設の見学、釣り、魚類実習、実習の最

後には他校と合同チームでの発表会を行った(図10)。臨海実習を通して海の生き物に触れ、海の生態系を学ぶとともに伊勢湾の海洋環境を学習することができた。学習面以外にも他校生徒との交流する姿がみられ生徒のコミュニケーション能力の育成につながった。



図10 磯生物の解説、水産高校での実習

特に磯焼けの発生要因や磯焼けによる生物への影響など環境問題への知見を広げることができた。三重大学伊賀研究拠点での高大連携実習と同様に昨年度臨海実習に参加した生徒が、実習の内容を発展させ課題研究のテーマとして今年度取り組んでいることは、大きな成果である。

(5) 皇學館大学実験実習

昆虫生理学を専門とする皇學館大学中松研究室の院生や学部生に來校していただき免疫の実験（食作用）を行っている。免疫による食作用の実験は生物基礎の教科書に記載されているものの、なかなか実際には取り扱われない実験であるが、皇學館大学では食作用の観察の簡易化が確立されている。その手法によりが実験動物であるアワヨトウの幼虫を用いて食作用を観察した(図11)。観察された免疫反応が自己のからだでも起きていることを理解することができた。



図11 食作用の観察

(6) 東京キャリアアップツアー

東京キャリアアップツアーは、自己の将来のキャリアを考えることを目的として、東京で勤務する上野高校の卒業生の企業を班に分かれて訪問する。昨年度は、ライフネット生命、i-Plug、TIS株式会社、日立製作所、三菱総合研究所、旭化成、サイオステクノロジー、ネット・プロダクションズを訪問した。企業訪問だけでなく、卒業生から高校時代に学校生活をどのように過ごしたか、どのようにして大学を選んだのかなど様々な進路実現に関わる話をしていたらいている。(図12)。



図12 卒業生が勤務する企業への訪問

宿泊先でも、関東の大学に進学した卒業生から大学生活や研究活動について話を聞く機会を設けている。例年2日目は関東の大学のキャンパス見学を行っているが、昨年度は日本科学みらい館を訪問し、先端技術に触れ、科学技術に対する関心を高めることができた。今年度の2日目はつくばサイエンスツアーを実施する予定である。訪問先としては、国立科学博物館筑波実験植物園、つくばエキスポセンター、サイバーダイナミクス、国土院地図と測定の科学館である。

4 学校設定科目「みらい探究RⅡ」

(1) 課題研究

上野高校の理数科では、2年生より課題研究に取り組んでいる。例年では、個人が考えたテーマをもとに班を編成し、グループでの活動としていたが、今年度より班での研究ではなく個人での研究に変更した。班での活動とした場合、自己の関心のある分野でないものに取り組むことになってしまったり、班員の一部に負担が偏ってしまったりしていた。個人の研究に変更したことにより生徒自身が興味のある分野に取り組むことができ、班での活動時と比較して主体的に研究に取り組む生徒が多く見られる。さらに、一人でテーマを考え、先行研究を調べ、実験方法を考案し、結果のまとめ、考察と結論、発表、論文作成をすることで研究の工程を遂行する力の育成が期待される。また、例年であれば2年次の4月からテーマを考えていたが、今年度は1年次の3学期からテーマを考え始めた。具体的には、仮テーマの設定、先行研究、学術的意義、仮説、1年間で実験可能かどうか、必要な物品、実験方法、予想される結果について各自でまとめた。

テーマ設定に関しては、こういったテーマに取り組めば課題研究として十分なのか問題であった。生徒自身が考えたテーマをそのまま研究するのではなく、昨年度から校内の教員最低2人から助言を受けることでテーマをより深く考えることができた。生徒自身が教員に助言を求め

る過程で、「なぜこのテーマで取り組むのか？」といった自己のテーマの学術的意義を述べられることを重視した。1年次でここまでの活動を進めておくことで、2年生になるまでの3月や2年次の4月から実験や調査の開始が可能となった。探究活動の時間確保にもなった。

個人研究となったことで、意欲的に取り組む生徒が増え、大学や専門機関との連携も増加した。現在、三重大学、三重大学伊賀研究拠点、鳥羽水族館等に試料の提供、実験・調査方法、解析方法について助言をいただいている。具体例として「タブノキの種子の発芽特性」について研究している生徒は、三重大学内に生育するタブノキを案内してもらい種子の採集を行った(図13)。種子の発芽条件の温度設定、サンプル数等の実験条件や先行事例に関してアドバイスをいただいた。また「伊賀市におけるセイヨウタンポポとカンサイタンポポの割合」について研究している生徒は、セイヨウタンポポとカンサイタンポポ、雑種タンポポのDNA解析の手法について御指導いただいた(図14)。



図13 三重大学構内でのタブノキ種子採集



図14 PCRと電気泳動の実験

「古代魚の鱗の強度の比較」について研究している生徒は様々な施設に主体的に問い合わせ、鳥羽水族館から飼育下で死亡したアリゲーター1個体を譲っていただいた。

(2) 京都大学エネルギー理工学研究所訪問

京都大学エネルギー理工学研究所を訪問し、大学の専門施設を見学することで、最先端の科学技術に触れ、科学に対する興味関心を高める(図15上)。さらに京都大学の院生との懇談を通して大学に入ってから自分と大学卒業後の研究者としての自己をイメージする機会を設けている。懇談会を通して、研究に関するだけでなく、自分自身が抱えている悩みについてのアドバイスを受けたり、大学生活や大学院生としての生活のイメージを持ったりする機会としている(図15下)。



図15 京都大学エネルギー理工学研究所

(3) みえ探究フォーラム2023

三重県内の高校生が取り組んでいる探究活動について発表する「みえ探究フォーラム」に課題研究成果報告会にて高評価を得た上位2つの班が参加している。ここで受けた質問や評価をもとに内容を深化させ、SSH生徒研究発表会や

SSH 東海フェスタで発表する。

また、理数科1年生の希望者が三重大学伊賀研究拠点での高大連携実習の内容を発表することで1年生から研究発表の回数を確保している。

5 学校設定科目「みらい探究RⅢ」

(1) 課題研究の論文作成

3年生では2年生で1年間かけて取り組んだ課題研究を論文としてまとめる。3年生の1学期に2年次の課題研究成果報告会で受けた問に対しての追実験を行い、より研究成果を深め、論文を作成する。学術論文となるように理数科主任が科学的な論文の書き方を説明する。加えて各担当教員が、生徒が書き上げたものに対して添削を行う。全校体制で取組んでいるため、国語科の教員を中心に表現の仕方や論理的に伝わる文章になっているかどうかの確認を行う。2学期には、1学期に作成した論文の英訳を行い、英語による表現力を育成する。論文を英訳することから、3年生理数科の副担任を英語科の教員としている。副担任とALTを中心に英語の論文の添削を行い、日本語と英語の論文集を発行する。

(2) 各種発表会への参加

課題研究において高評価を得た生徒はみえ探究フォーラム、SSH 東海フェスタ、JSTが主催するSSH 生徒研究発表会等に参加する(図16)。その他にも自己の研究内容の専門である学会での発表を目指す。今年度は日本生態学会での高校生ポスター発表の部でのポスター発表、関西自然保護機構への論文投稿を行う予定である。



図16 令和5年度SSH 生徒研究発表会

6 SSH 指定校としての理科に関わる活動の一例

(1) 三重県レッドデータブック調査同行

6月に三重県のレッドデータブック調査(植物)が伊賀で行われ、その調査に理数科4名、普通科1名の生徒が参加した。大学教授や他府県の生物教員等の方々と伊賀の湿地に赴き、絶滅危惧種である植物の観察、湿地の環境調査を行った(図17)。植物の調査方法や三重県または日本の絶滅危惧種の状況を学ぶとともに、環境保全や環境変動について理解を深めることができた。また、専門家と直接話をすることで専門家の知識量の多さ、専門性などを実感している様子がうかがえた。さらに植物に対する興味が高まり自己の視野を広げる機会ともなった。



図17 希少植物の観察

（２）科学オリンピック等への参加

上野高校ではSSHに指定されて以降、科学オリンピック等の各種コンテストに挑戦している。今年度は物理チャレンジに4名、生物オリンピックに3名が参加した。数学オリンピックにも10名程度が参加する予定である。各種オリンピックへの参加者は年々増加傾向である。

（３）青少年のための科学の祭典

SSHの取組みの一環として今年度から理数科を中心に「科学の祭典」に出場し理数科での取組み内容を近隣の小中学生へと展開していく。小中学生への理数教育の普及により、伊賀名張地区での科学技術人材育成に貢献していきたい。

（４）大学や専門企業への訪問

理数科2年生の「理数生物」を選択した生徒は三重大学生物資源学部でPCR法と電気泳動を全員が体験する。自己の口内上皮細胞に含まれるDNAをPCR法により増幅し電気泳動を行うことで、同じヒトであってもわずかに遺伝子の差異が存在することを実感する機会とする。また「理数物理」を選択した生徒は、関西光量子科学研究所を訪問し、普段授業で学習している内容をより深めていく。

（５）海外（台湾）研修

今年度から新型コロナウイルスの影響で中止となっていた海外（台湾）研修を2年生の希望者を対象に実施する。台湾では国立南科国際実験高級中学を訪問し、課題研究の相互発表を行い、現地生徒から受けた質問や評価をもとに自己が取組む課題研究を発展させていく。また、英語による発表を行うことで、将来国際社会で活躍できる科学技術人材に必要となる表現力を身に付けることができる。

7 理数科・SSHの活動における成果と課題

理数科やSSHでの取組みにより科学分野に対して興味関心を持つ生徒は増えた。思考、判断、表

現力や論理的に考察する力を育成するカリキュラムを構築していく。令和5年度は、課題研究をグループから個人研究に変更したことで、各個人が自己の興味ある分野に取組み、主体的に活動する生徒が増加し、個人でテーマ設定から発表までの一連の研究工程を経験することで科学技術人材に必要な力、姿勢を育むことができた。また、研究に対する興味関心の向上や、大学、各企業との連携を充実させることができた。来年度以降、さらなる研究の広がりや深化が期待でき、より高いレベルでの探究心の構築へとつながる。理数科における課題研究の科学的アプローチ等の取組みを普通科にも展開していきたい。

一方で、理数科の取組みが理数科を受け持つ教員や課題研究担当教員が関わるのみとなっている。理数科行事の内容を知らない教員もおり、校内全体へ活動の周知がきちんとされていない実情がある。理数科のさらなる発展のためにも理数科行事に関わっていない教員や新しく赴任した理数科未経験の教員に対して校内への活動発信に取り組む必要がある。

昨年度までは8人の教員が課題研究を担当していたが、個人研究に変更したことから理科の教員を中心に11名へと増加させた。このことにより課題研究を担当する教員が受け持つ生徒数は減少したものの、教員が担当するテーマ数が2～6と例年より多くなり、研究の指導や添削等の教員の負担が増すこととなった。課題研究担当教員だけでなく、学校組織全体で指導する体制の構築を目指す必要がある。

最後に伝統校として学力の伸長、進学実績の充実といった生徒や地域、保護者からの期待に応えるために、学習内容の充実と理数科・SSH活動の両立を図っていきたい。