

令和元年度
SSH 研究開発実施報告書
第5年次



The Thailand-Japan Student ICT Fair 2019

目 次

あいさつ	
事業風景	
SSH 概念図	
I SSH 研究開発実施報告(要約)	1
II SSH 研究開発の成果と課題	5
III SSH 研究開発実施報告書	
第 1 章 研究開発の課題	11
第 2 章 研究開発の経緯	13
第 3 章 研究開発の内容	
第 1 節 共創力を育むカリキュラム開発	14
1. 探究活動の深化	16
2. 理科・数学連携授業「サイエンス・イシューズ」の開発	28
3. 授業内容の改革	40
第 2 節 イノベーターを育てるカリキュラム開発	46
第 3 節 共創力の育成に通底するカリキュラム開発	61
1. 国際交流プログラム	62
2. 高大接続プログラム	67
第 4 章 卒業生追跡調査	74
第 5 章 SSH 中間評価において指摘を受けた事項の改善・対応	78
第 6 章 校内における SSH の組織的推進体制	79
第 7 章 研究開発実施上の課題及び今後の研究開発の方向・成果の普及	80
IV 関係資料	
課題研究テーマ一覧	81
運営指導委員会記録	82
2019 年度(令和元年度)教育課程	83

第3期 SSH 研究開発実施報告書の刊行にあたって

私ども、奈良女子大学附属中等教育学校は、平成 17 年度以来、本年度まで、3 期 15 年間の長きにわたり、SSH (Super Science Highschool) の指定を頂戴してまいりました。

本校の母体である奈良女子大学をはじめ、文部科学省、科学技術振興機構、その他、多くの研究機関・組織から絶大なるご支持ご支援をたまわり、心からお礼申し上げます。また、SSH 指導運営委員の皆様には、多大なご指導ご鞭撻をいただいています。ありがとうございました。上記の皆様だけでなく、本校を支えて下さる様々な方々からも、SSH の活動を応援していただいています。深く感謝いたします。本校はこれからも、理数教育、科学研究に邁進してゆく所存です。引き続き、宜しくお願い申し上げます。

SSH の指定に際しては、第 1 期 (平成 17~21 年度) に、理数教育のカリキュラムを開発し、数学的・科学的リテラシーを育成した上で、第 2 期 (平成 22~26 年度) に、リベラルアーツ涵養を加えた実践研究を行いました。この 2 期を踏まえ、第 3 期 (平成 27~本年度) では「共創力を備えた科学技術イノベーターを育成するためのカリキュラム開発」というテーマで、5 年間にわたり SSH プログラムを展開してきました。その成果が、本報告書にまとめられています。なにとぞ、お読みいただければ幸いに存じます。

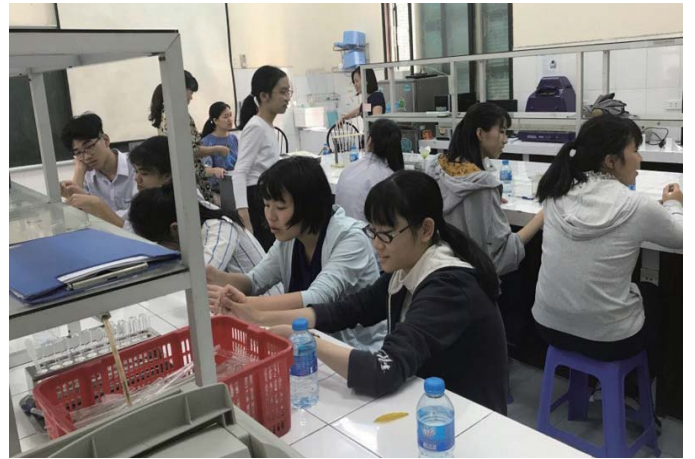
SSH の中核となっている本校サイエンス研究会の本年度の成果について、以下、短く列挙してみましょう。昨年 8 月の SSH 全国生徒研究発表会で、物理班に所属する望月草馬君の研究「超音波で物体を動かす-非接触型圧力提示システムの開発-」が科学技術振興機構理事長賞に選ばれました。望月君は 12 月に開催された第 17 回高校科学技術チャレンジ本審査にも出場しており、テレビ朝日特別奨励賞および、生徒が選ぶファイナリスト賞にも選ばれています。また、化学班に所属する竹内華保さんの研究「食物繊維による合成着色料の吸着阻害」は、12 月に開催された第 63 回日本学生科学賞の本審査に出場し、入選 1 等にも選ばれました。このように、数学・理科のほか教員による熱心な指導のもと、国内外において SSH に関連する諸行事が活発に行われました。

上記の活動に加え、9 月には、6 カ国の生徒が協働する国際交流事業「NARA さくらサイエンスキャンプ」を実施しました。ホームステイを受入れて下さったご家庭のご協力のもと、生徒たちは、生物および情報分野でのワークショップほか、英語での議論に取り組み、成果をあげました。また、新たな取り組みとして、企業と連携した研究活動にも着手しており、10 月には生物班が「ゆめちから」栽培プログラム」第 8 期課題研究校に指定されました。これからも、生徒の多様な研究活動を支援していく予定です。

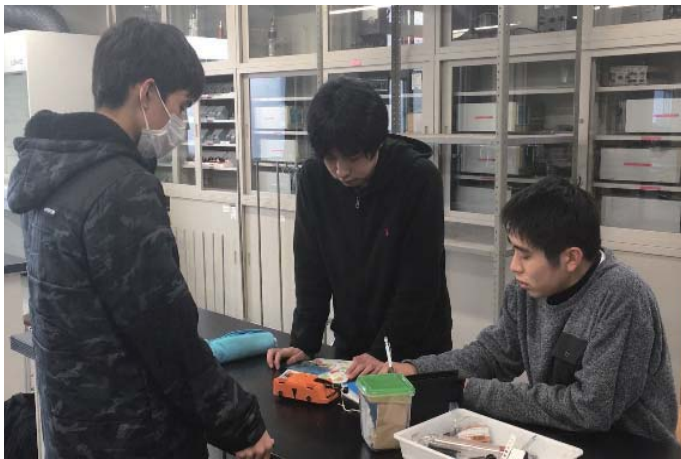
本報告書とともに、『令和元年度 SSH サイエンス研究会研究論文集』も刊行されます。ぜひ、ご一読下さり、今後ともご指導ご鞭撻いただきますよう、お願い申し上げます。

令和 2 年 3 月

奈良女子大学附属中等教育学校 校長 内田忠賢



海外先進校での研修: タイ研修・ベトナム研修



4年「課題研究 世界Ⅱ」: 研究活動



サイエンス研究会: 研究室での様子



企業・大学と連携した多分野融合型課題解決ワークショップ: プログラミング実習



SSH 全国大会: 口頭発表での受賞



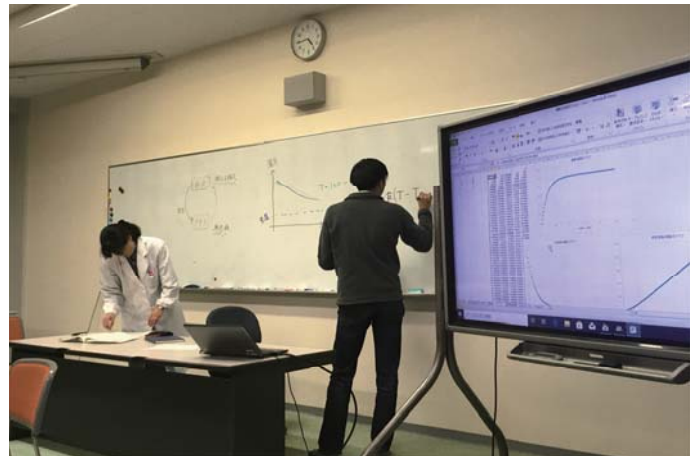
日本学生科学賞: 中央最終審査への出場



企業連携・他校連携: 専門家との研究相談や応募型プロジェクトの採択



国際交流: 理数系ワークショップの実践



教員研修: 理数研究会での授業検討

超音波を用いた非接触型触覚提示装置

奈良女子大学附属中等教育学校 5年 望月 草馬
指導教諭 藤野 智美

触覚提示に向けた開発

①手が触覚を感じるための信号処理
人間の感覚器官は、変化の少ない一定の刺激を感知しても、刺激の強度が一定時間以上継続すると、神経の出力がON・OFFすることで、感知できる。一定時間以上継続して感知できる周波数の振動を作り出し、振動によって刺激を感知させる。今回の実験では、私がかもとも触覚を感じた125Hzを採用した。(変調周波数の実現)

②焦点位置の制御
手をかざす場所が変化した場合、焦点位置が移動することが必要となる。その際、焦点と各振動子の距離を変更するため、各振動子の初期位置を変更する必要がある。そこで、以下のシステムにより焦点を移動した。

- ・221個の焦点に対する初期位置をあらかじめFPGAに記憶する。
- ・焦点位置が変化した場合、保存した初期位置データを検索し、7ch分の情報をまとめて取り出す。

開発したシステム

- 1.人が手をかざす位置に、受信機として、ホログラムを配置する。
- 2.1の位置に手をかざすと、トラッキングセンサ (Leap Motion) が手を感知して、センサとの相対位置を取得する。
- 3.その結果、ホログラムに紐づけていると判断された場合、FPGAに事前に保存された初期位置データを取り出す。
- 4.変調周波数の焦点を形成する。

システム開発の概要

ソフトウェア

```

    graph TD
        A[LeapMotionによる手の検出] --> B[Arduino]
        B --> C[データ取得]
        C --> D[データ処理]
        D --> E[送信機]
        E --> F[受信機]
        F --> G[検出]
    
```

ハードウェア

```

    graph TD
        H[FPGA] --> I[データ取得]
        I --> J[データ処理]
        J --> K[送信機]
        K --> L[受信機]
        L --> M[Zohabit]
        M --> N[Zohabit]
    
```

増幅回路の開発

電圧が足りなかったために物体を押すほどの十分な音圧を焦点位置で得ることができなかった。解決方法として、アレイのチャンネル数に合わせた22個のオペアンプを使用し、増幅回路を作成した。動作中にオペアンプが発熱するため、ヒートシンクを用いて冷却を行った。

増幅回路

ヒートシンク

発振装置の開発

専用基板での異配置

電圧が低いことによる周波数の分散を避けるために、専用基板の設計・実装を行い、22個のチャンネルを異配置した。また、多数論理を実装するために、FPGA(Field-programmable gate array)を用いた。

専用基板

フレッドボード

Arduino

FPGA(電圧降下)

位置制御①

超音波放射

$$P = \frac{1}{4\pi r^2} \frac{W}{r^2}$$

W: 音波放射電力
r: 音波の伝播距離
P: 音波の強度

位置制御②

距離

$$D_i = \frac{W_i}{4\pi r_i^2}$$

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御②

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御③

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御④

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

検証実験1: 音圧の焦点化の測定

①任意の距離における音圧の焦点化
遅延処理による位相制御システムを実装後、受信機側の振幅を観測し、焦点位置が測定されていることを確認した。

②平面領域での音圧分布の測定
振動子アレイ(アレイ)の前面で受信機を一定速度で動かして、超音波の集束分布を測定した。受信機側の振幅には、XYレコーダー(関数波形記録計)を使用した。

③平面領域での音圧分布の測定
振動子アレイの前面で受信機を一定速度で動かして、超音波の集束分布を測定した。受信機側の振幅には、XYレコーダー(関数波形記録計)を使用した。

測定位置: アレイから10cm, 20cm, 30cmの平面行面

- ・位相制御ありの場合、アレイから10cmの面で精度よく集束する。
- ・アレイと受信機の距離が離れるほど音圧が分散する。
- ・受信機までの距離が離れたことで指向性が低下

増幅器の動作

平面領域での音圧の焦点化に成功

物体移動・触覚提示には責任が不足

検証実験2: 音圧増加の測定

画面での音圧分布測定

増幅器を自作し、7個の全ての振動子の番号を増幅を行ったところ、音圧の増幅が確認できた。そこで、7chの広帯域マイクロフォンを用いて、電圧値 (V) を計測後、音圧レベル(dB)を算出することで音圧の空間分布を測定した。

音圧分布の測定結果

10cm	20cm	30cm
増幅なし	増幅あり	増幅あり

位置の増幅に成功し、物体の移動や手で押せるレベルでの触覚提示の実現ができた。

位置制御⑤

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御⑥

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御⑦

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御⑧

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御⑨

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御⑩

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御⑪

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御⑫

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御⑬

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御⑭

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御⑮

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

位置制御⑯

任意の距離に超音波を焦点化するために、焦点座標と各振動子の距離を計算し、各振動子の位置を調整する。各振動子の位置を調整することで、各振動子との距離を計算する手法を考えた。各振動子と焦点との間にある波数差が位相差を算出することで計算の処理を簡易化した。

波数差

$$W_i = \frac{D_i}{r_i^2}$$

0.5個 × 25μ秒 = 12.5μ秒
波数差 40kHz 遅延時間

参考文献

- 「改訂」物理I, 東京書籍, 平成31年, P158-165
- 小林慎「改訂2版 FPGAボードで学ぶ 組み込みシステム開発入門」技術評論社
- 西山樹平, 黒澤一平, 「空中超音波触覚ディスプレイに伴う気流の研究」, ISM Conference on Robotics and Mechatronics, 2010

食物繊維による合成着色料の吸着阻害

奈良女子大学附属中等教育学校 竹内 華保 (指導教員 松浦 紀之)

背景・研究目的

食品添加物は、食品の風味や目目を良くし、保存のために食品に添加される物質である。食品添加物によって大切なことは、その健康を損なうことがないことである。その安全性について問題を持った、色付けた食品は着色料が体内に吸収されると、体内に着色料が吸着される。体内に吸収された着色料は、体内に蓄積されたり、排泄量が増えたりしている。

着色料が体内に蓄積される現象

- 着色料が蓄積された食品
- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

着色料が蓄積された食品

- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

着色料が蓄積された食品

- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

実験 1. 食物繊維存在下での合成着色料による羊毛の染色

様々な動物繊維が存在した状態で、合成着色料による羊毛の染色を行った結果、キチン・キトサンによる吸着阻害効果が大きいことが判明した。

＜目的＞
動物繊維を吸着する力を利用して、合成着色料のタンパク質(羊毛)への吸着阻害が期待できるのではないか？

＜操作＞
合成着色料(0.075%, 1.0mL)
← 水(15mL)
← 塩酸(1.0mol/L, 4.0mL)
← 羊毛(キトサン付)50m(5本)
← 食物繊維(0.50g)
40℃の水浴中で染色
5分ごとに1本ずつ取り出し(5~30分)
→ 毛糸は水で洗浄後、自然乾燥
不溶性の食物繊維 染色の程度を測定

＜結果と考察＞
様々な動物繊維が存在した状態で、合成着色料による羊毛の染色を行った結果、キチン・キトサンによる吸着阻害効果が大きいことが判明した。

背景・研究目的

食品添加物は、食品の風味や目目を良くし、保存のために食品に添加される物質である。食品添加物によって大切なことは、その健康を損なうことがないことである。その安全性について問題を持った、色付けた食品は着色料が体内に吸収されると、体内に着色料が吸着される。体内に吸収された着色料は、体内に蓄積されたり、排泄量が増えたりしている。

着色料が体内に蓄積される現象

- 着色料が蓄積された食品
- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

着色料が蓄積された食品

- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

着色料が蓄積された食品

- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

実験 2. 食物繊維による合成着色料の吸着阻害の効果

動物繊維による合成着色料の吸着阻害の程度を評価する方法を模索した。染色した羊毛を塩酸性水溶液中に浸すことにより、着色料を抽出する。抽出した着色料を分光光度計で測定することにより、吸着阻害の程度を評価することになった。

＜目的＞
動物繊維を吸着する力を利用して、合成着色料のタンパク質(羊毛)への吸着阻害が期待できるのではないか？

＜操作＞
合成着色料(0.075%, 1.0mL)
← pH 4.7 塩酸性水溶液(50mL)
← 多織交織布(6枚)
← 40℃の水浴中で染色
5分ごとに1枚ずつ取り出す
交織布は水で洗浄後、自然乾燥
染色の程度を観察

＜結果と考察＞
動物繊維による合成着色料の吸着阻害の程度を評価する方法を模索した。染色した羊毛を塩酸性水溶液中に浸すことにより、着色料を抽出する。抽出した着色料を分光光度計で測定することにより、吸着阻害の程度を評価することになった。

食物繊維による合成着色料の吸着阻害の効果

背景・研究目的

食品添加物は、食品の風味や目目を良くし、保存のために食品に添加される物質である。食品添加物によって大切なことは、その健康を損なうことがないことである。その安全性について問題を持った、色付けた食品は着色料が体内に吸収されると、体内に着色料が吸着される。体内に吸収された着色料は、体内に蓄積されたり、排泄量が増えたりしている。

着色料が体内に蓄積される現象

- 着色料が蓄積された食品
- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

着色料が蓄積された食品

- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

着色料が蓄積された食品

- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

実験 1. 食物繊維存在下での合成着色料による羊毛の染色

様々な動物繊維が存在した状態で、合成着色料による羊毛の染色を行った結果、キチン・キトサンによる吸着阻害効果が大きいことが判明した。

＜目的＞
動物繊維を吸着する力を利用して、合成着色料のタンパク質(羊毛)への吸着阻害が期待できるのではないか？

＜操作＞
合成着色料(0.075%, 1.0mL)
← 水(15mL)
← 塩酸(1.0mol/L, 4.0mL)
← 羊毛(キトサン付)50m(5本)
← 食物繊維(0.50g)
40℃の水浴中で染色
5分ごとに1本ずつ取り出し(5~30分)
→ 毛糸は水で洗浄後、自然乾燥
不溶性の食物繊維 染色の程度を測定

＜結果と考察＞
様々な動物繊維が存在した状態で、合成着色料による羊毛の染色を行った結果、キチン・キトサンによる吸着阻害効果が大きいことが判明した。

背景・研究目的

食品添加物は、食品の風味や目目を良くし、保存のために食品に添加される物質である。食品添加物によって大切なことは、その健康を損なうことがないことである。その安全性について問題を持った、色付けた食品は着色料が体内に吸収されると、体内に着色料が吸着される。体内に吸収された着色料は、体内に蓄積されたり、排泄量が増えたりしている。

着色料が体内に蓄積される現象

- 着色料が蓄積された食品
- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

着色料が蓄積された食品

- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

着色料が蓄積された食品

- 食品添加物(着色料)
- 食品添加物(着色料)

実験 2. 食物繊維による合成着色料の吸着阻害の効果

動物繊維による合成着色料の吸着阻害の程度を評価する方法を模索した。染色した羊毛を塩酸性水溶液中に浸すことにより、着色料を抽出する。抽出した着色料を分光光度計で測定することにより、吸着阻害の程度を評価することになった。

＜目的＞
動物繊維を吸着する力を利用して、合成着色料のタンパク質(羊毛)への吸着阻害が期待できるのではないか？

＜操作＞
合成着色料(0.075%, 1.0mL)
← pH 4.7 塩酸性水溶液(50mL)
← 多織交織布(6枚)
← 40℃の水浴中で染色
5分ごとに1枚ずつ取り出す
交織布は水で洗浄後、自然乾燥
染色の程度を観察

＜結果と考察＞
動物繊維による合成着色料の吸着阻害の程度を評価する方法を模索した。染色した羊毛を塩酸性水溶液中に浸すことにより、着色料を抽出する。抽出した着色料を分光光度計で測定することにより、吸着阻害の程度を評価することになった。

①令和元年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告（要約）

① 研究開発課題	
	「共創力」を備えた科学技術イノベーターを育成するためのカリキュラム開発
② 研究開発の概要	
	「共創力」を有し、多分野融合研究の遂行能力を備えた人材を育成するための中等教育カリキュラムを研究開発する。1～4 年では、自律的に学習する態度を育て、自然科学リテラシーを軸とした科学的思考力を伸長する。3～6 年では、リベラルアーツを涵養し、多様な他者を組織して新たな価値を創出できる能力を育成する。
③ 令和元年度実施規模	
	中等教育学校前期課程を含む全校生徒(1～6 学年)を対象とする。
④ 研究開発内容	
	<p>○研究計画</p> <p>■第一年次(2015 年度)</p> <p>【研究事項】</p> <p>(1)4, 5 年での理科・数学科連携授業「サイエンス・イシューズ」のための準備と試行</p> <ul style="list-style-type: none"> ・4, 5 年での理科・数学科の連携授業の実施を目指し、奈良女子大学教員と本校の理数の教員による研修会「理数研究会」を組織し、指導方法の構想と試行を行う。 <p>(2)課題研究用「研究ノート」の作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サイエンス研究会の指導や授業での課題探究型活動で用いられてきた資料を整理し、作成する。 <p>(3)サイエンス研究会対象の「イノベーター・キャンプ」の実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多分野融合研究を促進し異分野間の議論をする機会として、科学的態度や姿勢を育成する場としての集中型プログラムを実施し、「共創力」を育む。 <p>(4)サイエンス国際交流プログラムの実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・後期課程(高校生)のサイエンス研究会および理数に高い興味・関心を示す生徒を対象に、海外先進校での国際交流プログラムを実施し、海外生徒との協働・議論の場を通じて「共創力」を育む。 <p>(5)「コロキウム」の実践</p> <ul style="list-style-type: none"> ・5 年学校設定科目「コロキウム」を引き続き実践し、リベラルアーツの涵養を目指すとともに、奈良女子大学の教員と連携し学習内容面での高大接続を目指すカリキュラム研究を開始する。 <p>(6)評価計画</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本校生徒の理数に対する意識調査(理数意識調査)を実施し、国際データ・日本平均と比較する。 ・卒業生対象のアンケートについて計画し、第 1 期指定以降の研究開発評価の手法を模索する。 <p>■第二年次(2016 年度)</p> <p>【研究事項】</p> <p>(1)4, 5 年での理科・数学科連携授業「サイエンス・イシューズ」の体系的な実施計画の作成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第 1 年次の試行の分析を進め、年間計画への位置づけなど試験的なカリキュラムの作成を行う。 <p>(2)「課題研究 寧楽 I・II」の実施、「課題研究 世界 I・II」の試行</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1, 2 年の「課題研究 寧楽 I・II」において、地域を素材とした自然科学に関わる集団的な協働型学習を組み込み実施する。統計やプレゼンテーションの方法など「学び方を学ぶ」場とする。 ・3, 4 年の「課題研究 世界 I・II」において、地域を素材としながら、人類的・世界的な課題を集団で探究する課題研究を試行し、ローカルな視点とグローバルな視点を往還する力を育成する。

(3) サイエンス研究会対象の「イノベーター・キャンプ」の見直し

・ 第一年次の「イノベーター・キャンプ」の分析を行い、より効果的な企画や運営方法の研究を行う。集中型プログラムを、サイエンス研究会の生徒を対象として、長期休業期間中に実施する。

(4) サイエンス国際交流プログラムの実施

・ 継続して海外先進校での国際交流プログラムを実施し、海外先進校での議論を通じて、自身の能力の向上や研究視点の拡大の機会を与える。

・ JST 支援事業さくらサイエンスプラン(3年指定)において、課題解決型のワークショップ等を計画し、国内でのサイエンスキャンプ(1週間)を実施する。

(5) 5年「コロキウム」の継続実践

・ 5年の学校設定科目「コロキウム」を引き続き実践する。

(6) 「研究ノート」の試行的使用

・ 「研究ノート」をサイエンス研究会および3,4年の「課題研究 世界Ⅰ・Ⅱ」で試行的に使用する。

(7) 評価計画

・ 卒業生への追跡調査の改善と全面実施を行う。また、評価方法について研究する。

■ 第三年次 (2017年度)

【研究事項】

(1) 4, 5年での理科・数学科連携授業「サイエンス・イシューズ」の本格実施

・ 4,5年での理科・数学科科の連携授業の年間計画の見直し・再編に取り組み、本格実施を行う。

(2) サイエンス研究会対象の「イノベーター・キャンプ」の本格実施

・ 大学教員や多分野融合研究の研究者など外部指導者の積極的関与を組織し、本格実施を行う。

(3) 「課題研究 世界Ⅰ・Ⅱ」の見直し

・ 第二年次の試行をふまえ、個人研究を発展させた、グループによる探究活動を行う。

(4) サイエンス国際交流プログラムの実施

・ 継続して国内外でのサイエンス国際交流プログラムを実施する。

(5) 5年「コロキウム」における大学教員との連携指導の具体的立案

・ 奈良女子大学の教員と連携指導するカリキュラムを具体化し、第四年次の実施に向け協議する。

(6) 6年「SS 課題研究」の実施

・ 「SS 課題研究」(理系)を開講し、探究活動と少人数によるゼミ形式での議論や考察を行う。

(7) 評価計画

・ 他校との研究交流会を通じて、人材育成に関わる評価研究や双方向的な交流活動を組織する。

■ 第四年次 (2018年度)

【研究事項】

(1) 4, 5年での理科・数学科連携授業「サイエンス・イシューズ」の継続実施と分析

・ 三年間の実践をふまえ、内容を見直しつつ発展的な実践とその効果の分析を行う。

(2) サイエンス研究会対象の「イノベーター・キャンプ」の拡充実施と分析

・ 他校生徒を招聘し、内容の充実を図るとともに、実施後のアンケート分析による評価を行う。

(3) 「課題研究 寧楽Ⅰ・Ⅱ」、「課題研究 世界Ⅰ・Ⅱ」、「SS 課題研究」の継続実施と分析

・ 第二年次、第三年次の実践をふまえ、内容を見直しつつ発展的な実践とその分析を行う。

(4) サイエンス国際交流プログラムの実施と国際的な科学コンテストへの参加

・ 国際交流プログラムの継続に加え、海外研修の拡大と国際的な科学コンテストへの参加を目指す。

(5) 5年「コロキウム」における大学教員との連携指導

・ 奈良女子大学の教員が通年を通して1講座を担当し、附属教員と指導方法について協議を行う。

(6) 課題研究の資質・能力表「課題研究ロードマップ」の策定

・ 自然科学領域における課題研究において、目指すべき探究活動の資質・能力について協議を行い、「NWUSS 課題研究ロードマップ」を作成する。

(7) 評価計画

- ・各種事業の事後アンケート等を活用し、育成された資質・能力について多面的な分析を行う。
- ・卒業生アンケートや卒業生が進学した大学教員インタビューの分析から事業評価を行う。

■第五年次（2019年度）

5年間の実践を踏まえ、以下に代表される本研究開発を継続実施するとともに、検証・評価を行う。これらの分析を通して「共創力」育成に関するカリキュラム・指導方法の提言を行う。

【研究事項】

(1) 4, 5年での理科・数学科連携授業「サイエンス・イシューズ」の総括

- ・授業後のアンケート分析および授業者インタビューを通じて成果と課題を明らかにする。

(2) サイエンス研究会対象事業の総括および卒業生インタビューの実施と分析

- ・サイエンス研究会を対象に実施した「イノベーターキャンプ」や「ベースキャンプ」、卒業生インタビューを分析することで、効果的な支援と課題について総括を行う。

(3) 「課題研究 寧楽Ⅰ・Ⅱ」「課題研究 世界Ⅰ・Ⅱ」「SS課題研究」「コロキウム」の総括

- ・生徒のアンケートおよび生徒の活動の記録を分析し、成果と課題を明らかにする。

(4) サイエンス国際交流プログラムの総括

- ・サイエンスキャンプ、海外研修の分析を通じて効果的な活動を明らかにする。

(5) 奈良女子大学と連携した高大接続文理統合型探究プログラム「PICASO」の試行

- ・高大接続のあり方や新たな大学入試のあり方の観点から、奈良女子大学教員と本校教員が連携して「PICASO」を試行し、大学での探究活動につながる資質・能力とその評価方法を研究する。

(6) 近隣校および他のSSH校と協働したプログラムの実施と成果普及

- ・他校と協働で実施する課題研究発表会や多分野融合型課題解決ワークショップを実施し、本校SSHの研究開発の成果を普及するとともに、人材育成に関する情報交換を行う。

○教育課程上の特例等特記すべき事項

- ①学校設定科目「コロキウム」：5年の必履修科目として、1単位を設定する。
- ②学校設定科目「SS課題研究」：6年の理系生徒対象の必履修科目として、1単位を設定する。
- ③学校設定科目「テーマ研究」：サイエンス研究会に所属する4,5年の生徒を対象とした選択履修科目として、各学年1単位を設定する。

○平成30年度の教育課程の内容

6年一貫の探究活動カリキュラムの体系化を目指し、各発達段階における目指すべき資質・能力を明確化し、目標に沿ったカリキュラムを実施した。

- ・「課題研究 世界Ⅱ」の実施(4年対象・半期)

理科と数学教員が担当し、課題研究の導入・基礎としての実践を行う。

- ・「コロキウム」の実施(5年対象)

8講座を開講し、各講座のテーマにもとづき、少人数のゼミ形式による探究活動を行う。

- ・「テーマ研究」の実施(4,5年対象)

生徒が自らテーマを設定し、教員の指導の下で研究を行い、年度末に論文集を刊行する。

- ・「SS課題研究」の実施(6年理系対象)

個人の学問的背景を尊重した理数分野における課題研究を行い、年度末に論文集を刊行する。

○具体的な研究事項・活動内容

(1) 探究活動の資質・能力の目標値を示す「課題研究ロードマップ」の策定と課題研究への反映

自然科学領域の課題研究において、目指すべき探究活動の資質・能力について協議を行い、

「NWUSS 課題研究ロードマップ」を作成し、指導方法に反映させた。また、資質・能力の育

成を評価する手法について議論し、ポスター発表のルーブリックを再編・運用した。

(2) 大学教員と本校教員による探究活動の指導方法の検討

校内研究発表会や課題研究発表会「集まれ！理系女子 関西大会」において、本校および他校生の研究成果を大学教員と本校教員がともに評価し、指導方法の向上に向けて情報交換を行った。

(3) サイエンス研究会の生徒が培った資質・能力のその他の生徒への普及

探究活動のロールモデルであるサイエンス研究会の生徒を課題研究のグループに分散的に配置したり、個人研究におけるサポート役として位置づけることで、培った資質・能力をその他の生徒に普及する環境づくりを行った。また、各種コンテスト・学会においてサイエンス研究会の生徒とその他の生徒が協働グループとして参加し、より多くのイノベーターの輩出を目指した。

(4) イノベーターを育成する行事への他校生徒の参加と成果の普及

サイエンス研究会の生徒を中心とした異分野・異学年の生徒によって組織された活動班が課題解決を行う「イノベーター・キャンプ」において、プログラミングによる課題解決ワークショップ「ベース・キャンプ」を実施した。今年度は他校生も交えて活動班を組織するとともに、事後アンケートを活用して育成された資質・能力について評価を行なった。

(5) 国内外でのサイエンス国際交流プログラムの実施と国際的な科学コンテストへの参加

タイおよびベトナムの先進校において海外研修を実施するとともに、JST 支援事業さくらサイエンスプラン(3年指定)による国内でのサイエンスキャンプを実施した。また、国内の科学系コンテストで成果を残し、国際的な科学コンテストへの参加権を獲得した(数学班・物理班)。

(6) 理科・数学科連携授業「サイエンス・イシューズ」(4,5年)

第三年次までに開発した授業案を各学年の理科・数学科の通常授業に分散型カリキュラムとして配置し、実践を行なった。また、1～3年においても、4,5年生での連携授業の素地作りとして、理科と数学の視点から課題を眺め、2つの視点に関連づけて考える課題を配置した。

(7) 卒業生アンケートの分析および各種事業の数値評価による成果と課題の明確化

卒業生アンケートを実施し、第1期SSH指定以降の事業評価について、質的・量的な側面から分析を行った。また、各種事業の事後アンケートや問題解決能力を測る外部試験「GPS-Academicテスト」の結果を活用し、育成された資質・能力について数値評価し、成果と課題を明確化した。

(8) 他校教員・大学教員との継続的な研修活動の実施

人事交流の制度により本校に赴任した教員(3名)及び奈良女子大学の教員と本校教員が協働で研究開発に携わり、開発した授業案を外部公開した。

⑤ 研究開発の成果と課題

○実施による成果とその評価

- ・6年一貫を重視した探究活動のカリキュラムにおいて、各発達段階に応じた資質・能力の明確化を行い、具体的な指導方法や評価の検討を実施できた。
- ・卒業生アンケートや各種アンケート、外部試験の分析により、多様な他者を組織して課題解決を行ったり、新しい価値や概念を作り出す能力の育成がどの程度達成されたかを測定できた。
- ・サイエンス研究会の生徒に培った探究活動の資質・能力をその他の生徒に普及させる環境づくりを積極的に行うことで、サイエンス研究会への入部や、科学コンテストへの参加が促進された。
- ・他校の生徒と協働で行う課題解決ワークショップや課題研究発表会を通じて、本校の研究開発の成果を普及する活動を実施できた。

○実施上の課題と今後の取組

- ・探究活動の資質・能力表を1～3年でも作成し、6年一貫の探究活動カリキュラムを完成する。
- ・探究活動の評価について、6年SS課題研究においてもポスタールーブリックを再編する。
- ・奈良女子大学及び本校の教員が目指すべき探究活動を高大接続の視点から協議し、「文理統合型高大接続探究コース(仮称)」によるカリキュラム開発や接続入試を検討する。

②令和元年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発の成果と課題

① 研究開発の成果	
研究開発課題 「共創力」を備えた科学技術イノベーターを育成するためのカリキュラム開発	
本年度は主に以下の 4 項目を重点化して研究開発を行った(SSH 指定第 3 期第五年次)。	
カリキュラム開発	
[1]理科・数学科連携授業の成果と課題の分析	
[2]探究活動の成果と課題の分析	
[3]奈良女子大学と連携した「高大接続文理統合型探究プログラム (PICASO)」の施行	
科学技術イノベーターの育成	
[1]サイエンス研究会の生徒による専門家との共創(企業連携, 他校連携, 海外連携)	
[2]成果普及活動の強化(他校連携事業, ホームページや教員研修会での情報交換)	
国際連携	
[1]海外先進校での研修(タイ研修, ベトナム研修)	
[2]国内での協働型サイエンスキャンプ NARA SAKURA Science Camp の開催	
成果普及	
[1]他校と連携した多分野融合型課題解決ワークショップや課題研究成果発表会の実施	
[2]ホームページや教員研修会での情報交換	
1. 平成 30 年度までの研究開発の再評価と「共創力」の育成に有効な活動の分析	
第四年次までの研究開発を「共創力」育成の視点から振り返り、理数連携授業・課題研究・サイエンス研究会への支援の 3 領域における取り組みについてアンケート分析、インタビュー分析を行った。これらの分析結果から、「共創力」に資するどのような資質・能力を育成できたかについて理科・数学科の教員で協議し、成果と課題を明らかにした。	
2. カリキュラム開発	
[1]理科・数学科連携授業「サイエンス・イシューズ」の成果と課題	
研究主題である「共創力」の育成を目指し、平成 27 年度より開発を行っている理科・数学科連携授業「サイエンス・イシューズ」を 4, 5 年生(高校 1, 2 年)を中心として引き続き実施し、複合的な視点から課題を分析する力の育成を目指してきた。第 3 期 SSH では、新規授業案の作成に加え、これまでに開発した授業案を年間の理科・数学科の授業に分散型カリキュラムとして配置し、実践した。指定最終年度となる本年度は、授業アンケートおよび授業者へのインタビュー結果から成果と課題を明らかにした。	
理科・数学科連携授業に関する成果と課題	
【成果】・理科・数学科の教員共に、連携授業の開発を通して新しい教材の開発ができたり、すでに扱った教材に対する新しい視点を心得ており、目指してきた共創力の育成に一定の効果がある。	
・生徒の多くは今回の連携授業のねらいを概ね理解し、「理解が深まった」と回答している。また、複合的な領域から考察することの重要性を述べている生徒も多数見られ、これらの生徒に対しては目指す共創力が育まれていると考える。	
・理科と数学の連携授業において、数学で先に単元を学習した後、理科で扱う構成の場合、「難しい」という回答が大幅に減り、目指す融合的視点を獲得させやすい。	

- 【課題】・理科・数学科間の単元の進み方の差が、授業を開発する上でハードルとなる。生徒の理解が進まない理由にも進度の差が影響している(数学的に解釈できない)。
- ・数学的なハードルを下げるために本質を省略して式への代入をさせると、指導者側および理解度の高い生徒にとってはさらに深い部分を学びたいという印象が残る。
 - ・指導者は可能な限りの時間を割いたつもりだが、実験データの取得から数学的な解釈までを行うためには、時間不足の印象を生徒・指導者ともに感じている。
 - ・実験データを用いると、実験スキルや初期条件に依存して誤差が生じやすく、授業のねらいとは別の部分でハードルが生じている。

[2] 探究活動の成果と課題の分析

研究主題である「共創力」の育成を目指し、6年一貫の探究活動カリキュラムを継続して実施するとともに、以下の自然科学領域での実践に重点的に取り組んできた。

- ・4年「課題研究 世界Ⅱ」：グループ(2～4名)での探究活動を実施(週1単位)。
- ・6年「SS 課題研究」：ベーシック講座とアドバンス講座の2講座より選択。
 ベーシック講座・・・数理解析の講義を受講後、グループ(3～4名)での探究活動を実施。
 アドバンス講座・・・個人の学問的背景に基づき、グループまたは個人での探究活動を実施。
サイエンス研究会に所属している生徒は、アドバンス講座を選択。

第四年次においては、本校の自然科学領域における課題研究において、目指すべき探究活動の資質・能力について協議を行い、「NWUSS 課題研究ロードマップ」を作成した。発達段階に応じて、以下の目標設定を行うとともに、**Expert**にあたるサイエンス研究会の生徒を探究活動のロールモデルに据え、彼らの資質・能力をより多くの生徒に普及するカリキュラムについて議論した。

【NWUSS 課題研究ロードマップにおける目標設定】

Stage1 探究活動の手法を学ぶ(4年「課題研究 世界Ⅱ」)

課題の設定に指導の重点をおき、自身の興味・関心に基づいて設定した課題を検証し、手法を改良しながら探究活動を高めていく姿勢を学ぶ。

Stage2 数理的解釈を重視した探究活動を行う(6年「SS 課題研究 ベーシック」)

各教科・科目において培った知識や考え方を生かし、数理的解釈を重視した探究活動を行う。

Stage3 高校の学習範囲に捉われない高度な探究活動を行う(6年「SS 課題研究 アドバンス」)

課題を見出す領域を制限せず、各教科・科目における高校の学習範囲に捉われない高度な探究活動を目指す。

Expert 自らの学問的背景に基づいた独創的で発展的な研究活動を行う(サイエンス研究会)

長年培った探究活動の姿勢を生かし、独自の着眼点や学問的背景に基づいた研究活動を実施し、既存の枠組みに捉われない新たな価値の創造を目指す。【本校の探究活動のロールモデル】

指定最終年度となる本年度は、生徒の活動の記録や授業者の協議により、課題研究の成果と課題を明らかにした。

探究活動の成果と課題

- 【成果】・全員対象かつグループ活動を主とした課題研究により、協働する場面を積極的に提供できた。6年SS 課題研究アドバンスコースに関しても、指導教員との協働がみられた。
- ・サイエンス研究会の高学年の発表を見せることで、多くの生徒たちが研究手法について具体的な学びを得ている。特に、仮説の再設定、研究手法の練り直し、多角的な研究視点など、研究活動を長く続けてきた生徒の手法を学ばせることで、各生徒が自身へのフィードバックを行っており、共創力の育成に効果的であることがわかる。

【課題】 4年世界Ⅱについて、生徒、教員共に以下のような課題を感じている。

- ・指導者として、1名が異なる10テーマを指導するのは難しいと感じている。特に、仮説の設定はその後の研究内容を大きく左右するため、相談やアドバイスが必要だが、十分

時間が取れていない。かつ、生徒主体での修正は難しいと感じている。

- ・上記の現状をふまえると、評価が難しくなりやすい。評価の対象となる生徒の学びの記録や成長の過程を可視化し、評価の手法を再考すべきである。
- ・サイエンス研究会の生徒が参加することで、その班の研究活動は進展しやすいが、サイエンス研究会の生徒に役割が偏りやすい。その際にどこまで自分たちが主導していいかなど、生徒自身の葛藤が見られる。一方、担当教員はこれらの生徒が所属するグループがいることで、指導の負担が軽減されると述べている。
- ・大学の先生方の意見として、課題研究の時間をより長く設定し、中間報告会として他者と意見交換をし、課題研究をやり直す機会を設けてはどうか？という提案があった。

[3] 奈良女子大学と連携した「高大接続文理統合型探究プログラム(PICASO)」の試行

次年度より、奈良女子大学と連携した新たな探究活動として、「高大接続文理統合型探究プログラム(以下、「PICASO」)」を実施する。この探究活動では、高大接続のあり方や新たな大学入試のあり方の観点から、奈良女子大学教員と本校教員が連携して、大学での探究活動につながる資質・能力およびその評価方法を研究することを目的としている。

具体的には、右図に示すような異学年・文理混合での講座編成を行い、大学教員の講義聴講(6回)による探究活動に必要な基礎スキルの獲得と、そのスキルを活かした自身の探究活動を予定している。



試行にあたる本年度は、奈良女子大学の教員と本校教員が6回の講義内容や評価方法について議論した。以下に講座実施案を示す。

- ・理学部「でたらめな数列を作るには」
【育成したい資質・能力】統計リテラシー、アルゴリズム設計
- ・生活環境学部「スポーツ科学を通して何が見えるのか？」
【育成したい資質・能力】論理的思考、柔軟性、創造力、想像力、対人コミュニケーション能力
- ・文学部「志賀直哉の短篇を精読する」
【育成したい資質・能力】文献の読解方法、文献資料の調査

3. 科学技術イノベーターの育成

[1] サイエンス研究会の生徒による専門家との共創(企業連携, 他校連携, 海外連携)

第1期SSHに設置した科学クラブ「サイエンス研究会」の日常的な活動支援に加え、各自の専門性を生かしながら多分野融合研究の視点を与えたり、異学年・異分野間の議論を促す機会として、専門分野の異なる生徒同士が協働する「イノベーター・キャンプ」を実施してきた(年10回)。

指定最終年度となる本年度は、各班の状況に応じて必要となる専門家との共創を計画し、以下に示すような企業連携・他校連携・国際連携を実施した。これらの共創およびサイエンス研究会の卒業生へのインタビューを実施し、イノベーションにつながる効果的な支援について分析した。

多様な専門家との共創

①生物班

株式会社 Pasco が主催する「『ゆめちから』栽培研究プログラム 第8期課題研究校」に認定された。国産小麦「ゆめちから」の提供を受け、学校で栽培しながら高品質な小麦を栽培するために、生育状況の観察、データの分析、実験を行い、最適な栽培方法を研究している。

②物理班

THK 株式会社、株式会社リバネスが支援する「サイエンスキャッスル研究費 THK 賞」に採択。THK 社の研究資材である LM ガイドの提供および研究費の支援を受け、自身の研究活動に活用した。また、定期的に Web 会議を実施し、研究に対する情報交換を行なった。12 月に開催されたサイエンスキャッスル関東大会にてポスター発表し、成果の普及を行なった。

③化学班

立命館中学校・高等学校が主催するタイ共同研究研修に参加し、8 月に現地のチトラダスクールを訪問した。研究所の施設を使った実験や、現地の研究者の方からアドバイスをもらいながら英語でのディスカッションを行った。帰国後も Web 会議等により海外連携校と議論を行いながら、継続的な国際共同研究を実施している。

④数学班

名古屋大学教育学部附属中学校・高等学校の数学クラブと連携し、年 2 回の研究交流会を実施している。12 月に本校で開催された研究交流会では、互いの研究内容の発表および情報交換を行うとともに、数学の問題に関する討議や数学パズル等を実施した。3 月には名古屋大学附属にて再度交流を行う予定である。

卒業生インタビューの分析

サイエンス研究会で活動していた卒業生 4 名にインタビューを実施し、以下のような支援が研究活動を促進する上で効果的であることがわかった。

①教師のサポートとして役立ったもの

- ・自主性を重んじる適度な距離感
- ・参考文献となる論文の提示
- ・大学や研究者の紹介
- ・丁寧な論文添削
- ・コンテストや各種発表会参加の推奨

②研究のターニングポイントとなった出来事

- ・入会后、最初に取り組んでいた研究テーマでの行き詰まりと、そこからの再出発。行き詰まりによって、自身の研究を客観視することができ、改善すべきポイントを見出すことができる。
- ・最初の研究活動で獲得した知識や技術を別の課題に活かすことで、より質の高い研究活動が可能となった。

③サイエンス研究会を対象とした企画として、役に立つと感じるもの

- ・ベースキャンプのような、共通課題と制限時間があり、短期集中型で課題解決を行う企画
- ・同じ研究領域ではなく、隣接領域の発表を積極的に聞く機会
- ・他班との交流
- ・低学年における親身な指導や体験講座

4. 国際連携

[1]海外先進校での研修(タイ研修、ベトナム研修)の実施

サイエンス研究会の生徒や理数に高い興味・関心を示す生徒を対象として、海外先進校において英語で議論したり、協働での課題解決を行う海外研修を実施した。タイ研修では研究発表や海外生徒との課題解決ワークショップに参加した。ベトナム研修では、生物分野での共同研究およびフィールドワークを行った。事後アンケートの結果より、国際連携を通して、研究視点の差異や文化的背景の違いを実感しており、国内の生徒との交流では獲得できない気づきを得ていることがわかった。

海外先進校での研修後のアンケート結果

【質問】活動の中で一番印象に残ったとその理由について教えてください。

- ・野外フィールドワークへの参加(ベトナム研修)
(理由)日本では見られない生態系を実際に目の当たりにすることができたから。
- ・クマの保護施設での活動(ベトナム研修)
(理由)日本との違いが印象的だった。動物を保護する理由に文化的背景の違いを感じた。

- ・ポスターセッション(タイ研修)

(理由)研究対象に選ぶ課題や着眼点が国や学校によって異なっていた。

【質問】 海外の生徒と共同実験をして感じたことを教えてください。

- ・能力に圧倒的な差を感じた。この劣等感をバネに目標ができ今後の学習意欲が増した。
- ・海外の生徒は自主性があり、かつグループ内の連帯感もあると感じた。
- ・事前にもっと深い交流をもち、活動内容に対する万全な準備をしておくべきであった。
- ・タイ研修では農業や漁業のスマート化に関する提案を共同で行ったが、自分たちの身近な環境改善に普段から興味があるようで、アイデアをたくさん議論しているのが印象的だった。

[2]国内での協働型サイエンスキャンプ「NARA SAKURA Science Camp」の開催

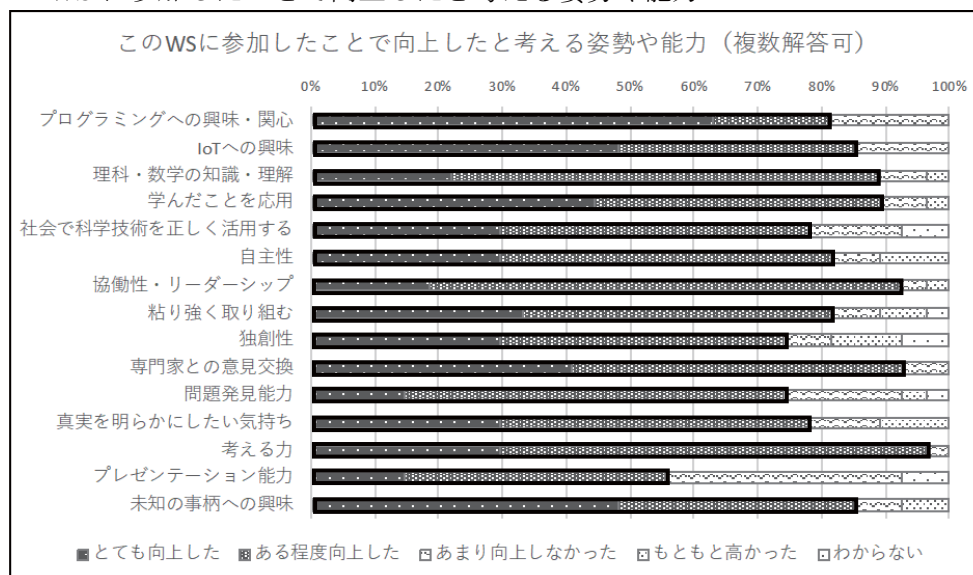
より多くの生徒に海外先進校の生徒との課題解決の機会提供を行うことを目的として、6カ国(日本、インド、ウズベキスタン、ベトナム、タイ、インドネシア)の生徒による1週間のサイエンスキャンプ「NARA SAKURA Science Camp」をJST さくらサイエンスプランの支援を受けて開催した。本校からは約25名の生徒がキャンプ全体に参加するとともに、下級生に対して成果発表会を公開することで多数の生徒が他国の生徒と連携することのメリットを感じる機会となった。

5. 成果普及

[1]他校と連携した多分野融合型課題解決ワークショップや課題研究成果発表会の実施

第3期SSHでは、研究分野を超えた研究交流や協働で探究する機会として、異分野・異学年の生徒の共創を目指すプログラミングワークショップ「ベースキャンプ」を企画・運営してきた。指定最終年度となる本年度は、大学や企業の研究者と本校教員が共に企画・運営を行い、生物や化学の研究分野にプログラミングの技術を活用し、研究活動を促進することを目指した課題解決を行った。以下のアンケート結果より、本校が5年間携わってきた「共創力」育成の研究開発の成果を広く普及できたことがわかる。

【質問】 このWSに参加したことで向上したと考える姿勢や能力



【質問】 今回のWSを通じて、異分野の生徒と一緒に活動するメリットとして感じたこと

- ・自分の知らない知識をたくさん持っているので、意見が豊富に出たり新しい視点が生まれる。
- ・多様な意見を統合し、取り入れることでより良いものを生み出すことができる。
- ・普段から研究しているテーマや知識が違うので、お互いに新しいことを学ぶことができ、それぞれの得意を生かし、不得意な点を補いあえる。
- ・異なる分野への興味や理解を深めることができる。

加えて、奈良女子大学と連携し、課題研究成果発表会「集まれ！理系女子 関西大会」を実施した。本年度は国内の約20校からの参加者と共に、ポスター発表会や大学教員との情報交換会を実施した。

[2] ホームページや教員研修会での情報交換

本校ホームページ「SSH on Web」において、5年間の研究開発で取り組んだ以下の成果物について、具体案とアンケート結果の分析を公開した。

【SSH on Web で公開している情報の例】

- ・理科・数学科科連携授業案と授業アンケート等の分析結果
- ・課題研究の実践報告および生徒の学びの記録の分析結果によるカリキュラム評価
- ・卒業生追跡調査による15年間のSSH研究開発の評価
- ・サイエンス研究会の活動と卒業生インタビューの分析結果



また、毎年開催されるSSH成果発表会において、他校教員との情報交換会を実施し、課題研究の指導方法や理科・数学科科連携授業、大学・企業連携に関する実践報告を行うとともに、情報交換を行った。

② 研究開発の課題

1. カリキュラム開発

- ・理科・数学科連携授業、探究活動の分析から得られた課題を改善すべく、理科と数学の各単元の学習時期を再構成し、理数連携授業や探究活動をより一層促進させるためのカリキュラム設計を行う。
- ・多分野融合の視点や、専門家との共創の高度化を目指し、大学と連携した「高大接続文理統合型探究プログラム(PICASO)」等の実施や、企業連携による探究活動を実施し、「共創力」を発揮した探究活動の多様化を目指す。

2. 科学技術イノベーターの育成(サイエンス研究会の活動支援と戦略的なイノベーター輩出)

- ・サイエンス研究会を探究活動のロールモデルに据え、所属生徒が培ってきた資質・能力の育成方法を探究活動のカリキュラムに反映させることで、より多くのイノベーターを戦略的に輩出する。

3. 国際連携

- ・現在実施しているNARA SAKURA Science Campを継続するとともに、国際学会への参加や長期間にわたる国際共同研究を実施し、海外先進校との連携強化を行う。

4. 事業評価と成果普及

- ・探究活動やサイエンス研究会の生徒のポートフォリオを分析し、人材育成の手法をモデル化する。
- ・ホームページでの成果物の公開や他校と連携した成果発表会など、成果普及の手法を多様化する。
- ・卒業生アンケートを継続実施し、就職先の調査等を含めた中長期的なSSH事業の評価を行う。

Ⅲ 実施報告

第1章 研究開発の課題

1. 研究課題

「共創力」を備えた科学技術イノベーターを育成するためのカリキュラム開発

2. 研究の目的

「共創力」を有し、多分野融合研究の遂行能力を備えた人材を育成するための中等教育カリキュラムを研究開発する。1～4年では、自立的に学習する態度を育て、自然科学リテラシーを軸とした科学的思考力を伸長する。3～6年では、リベラルアーツを涵養し、多様な他者を組織して新たな価値を創出できる能力を育成する。

3. 実施対象

中等教育学校1～6年の全校生徒(718名)を対象とする。

4. 実践及び実践結果の概要

■カリキュラム開発

(1)「NWUSS 課題研究ロードマップ」の活用

6年一貫の探究活動カリキュラムを実践するとともに、特に自然科学領域に特化した課題研究を実践する4年「課題研究 世界Ⅱ」、6年「SS課題研究」において、昨年度作成した資質・能力表「NWUSS 課題研究ロードマップ」に基づいて指導を行なった。その際、探究活動のロールモデルを提示し、生徒の探究活動の質的向上を目指した。

(2)6年「SS課題研究」の実践と総括

6年理系選択者に対してグループまたは個人での課題研究を実践し、「ベーシック講座」と「アドバンス講座」の2講座の開講により、生徒の探究活動のスキルや学問的背景に応じた探究活動を行った。第3期SSHの総括として、生徒の学びの記録や生徒・教員へのインタビュー結果から成果と課題を明らかにした。

(3)4年「課題研究 世界Ⅱ」の実践

4年全生徒に対して、課題研究の入門的な手法を学ぶことを目的としたグループでの課題研究を実践した。課題研究ロードマップの具体的なモデル作品を提示すると共に、自身の探究活動を振り返るための振り返りシートの導入を行った。加えて、第3期SSHの総括として、生徒の学びの記録や生徒・教員へのインタビュー結果から成果と課題を明らかにした。

(4)5年「コロキウム」の実践

5年全生徒に対して、リベラルアーツの涵養を目指したゼミ形式による探究活動を実践した。

(5)理科・数学連携授業「サイエンス・イシューズ」の開発

「共創力」の育成を目指し、4,5年生を中心とした理科・数学連携授業「サイエンス・イシューズ」の新規開発・継続実施を行い、複合的な視点から課題を分析する力の育成を目指した。加えて、第3期SSHの総括として、生徒の学びの記録や授業後のアンケート、教員へのインタビュー結果から成果と課題を明らかにした。

(6)「共創力」育成の視点による教科活動の再編

これまでの教科活動を「共創力」育成の視点から捉え直し、各教科において実践した。

■科学技術イノベーターの育成

(1)異分野・異学年の生徒による課題解決ワークショップの実施

第1期SSH指定時に開設した科学クラブ「サイエンス研究会」の日常的な活動支援に加え、各自の専門性を生かしながら多分野融合研究の視点を与えたり、異学年・異分野の生徒同士が協働する「イノベーター・キャンプ」やプログラミング実習を年10回実施し、「共創力」の育成を目指した。本年度は、企業や大学と連携したプログラミング実習を6校の生徒で実践した。(SSH交流会支援枠採択事業)

(2)国内外の科学コンテストへの参加数の増加

自身の研究活動に対する客観的視点を獲得する場として、各種コンテストに向けた支援を行った。

(3)より多くの科学技術イノベーターを育成するための実践

サイエンス研究会の生徒が培った資質・能力をより多くの生徒に普及するための活動として、前述した課題研究の授業における協働活動に加え、校内発表会を通じた研究手法の共有により、サイエンス研究会に入部する生徒や科学コンテストに参加する生徒数が増加した。

(4)企業連携・他校連携・海外連携

サイエンス研究会の各班の活動状況に合わせ、企業連携(物理班・生物班)、他校連携(数学班)、海外連携(化学班)を行い、多様な専門化との共創を行った。

■サイエンス国際交流における取り組み

(1)海外先進校での研修(タイ研修・ベトナム研修)の実施

サイエンス研究会の生徒のさらなる能力向上を目指し、タイ及びベトナムでの研修を実施し、英語での研究発表や海外生徒と協働した課題解決を行った。

(2)国内での協働型サイエンスキャンプ「NARA SAKURA Science Camp」の開催

多くの生徒に海外先進校の生徒との課題解決の機会提供を行うことを目的として、6カ国の生徒による「NARA SAKURA Science Camp」をJSTさくらサイエンスプランの支援を受けて開催した。

■大学教員と本校教員による探究活動カリキュラムの開発

(1)大学での研究活動につながる資質・能力の検討と成果の共有

奈良女子大学の教員と本校教員による研修会を定例開催し、大学教員と本校教員による探究活動カリキュラムの分析を行った。12月に開催した「集まれ!理系女子 関西大会」においては、議論した資質・能力の観点に基づいたポスター評価や、大学教員との情報交換会を実践した。

(2)短期集中プログラム(AG)における実践

夏季休業期間明けのゼミ形式プログラム「アカデミック・ガイダンス(AG)」を実施した。

(3)「高大接続文理統合型探究プログラム(PICASO)」の試行

次年度からのPICASOの本格実施に向けて、大学教員と本校教員が協働で探究活動の指導方法を検討し、具体的な講座内容や探究活動の進め方、高大接続入試としてのあり方について協議した。

■事業評価と成果普及

第3期SSHの総括として、研究開発の成果と課題を明確化することを目的とし、各種事業アンケートを実践・分析し、教員研修会「理数研究会」にて成果と課題について議論した。加えて、開発した理科・数学連携授業案や課題研究の成果と課題、卒業生インタビューに基づくサイエンス研究会の有効な支援活動の分析結果を本校ホームページ「SSH on Web」にて公開し、成果の普及につとめた。

第2章 研究開発の経緯

■カリキュラム開発

課題研究ロードマップ	<ul style="list-style-type: none"> 各課題研究での指導方法の打ち合わせ(4月) 成果物(ポスター)の提示と分析(4月) ロードマップに照らし合わせた探究活動のフィードバックシートの作成(7月)
6年「SS課題研究」 ※第3期SSH指定3年次より開講	<ul style="list-style-type: none"> 基礎セミナーの受講・課題研究の実践(4月～10月) ポスター発表会(10月)・振り返りとレポート作成(11月)・評価検討(12月)
5年「コロキウム」 ※第2期SSH指定時より開講	<ul style="list-style-type: none"> ゼミ形式での探究活動(4～10月)・個人またはグループでの探究活動(11月～2月) 各講座別の成果発表(2月)・評価検討(3月)
4年「課題研究 世界Ⅱ」 ※第2期SSH指定時の実践後、 第3期SSH指定2年次より開講	<ul style="list-style-type: none"> 半期ごとに生徒を入れ換えて自然科学領域・人文社会領域の探究活動を実践 基礎セミナーの受講・課題研究の実践(4月～10月)・ポスター発表会(10月) 振り返りとレポート作成(10月)・評価検討(10月) ※11月～3月は後半チームの実践
理科・数学連携授業 ※第3期SSH指定1年次より実践	<ul style="list-style-type: none"> 分散型カリキュラムとしての授業での実践(通年) アンケート実施と評価検討(10月～11月) 公開授業に向けた授業案の作成(11月～2月)・公開授業(2月)
「共創力」育成の視点 による教科活動	<ul style="list-style-type: none"> 各教科での授業実践(通年) 生徒の学びの記録による実践の振り返り(11月)
評価研究	<ul style="list-style-type: none"> 各課題研究ポスター発表会でのポスターループリックによる評価(各発表会開催時) 他校教員(計10名)との情報交換会(12月)・他校教員(計20名)との実践報告会(2月)

■科学技術イノベーターの育成

第1期SSH指定時に開設した科学クラブ「サイエンス研究会」の生徒の活動支援と成果の普及

各班の活動	<ul style="list-style-type: none"> 放課後を中心にグループまたは個人で研究活動(通年)
多分野融合型ワークショップ 「イノベーター・キャンプ」	<ul style="list-style-type: none"> 低学年向けの体験講座、プレゼンテーション講座、校内発表会による情報交換などを実施(年10回)
多分野融合型課題解決ワークショップ 「ベース・キャンプ」	<ul style="list-style-type: none"> 連携企業、大学との打ち合わせ(5月～7月)・他校教員との連携(6月～8月) アイスブレーキング活動と事前学習(8月、1回) 課題解決ワークショップ(8月、2回)
各班の活動状況に応じた多様な専門家との共創	<ul style="list-style-type: none"> 企業の研究資材の活用、Webミーティング(物理班,通年) 企業の研究資材の活用、小麦栽培ワークショップ(生物班,通年) 海外先進校との国際共同研究(化学班,通年) 他校との合同研究会(数学班,12月,3月)
科学コンテストへの参加	<ul style="list-style-type: none"> 令和元年度SSH生徒研究発表会にて科学技術振興機構理事長賞(物理班1名) テクノアイデアコンテスト2019にてグランプリ(物理班1名) 第63回日本学生科学賞 中央最終審査にて入選1等(化学班1名) 第17回高校生科学技術チャレンジ(JSEC)にてテレビ朝日特別奨励賞(物理班1名) その他、各種コンテストに参加
サイエンス研究会以外の生徒への成果の普及	<ul style="list-style-type: none"> 4年「課題研究 世界Ⅱ」、6年「SS課題研究」での協働(4～2月) 全校生徒向けの研究発表会(12月)・サイエンス研究会の研究手法の分析(1月)

■サイエンス国際交流における取り組み

海外先進校での研修	<ul style="list-style-type: none"> タイ研修(英語論文ポスター作成(11月),現地研修と事後学習(12月)) ベトナム研修(事前学習(8月),英語発表資料作成(9月),現地研修と事後学習(10月))
NARA SAKURA Science Camp	<ul style="list-style-type: none"> ワークショップ打合せ(6月)・事前学習(7,8月)・キャンプ開催と事後学習(9月)

■大学教員と本校教員による探究活動カリキュラムの開発

高大接続文理統合型探究プログラム (PICASO)	<ul style="list-style-type: none"> 大学教員と本校教員によるカリキュラムワーキングの開催(通年、月1,2回) 次年度からの本格実施に向けた協議(通年、月1,2回)
各種事業での連携	<ul style="list-style-type: none"> アカデミック・ガイダンス(AG)と国際交流でのワークショップの実施(9月) 「集まれ!理系女子 関西大会」の実施(12月)

■事業評価

外部試験による評価	<ul style="list-style-type: none"> ベネッセ思考力判断テスト「GPS-Academicテスト」の実施(5月)・分析(10月)
各種事業評価	<ul style="list-style-type: none"> アンケートやインタビューの実施(9月)・成果と課題の分析(10月、11月)

第3章 研究開発の内容

第1節 共創力を育むカリキュラム開発

[1] 研究開発の課題と経緯

1. 「共創力」を育むカリキュラム

本校では、第3期SSHの研究開発課題に「「共創力」を備えた科学技術イノベーターを育成するためのカリキュラム開発」を据えている。ここで示す共創力とは、科学的思考力、幅広い視野と高い科学観・自然観を背景に、課題の解決や新たな価値や概念を創り出すために協働するとともに、主体的に判断し、主張・行動できる能力としての「共創力」を意図している。研究課題の設定当初、このような資質・能力の育成が期待されるカリキュラムとして、以下の3つを構築した。

① 理科・数学連携授業「サイエンス・イシューズ」の実践

第3期SSHの研究開発において、「サイエンス・イシューズ」と称した4,5年生（高校1,2年）を中心とした理科と数学科の連携授業を継続的に開発し、各授業において年間カリキュラム（分散型）として位置づけている。この授業では、教科・科目の枠に捉われない多角的・複合的な視点によって事象を捉えたり、理科や数学の考え方を組み合わせることによって生じる、分野を超えた新たな価値創造を目指し、以下のような特徴を持つ課題設定を行っている。

- ◆粘り強い思考力と高い科学観を必要とする
- ◆科学的知識と数学的知識の融合によって、各概念に対するより一層深い理解を生み出す
- ◆具体的現象と抽象的概念を往還することにより、科学の本質を体得できる

なお、これらの課題の解決においては、他者と協働し、多様な解釈が交わることで新たな概念形成が促されると考え、グループ内での議論や探究的な学びを重視している。

② 総合的な学習・学校設定科目などの探究活動（課題研究を含む）

共創力の育成を目指すもう1つの研究開発として、総合的な学習や学校設定科目による探究活動を実施している。これらの科目は、課題の設定や必要な情報の収集・分析などの一連の探究活動において、多様な他者との議論を通じて手法を見いだす姿勢が必要となる。そこで、発達段階に応じた主体的な課題設定を推奨し、多様な他者との協働や「知の共有」を通じて課題解決の手法を高めていくことを重視している。

③ 科学技術イノベーターの育成（サイエンス研究会）

本校では、第1期SSH指定時に開設したサイエンス研究会の生徒による研究活動が盛んである。サイエンス研究会には1~6年までの生徒が在籍し、自らの設定した課題について研究を行い、優れた研究実績を築いてきた。第3期SSHの研究開発においては、「共創力」育成の観点から、研究分野を超えた研究交流や協働で探究する機会を設け、「イノベーターキャンプ」という年間活動を新たに開始し、互いの研究活動を共有したり、多分野融合型課題解決ワークショップとしての「ベースキャンプ」を通して、互いの強みを生かして協働する機会を提供している。このような生徒こそが本校が目指す科学技術イノベーターであり、これらの生徒を確実に育成すると共に、その他の生徒のロールモデルに据えることで、より多くの生徒の活動を高いパフォーマンスへと導くことが重要であると考えている。

2. 「共創力」を育成するための具体的な教育活動

前述した重点項目に沿った3年間の研究開発の後、「自らの高い専門性を基盤としながら多様な専門家との協働を行い、既存の枠組みに捉われない新たな研究領域を切り開いていく「共創力」について、共創力を育成するために有効と考えられる具体的な「学びの仕掛け」について分析と評価を行った。議論の結果、以下の3つの学びの仕掛けが有効であることがわかった。

「共創力」を兼ね備えた科学技術イノベーターを育成するための取り組み

① 教科活動における取り組み

- ・自らの知識を深めて、専門性を深化させていく
- ・異なるアイデアを持つ他者との協働により、自らの知見を深める
- ・具体から抽象へと誘い、各学問領域における概念形成を促す

【数学科】

- ・学んだ数学の知識を、日常生活や具体的事例に応用・活用する場面
- ・学んだ数学の知識を、未知の問題や課題に応用・活用する場面
- ・抽象的な概念を理解したり説明したりする場面
- ・実験や探究により数学的な事実を見つけ出す場面
- ・多様な解法が可能な問題に取り組む場面

【理科】

- ・実験手法やデータ解析の手法を生徒自ら考案する場面
- ・抽象度の高い問いや未知の現象について深く考察する場面
- ・理科や数学の複数の領域の視点から課題の解釈を行う場面
- ・多様なアプローチが存在する課題において、他者の考えを共有し、差異を比較・検討する場面

② 理科・数学連携授業における取り組み

- ・異なる領域からの解釈が可能であることを学び、多分野融合の視点を意識化する
- ・多分野融合領域への取り組みには、高い専門性が下支えとなることを体感する
- ・未知の課題であるが故に、より一層の協働性が求められる状況下で多様な解釈に触れる

③ 探究活動における取り組み

- ・サイエンス研究会の生徒をロールモデルとした、主体的で発展的な課題設定を目指した探究活動を進めていくために必要な手法を学ぶ
- ・教科の授業や理数連携授業と探究活動を往還しながら、探究活動を質的に高める
- ・探究のグループにおける議論のみならず、研究過程における情報交換や発表会での議論を通じて、多様な他者の意見から新たな解釈を獲得する

2015年度から2017年度までの3年間は、主に②理数連携授業、③探究活動の開発と実践に取り組んできた。これらの実践から、理数連携授業や探究活動には、それらを下支えする科学的素養の獲得や高い科学観の涵養がより一層重要であること、通常授業などの日常的な場面における他者との協働の積み重ねが、共創力の育成に求められる協働性につながっていくことが明らかになった。

そこで2018年度は、理科・数学科の授業において「「共創力」の育成につながる教科活動の特徴とは何か」について議論し、第1期SSH指定で取り組んだ自然科学リテラシーの育成を目指した教科活動、第2期SSH指定で取り組んだリベラルアーツの涵養を目指した教科活動を①の視点から捉えなおし、理数連携授業や探究活動で必要となる「共創力」の育成に資する探究型教科活動を実践した。本年度の成果発表会では、前述した研究開発において取り組んだ「異分野融合型カリキュラム」の実践および「サイエンス研究会の生徒をロールモデルとした課題研究カリキュラム」の実践について、5年間の成果と課題を中心に報告を行った。本書においては、5年間の研究開発を「共創力」育成の視点から総括する。

[2] 研究開発の内容

1. 探究活動の深化

■全体構想

本校では研究主題である「共創力」の育成を目指し、次に示すような6年一貫の探究活動を学校全体で実践している。第3期SSHでは課題研究におけるカリキュラム開発に取り組み、自然科学領域においては4年「課題研究 世界Ⅱ」、6年「SS 課題研究」を平成28年度より順次開講した。

学年	領域	名称	特徴	担当者
1年	世界遺産	探究・寧楽Ⅰ	短期集中	クラス担任中心(+社会科1)
2年	古都奈良の文化財	探究・寧楽Ⅱ	短期集中	クラス担任中心(+社会科1)
3年	ESD(持続可能な開発のための教育)	探究・世界Ⅰ	統合型(65分×週1回)	社会科・創作科・保健体育科・国語
4年		探究・世界Ⅱ	統合型(65分×週1回)	社会科・国語科・理科1・数学科1
5年	リベラルアーツ	コロキウム	統合型(65分×週1回)	全教科(希望教員)
6年	自然科学と実社会	SS 課題研究	統合型(65分×週1回)	理科4・数学科2

本年度の研究開発では、自然科学領域における課題研究に相当する4年「課題研究 世界Ⅱ」及び6年「SS 課題研究」について、探究活動で目指すべき資質・能力を記載した「NWUSS 課題研究ロードマップ」(平成30年度作成)を活用し、「共創力」の育成を目指した実践を行った。その際に、第1期SSH 指定時より放課後を中心に活動しているサイエンス研究会の探究活動をロールモデルとして位置づけ、生徒及び教員が具体的に本校の目指す探究活動をイメージできるようにした。加えて、過去の課題研究の成果物を参考資料として提示し、生徒の具体的な活動を促すように工夫した。

■仮説

- ①「NWUSS 課題研究ロードマップ」を過去の成果物(課題研究ポスター)の内容と関連付けて示すことで、生徒・教員間で達成目標の共通理解が深まり、探究活動の質の向上につなげることができる。
- ②探究活動のロールモデルとして、サイエンス研究会の研究手法を位置づけることで、探究活動の可能性や質の高い具体例を共有でき、より多くの生徒のパフォーマンスを向上させることができる。
- ③「共創」を意識した協働や成果発表会を充実させ、異学年や異分野の探究活動に携わる生徒間の意見交流を促すことで、新たな視点や知識を獲得するための「共創力」を高めることができる。

■方法

(1) 目指すべき資質・能力の明確化と課題研究ロードマップの活用

上記の仮説に基づき、「NWUSS 課題研究ロードマップ」を作成した。項目の決定には、サイエンス研究会及び昨年度の課題研究の授業で作成したポスターを理科・数学科の教員で分析し、「どのような資質・能力が求められるか」について議論を行なった。その後、各教科のカリキュラム代表と大学教員によって構成されるカリキュラムワーキングにおいて検討を行なった。作成したロードマップは、課題研究の授業で生徒に配布し、過去の典型的なポスターを例示しながら、到達目標の共通理解を目指した。また、サイエンス研究会の優れた探究活動の研究発表を聴講した後に、研究手法の優れた点や、自身の探究活動に生かせる点をグループで協議させることで、生徒が最高到達目標を具体的にイメージしたり、新たな視点を獲得する「共創力」育成の機会とした。

さらに、学校全体で評価研究に取り組み、各発達段階においてどの資質・能力を重点的に評価するか協議を行うとともに、ロードマップに対応したポスター発表評価用ルーブリックを作成した。

【NWUSS 課題研究ロードマップにおける目標設定】

Stage1	探究活動の手法を学ぶ（4年「課題研究 世界Ⅱ」）
	課題の設定に指導の重点をおき、自身の興味・関心に基づいて設定した課題を検証し、手法を改良しながら研究活動を高めていく姿勢を学ぶ。
Stage2	数理解釈を重視した探究活動を行う（6年「SS 課題研究 ベーシック講座」）
	各教科・科目において培った知識や考え方を生かし、実社会や実生活の中から見出した課題を数理的に解釈する姿勢を学ぶ。
Stage3	高校の学習範囲にとらわれない高度な探究活動を行う（6年「SS 課題研究 アドバンス講座」）
	実社会や実生活の中から見出した課題をより広範囲に分析し、各教科・科目において高校の学習範囲に捉われない発展的な内容を対象とした高度な課題研究を目指す。
Expert	自らの学問的背景に基づいた独創的で発展的な研究活動を行う（サイエンス研究会）
	長年培った課題研究の姿勢を生かし、独自の着眼点や実社会との関わりに基づいた発展性の高い課題研究を実施し、既存の枠組みに捉われない新たな価値の創造を目指す。

【NWUSS 課題研究ロードマップ】

「4年課題研究 世界Ⅱ」 「6年SS 課題 ベーシック」 「6年SS 課題 アドバンス」 「サイエンス研究会」

NWUSS 探究活動のアプローチ		Stage1 探究活動の手法を学ぶ	Stage2 数理解釈を重視した 探究活動を行う	Stage3 高校の学習範囲に捉われない 高度な探究活動を行う	Expert 自らの学問的背景に基づいた 独創的で発展的な研究活動を行う
①課題の設定 【PICASO 問題 の発見】	課題の発見	・興味ある事柄の中から探究活動の対象につながる課題を見いだすことができる			・社会的意義や学問的意義の高い課題設定を行うことができる
	課題の吟味	・課題設定において、検証可能な課題を選ぶことができる	・課題設定において、数理解釈を深めることができる課題を選ぶことができる	・課題設定において、高校の学習範囲に捉われない発展的な課題に挑戦できる	・課題設定において、学ぶべき知識や領域を制限せず、高校生のレベルを超えた課題に挑戦できる
	先行研究の調査	・先行研究を調査し、探究活動に必要な情報を見いだすことができる	・先行研究を調査し、既習の学習内容から理論的・実験的な分析が可能な課題を設定できる	・先行研究を調査し、必要な知識を学ぶことで理論的・実験的な分析が可能な課題を設定できる	・先行研究を調査し、未解決になっている課題を見いだしたり、独創的な視点から新たな課題を設定できる
	課題の適切化	・課題の難易度が高い場合、自身の探究スキルに合わせて、適切なレベルの課題を再設定できる	・課題の難易度が高い場合、必要な知識を学習しながら適切なレベルの課題を設定できる	・課題の難易度が高い場合、必要な知識を学習しながら課題に挑戦できる	・課題の難易度が高い場合、より高度な知識や技術の習得につとめ、当初設定した課題の達成を目指すことができる
②研究活動 【PICASO 各 ステージにおける 「方法」の重要 さ】	手法の構築	・課題の解決に連した調査方法を見いだすことができる ・初めて使う実験器具や理論への理解を深めることができる	・数学や理科の知識を用いて、分析的な調査方法を見いだすことができる ・適切な実験器具を選んだり、論理的解釈を行うことができる	・必要な調査方法を学びながら、より発展的な調査方法を構築できる ・適切な実験器具を選んだり、論理的解釈を行うことに加え、必要に応じて実験装置や理論の構築に挑戦できる	・新たな調査方法を構築したり、既存の方法に独自の視点を加えた調査方法を構築できる ・研究活動に連した実験装置を自作したり、検証に必要な理論を独自に構築できる
	データの処理と分析 【PICASO データや情報の収集】	データ処理 ・得られたデータが示す傾向を読み取るために、適切なグラフや表で整理できる	分析 ・得られたデータが示す数理的な傾向を読み取るために、適切なグラフや表で整理できる	データ処理 ・得られたデータが示す数理的な傾向を読み取るために、適切なグラフや表で整理できる	分析 ・統計的有意性など、データ解析に必要な数学的処理を行うことができる ・高校生の知識を超えた論理的分析を行うことができる
④考察と結論	先行研究との比較	・先行研究に近い結果を見いだすことができる	・先行研究をもとに、結果の妥当性を数理解釈を交えて評価できる	・先行研究をもとに、必要な数理解釈を学びながら結果の妥当性を評価できる	・複数の先行研究を参考にしながら、課題の妥当性に独自の解釈を与えることができる
	結論	・得られた結果から、課題に対する結論を見いだすことができる	・得られた結果から、数理解釈を交えて分析的な結論を見いだすことができる	・得られた結果から、高校生の知識を超えた解釈を交えて分析的な結論を見いだすことができる	・結論の発展性について、学問的な視点から深く考察することができる
⑤記録と発表	活動の記録	・活動の様子を研究ノートに記録できる	・活動の様子を他者が理解できるように整理しながら研究ノートに記録できる	・活動の様子を整理しながら研究ノートに記録するとともに、次回の活動につながる分析的な振り返りを行うことができる	・研究ノートに限らず、デジタルコンテンツを用いて活動の様子を記録し、発表活動に活用できるように整理できる
	発表	・研究の成果をまとめたポスターを作成することができる	・研究の成果を分析的にまとめたポスターを作成することができる ・考察に重点をおいたポスター作成ができる	・軽微な研究手法を分かりやすくまとめたポスターを作成することができる ・研究の成果を論文形式でまとめることができる	・コンテストや学会での発表が可能なレベルでポスターや論文を作成することができる
⑥共創	協働	・指導教員とよく相談しながら各回の課題研究を計画したり、研究内容を振り返ることができる	・グループのメンバーと協働しながら課題研究の計画や振り返りができる ・適切なタイミングで指導教員の助言を求めることができる	・適切なタイミングで指導教員と相談し、生徒主体で課題研究の計画や振り返りができる	・指導教員のみならず、研究者や大学教員など、必要に応じて専門家との意見交換を行うことができる
	観察	・他者の探究活動の手法に興味を持ち、自らの活動との類似点や相異点を見出すことができる	・他者の探究活動の手法を観察し、他者の優れた手法を自身の活動に生かす方法を考えたり、新しい視点を獲得することができる	・発展的な課題に取り組む生徒やサイエンス研究会の生徒の探究活動の手法を観察し、自身の活動を高めるための視点を獲得できる	・異分野の課題研究に携わる生徒と議論を行い、多分野と連動した視点を獲得することができる

【NWUSS 4年世界Ⅱ ポスター発表用ルーブリック (案)】

NWUSS 4年世界Ⅱ ポスター発表用ルーブリック

教員用

発表番号 テーマ()

採点者名 ()

目標:課題研究の手法を学ぶ			2点	1点	0点
評価の観点/レベル			目標到達	やや不十分	不十分
①課題の設定 【PICASO:問題の発見】 【PICASO:仮説や見通しの構築】	課題の発見	自分の興味・関心に基づいた問いが立てられており、研究の動機・目的が明確である。			
	先行研究の調査	先行研究を調査し、探究活動に必要な情報を見いだすことができている。			
	調査研究の立案	課題の解決に必要な条件・精度・具体性を意識した計画が立てられている。			
②研究活動 【PICASO:各ステージにおける「方法」の重要性】	手法の構築	課題の解決に適した調査方法を見出し、実施することができる。			
③データの処理と分析 ④考察と結論 【PICASO:データや情報の収集】	データ処理分析と考察	や表等を用いて表し、そこから言えることを読み取り、考察できている。			
⑤記録と発表	ポスター	研究成果がわかりやすいように、研究内容がまとめられている。			
	発表態度	研究内容を理解しており、わかりやすく伝えようとする努力が感じられる。			

チェック項目		
声の大きさ	<input type="checkbox"/> 聞き取りやすい声の大きさである。	<input type="checkbox"/> 聞き取りにくい声の大きさである。
視線	<input type="checkbox"/> 聞き手の目を見て話すことができている。	<input type="checkbox"/> ポスターや原稿ばかりを見て話している。
ポスターの見やすさ	<input type="checkbox"/> 字の大きさや配色、レイアウトなどが工夫されていて見やすい。	<input type="checkbox"/> 字の大きさや配色、レイアウトなどに工夫がなく見にくい。
引用文献	<input type="checkbox"/> 引用文献が正しく表記されている。	<input type="checkbox"/> 引用文献が正しく表記されていない。
質疑応答	<input type="checkbox"/> 質問が理解できており、十分に説明できている。	<input type="checkbox"/> 質問が理解できておらず、説明も不十分である。
発表時間	<input type="checkbox"/> 与えられた時間を活用することができる。	<input type="checkbox"/> 発表時間を守ることができていない。
協働	<input type="checkbox"/> グループの全員が発表内容を理解しており、発表に積極的に参加している。	<input type="checkbox"/> 発表内容を理解していないメンバーがいる。

コメント欄(特に優れていた点など自由にお書きください)

【NWUSS 6年SS課題 ポスター発表用ルーブリック (案)】

NWUSS 6年SS課題【ベーシック】ポスター発表用ルーブリック

生徒用

採点者()年()組()番 名前()

発表番号 テーマ()

目標:課題研究の手法を学ぶ			2点	1点	0点
評価の観点/レベル			目標到達	やや不十分	不十分
①課題の設定 【PICASO:問題の発見】 【PICASO:仮説や見通しの構築】	課題の発見	自分の興味・関心に基づいた問いが立てられており、研究の動機・目的が明確である。			
	先行研究の調査	先行研究を調査し、既習の学習内容から理論的・実験的な分析が可能な課題を設定できている。			
	調査研究の立案	課題の解決に必要な条件・精度・具体性を意識した計画が立てられている。			
②研究活動 【PICASO:各ステージにおける「方法」の重要性】	手法の構築	課題の解決に適した調査方法を見出し、実施することができる。			
③データの処理と分析 ④考察と結論 【PICASO:データや情報の収集】	データ処理分析と考察	数学や理科の知識を用いて、分析的な調査方法を見いだすことができている。			
⑤記録と発表	ポスター	研究の成果を分析的にまとめたポスターを作成することができる。			
	発表態度	研究内容を理解しており、わかりやすく伝えることができている。			

コメント欄(特に優れていた点など自由に書いてください)

NWUSS 6年SS課題【アドバンス】ポスター発表用ルーブリック

生徒用

採点者()年()組()番 名前()

発表番号 テーマ()

目標:課題研究の手法を学ぶ			2点	1点	0点
評価の観点/レベル			目標到達	やや不十分	不十分
①課題の設定 【PICASO:問題の発見】 【PICASO:仮説や見通しの構築】	課題の発見	自分の興味・関心に基づいた問いが立てられており、研究の動機・目的が明確である。			
	先行研究の調査	先行研究を調査し、必要な知識を学ぶことで理論的・実験的な分析が可能な課題を設定できている。			
	調査研究の立案	課題の解決に必要な条件・精度・具体性を意識した計画が立てられている。			
②研究活動 【PICASO:各ステージにおける「方法」の重要性】	手法の構築	課題の解決に適した調査方法を見出し、実施することができる。			
③データの処理と分析 ④考察と結論 【PICASO:データや情報の収集】	データ処理分析と考察	得られた結果から、高校生の知識を超えた解釈を交えて分析的な結論を見出すことができている。			
⑤記録と発表	ポスター	難解な研究手法を分かりやすくまとめたポスターを作成することができる。			
	発表態度	研究内容を理解しており、わかりやすく伝えることができている。			

コメント欄(特に優れていた点など自由に書いてください)

(2)4年「課題研究 世界Ⅱ」

「課題研究 世界Ⅱ」は、4年生の全生徒を対象とした課題研究入門に相当する授業であり、4人の教員が自然科学的アプローチと人文社会的アプローチに分かれて実施している。生徒は半年ずつ両方の領域における課題研究の手法を学ぶ。自然科学的アプローチにおいては、理科・数学科から各1名の教員が担当し、「課題研究ロードマップ」の Stage1「探究活動の手法を学ぶ」ことを目指し、課題の設定や検証方法の模索など、課題研究の基本的素養を獲得させるための指導を行った。

①目標：科学的手法を用いた問題解決能力の習得を体験的に身につける。特に、課題研究の入門として課題研究の進め方を学んでいく。

②履修学年・単位数：4年の総合学習で、2単位を設定する（週1コマ）

③形態：2～4名で構成したグループでの探究活動とし、学年120名を2つのグループに分け、Ⅰ期、Ⅱ期で入れ替えて指導する。各期では60名の生徒を20程度の活動班に分け、数学科・理科の教員計2名により各班を指導した。

④評価方法：ポートフォリオ評価、ポスターセッションでの評価、レポート評価

⑤各授業回の内容（Ⅰ・Ⅱ期、数字は授業回）

第1回	オリエンテーション・統計処理実習	第2回	理科・数学別共通課題／グループ分け
第3～5回	テーマ設定・計画書作成	第4～9回	探究活動（班の進捗状況による）
第8～10回	研究まとめ／ポスター発表準備	第11～12回	成果発表会／振り返り

課題研究の実施に先立ち、前年度のうちに先輩のポスター発表を見学し、自分たちの研究を行う上での参考とした。生徒の興味は数学、理科に加え、スポーツ科学や情報科学等、多岐に渡っている。課題設定を行うにあたっては、まずキーワードを挙げてマインドマップを作成し、似た思考の生徒同士をグルーピングして、さらにディスカッションにより思考を深め、各々の仮説を検証できる課題となることを念頭において進めた。グルーピングの際には、サイエンス研究会の生徒や、数学・理科が得意な生徒をバランスよく配置することで、研究が進みやすくなるよう工夫をした。

課題研究に初めて取り組む生徒たちにとって、課題を適切に設定するのは難しく、先行研究を調査したり、研究ノートを十分に活用しながら、グループ内でよく話し合わせ、教員とも何度もやり取りを通して、検証可能な課題設定へ導いていった。また研究のイメージを持たせるため、最初にロードマップを用いて先輩のポスターを吟味し、自分たちの研究の目標を想像させた。実際に研究が進み長期休暇をはさむ時期には、今年度作成した「ロードマップによる振り返りシート」を配布して、再び先輩のポスターとロードマップの照らし合わせを行わせた。「ロードマップによる振り返りシート」は、典型的な過去のポスターとロードマップの各項目をリンクさせ、ロードマップに示された到達目標をよりわかりやすく具体的に生徒に示すための資料である（次項参照）。この振り返りシートを示しながら、教員が到達目標を再確認していくことにより、自分たちの研究との比較をして振り返りを行い、不足している部分や研究を向上させるための具体的な改善策を考えさせた。振り返りを行うことで研究を客観視することができ、正確なデータの収集やそれに導かれる考察、また目標の再確認ができた。ポスター発表では、他グループの研究をお互いにループリックを使って評価し合い、具体的な記述も行った。また、発表を聞いて自分たちの研究に活かせることを手法や視点といった点から考えさせた。以下に今年度の研究テーマを示す。

4年 世界Ⅱ（自然科学分野）のポスター発表会に向けた事前準備 - 自身の課題研究を振り返ろう -

以下の「NWUSS 課題研究ロードマップ」は、世界Ⅱ（自然科学分野）における「目標」を示したものです。現段階の皆さんの研究活動は、以下の目標をどの程度達成しているでしょうか？先輩の研究内容を参考にし、自身の課題研究を振り返り、9月の発表会までに行うべき内容を明確にしよう。※別紙にワークシートあり ※9月のポスター発表では、左下のロードマップの色付き部分の達成度を重点的に評価します。

例：先行研究（すでに世の中で行われている研究）を調査し、検証実験を行った課題研究

NWUSS	Stage1
課題研究の アプローチ	探究活動の手法を学ぶ
①課題の設定	<ul style="list-style-type: none"> 興味ある事柄の中から探究活動の対象になる課題を見いだすことができる 課題設定において、検証可能な課題を選ぶことができる
②課題の吟味	<ul style="list-style-type: none"> 先行研究を調査し、探究活動に必要な情報を見いだすことができる
③先行研究の調査	<ul style="list-style-type: none"> 課題の難易度が高い場合、自身の探究スキルに合わせた、適切なレベルの課題を再設定できる
④研究活動	<ul style="list-style-type: none"> 得られたデータに適した調査方法を見いだすことができる 初めて使う実験器具や理論への理解を深めることができる
⑤データの処理と分析	<ul style="list-style-type: none"> 得られたデータが示す傾向を読み取るために、適切なグラフや表で整理できる 先行研究の結果と比較し、誤差の要因について考察することができる
⑥考察と結論	<ul style="list-style-type: none"> 先行研究に近い結果を見いだすことができる 得られた結果から、課題に対する結論を見いだすことができる
⑦活動の記録	<ul style="list-style-type: none"> 活動の様子を研究ノートに記録できる
⑧記録と発表	<ul style="list-style-type: none"> 研究の成果をまとめたポスターを作成することができる

自分たちの興味に基づいて、先行研究の内容の中から自分たちで検証可能な課題を選びだしている。また、今回の実験でどんな調査をするか、明確に示している。

緑茶中のタンニンの定量分析

はじめに

私たちは緑茶に香味成分がどのくらい含まれているのか気になり、この研究を行った。緑茶中には様々な物質が含まれているが、その中でもタンニンという成分を特定し、測定する。はじめに市販の緑茶に含まれているタンニンの量を比較し、次に測定方法を決定し、タンニンの量はどのように変化するかを調べた。今回は緑茶のタンニンの定量分析を行った。

仮説

茶葉から抽出したタンニンの量は時間とともに上昇する

方法

①抽出液の調整
②抽出液の調整
③抽出液の調整
④抽出液の調整
⑤抽出液の調整

実験後

①タンニンと抽出液がそっくりな液を作った。抽出液は下の表の割合で抽出液を混ぜた。抽出液は抽出液を混ぜると、抽出液の色が濃くなる。抽出液の色が濃くなるほど、抽出液のタンニン濃度は高くなる。抽出液の色が濃くなるほど、抽出液のタンニン濃度は高くなる。

抽出液	抽出液	抽出液	抽出液	抽出液	抽出液
①	②	③	④	⑤	⑥
抽出液	抽出液	抽出液	抽出液	抽出液	抽出液
抽出液	抽出液	抽出液	抽出液	抽出液	抽出液
抽出液	抽出液	抽出液	抽出液	抽出液	抽出液

【実験】市販のペットボトルのお茶中のタンニンの量の測定

①抽出液を抽出し、抽出液の色を測定する。抽出液の色が濃くなるほど、抽出液のタンニン濃度は高くなる。抽出液の色が濃くなるほど、抽出液のタンニン濃度は高くなる。

【実験】茶葉の抽出液に含まれるタンニンの量

①抽出液を抽出し、抽出液の色を測定する。抽出液の色が濃くなるほど、抽出液のタンニン濃度は高くなる。抽出液の色が濃くなるほど、抽出液のタンニン濃度は高くなる。

結果

実験により求めた吸光度は次の値である。

おーいお茶	生茶	伊右衛門茶	濃い伊右衛門茶
0.417	0.337	0.314	0.333

その値に3の操作を加えて出てきたものが次の値である。

濃度(mg/100ml)	おーいお茶	生茶	伊右衛門茶	濃い伊右衛門茶
1.251	1.011	1.002	0.942	1.000

実験により求めた吸光度は次の値である。

時間(分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
濃度(mg/100ml)	0.84	1.03	1.13	1.17	1.20	1.25	1.28	1.31	1.35

その値に3の操作を加えたものを表にグラフにした。

時間(分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
濃度(mg/100ml)	2.52	3.09	3.39	3.51	3.60	3.75	3.84	3.93	4.05

時間と濃度の関係



左のグラフにより、時間と濃度の関係はほぼ比例として見られる。

考察

実験により、「濃い」と書かれている茶葉の抽出液にはタンニンが含まれていることが分かった。実験により、抽出液の色が濃くなるほど、抽出液のタンニン濃度は高くなる。抽出液の色が濃くなるほど、抽出液のタンニン濃度は高くなる。

課題

実験により抽出液の色を測定する際、抽出液の色が濃くなるほど、抽出液のタンニン濃度は高くなる。抽出液の色が濃くなるほど、抽出液のタンニン濃度は高くなる。

参考文献

「茶の化学成分分析」茶業試験場研究報告-1970.6.167

得られた結果について、わかったことや妥当性について検討できている。また、課題の部分では、今回確認できなかったことについて触れられている。(今回の実験では何ができて、どの部分は調べられなかったのかを考察する必要がある。)

初めて使う実験器具の使い方をよく理解し、適切な調査方法を見出している。(この場合の「吸光度」のように、新しく出てきた用語はしっかり調べ、意味を理解しよう)

【19年度 4年「課題研究 世界Ⅱ」研究テーマ一覧（Ⅰ期）】

乳酸菌で食物を発酵させたときの変化	水質の数値化 ～水道水と池の水の調査～
身のまわりのものにおける抗菌と殺菌作用	メダカの体色変化について
時間経過によるカビ・細菌の量の変化	手に潜む細菌～薬用ハトシジェルは効果的なのか～
プラナリアの飼育条件による再生能力の変化	食物繊維の役割 ～大便をたどる～
条件変化による食作用の働きの程度	風邪薬の構造を探る
発色リップの謎	これでいつでもうま味を感じられる？～うま味リップ～
Temperature V. S. Taste ～温度～	浦島太郎の亀は光速の0.999949999%で泳いだ
「可愛い」と思われる目の条件	液状化しにくい建物土台
歩く力で発電させよう	さいころの重心と出る目の関係
3の3乗	ブルーライトに殺虫作用？

(3)6年「SS 課題研究」

「SS 課題研究」は、6年理系選択者全員を対象とし、「実社会や実生活の中から生徒自らが課題を発見し、今まで身につけてきた能力を関連付けて考える」ことを重視した実践を行っている。ベーシック講座（講義とグループでの課題研究を合わせた講座）とアドバンス講座（個人またはグループで設定した課題研究を行う講座）を用意し、生徒の活動スタイルに合った講座を選択できるように工夫している。

①目標：【ベーシック講座】各教科・科目において培った知識や考え方を生かし、実社会や実生活の中から見出した課題を数理的に解釈する姿勢を学ぶ。

【アドバンス講座】実社会や実生活の中から見出した課題をより広範囲に分析し、各教科・科目において高校の学習範囲に捉われない発展的な内容を対象とした高度な課題研究を目指す。

②履修学年・単位数：6年理系が選択し、2単位を設定する（週1コマ）

③形態：ベーシック講座では、講座選択者を2つに分け、理科・数学科の教員を1名ずつ各講座に割り当て、探究活動はグループで行わせた。アドバンス講座では、研究テーマの分野に基づいて、講座選択者を2～4人のグループに分け、理科・数学科の教員4～5人で指導を分担した。探求活動は個人でもグループでもよいとしたが、ほとんどの生徒が個人研究を行った。

④評価方法：ポートフォリオ評価、ポスターセッションでの評価、レポート評価

⑤各授業回の内容（数字は授業回）

【ベーシック講座】

第1～5回	テキスト「理数科学」を用いた講義	第6～8回	テーマ設定
第9～11回	課題解決	第12～13回	ポスター作成
第14回	成果発表会	第15回	振り返り

【アドバンス講座】

第1回～9回	テーマ設定・実験方法の吟味・実験データの収集等（個人の進捗状況による）		
第10回	中間発表会	第11回～13回	ポスター作成
第14回	成果発表会	第15回	振り返り

▼ベーシック講座 ー数理的解釈を重視した探究活動を行うー

ベーシック講座では、「課題研究ロードマップ」の Stage2「数理的解釈を重視した探究活動を行う」ことを目標とし、理科や数学の教科活動で学んだ知識を課題研究の手法に応用し、課題に対する数理的解釈を促すための指導を行っている。講座選択者を2つに分け、理科・数学科の教員を1名ずつ各講座に割り当て、探究活動はグループで行わせた。

本講座では第1～5回の授業を講義にあて、SSHブックレット数学1(2期SSH指定時に作成)を使用してロジスティック曲線を学ばせた。講義後、得た知識を利用して身の回りの現象を科学的に捉え直したり、未来の事象を予測したりするようなテーマを生徒に主体的に設定させ、探究活動に取り組みさせた。以下に今年度の研究テーマを示す。

【19年度 ベーシック講座(グループ研究) 研究テーマ一覧】

学祭天気にな～れ	確率の実験
HIVのパンデミックモデル	虹の理論
加水分解による輪ゴムの強度の変化	ドミノ、倒れます
カレーに潜む危険	センター試験必勝法
性的マイノリティに生産性がないのは本当か	味覚とカラダ
milkcrown	解剖図見たい人
白銀比と黄金比に感じる印象について	植物の成長と光の色

▼アドバンス講座 ー高校の学習範囲に捉われない高度な探究活動を行うー

アドバンス講座では、長年サイエンス研究会として研究活動に励んできた生徒に加え、発展的な課題設定に高い興味を示す生徒が活動している。本講座では、「課題研究ロードマップ」の Stage3「高校の学習範囲に捉われない高度な探究活動を行う」ことを目標とした発展的な課題に取り組んでいる。サイエンス研究会に所属する生徒については、Expert「自らの学問的背景に基づいた独創的で発展的な研究活動を行う」ことを目標に、独創的な研究活動に粘り強く取り組んでいる。

本講座の活動は、文献調査や論理的考察、実験活動など、その活動内容が多岐にわたる。個々の課題意識も異なるため、多くの生徒が個人研究を行っている。生徒一人一人が異なるテーマを研究するため、生徒同士が研究内容について議論する機会や、協力して研究を進めていく場面が少なくなりがちである。そこで本講座では、物理・化学・生物・地学・数学などの研究分野が似通った生徒同士でグループ(2～4人)を形成し、専門が異なる理科・数学科の教員4～5人で指導を分担した。このグループは、各担当教員のもとに配属され、大学の研究室のように同じ部屋で異なるテーマを研究していくことになる。このような環境を作り出すことで、生徒同士による協働の活性化を狙った。

今年度の新たな取り組みとしては、アドバンス受講生内で中間発表会を行い、研究内容の共有を行った。異なる研究分野でも互いの共通点・相違点を見出して自身の研究活動に活かそうとする姿が見られた。活動内容は研究ノートやデジタルデータとして記録させ、指導教員が適宜確認し、助言を行なった。評価については、ポートフォリオ、ポスターセッション、論文などの成果物をもとに行なった。以下に今年度の研究テーマを示す。

【19年度 アドバンス講座(個人研究またはグループ研究) 研究テーマ一覧】

フィリングリッパーの構造の最適化	混合分子膜の成長をナノスケールで調べる
ウィルバーホース振り子の製作	マツタケの人工栽培を目指して
不明な線源を特定できるか	マイマイの非対称性について
ユンボの製作	マウス糞便を用いた雌雄判別
色素を用いた有機化合物の分離	音が植物に与える効果

(4)5年「コロキウム」

学校設定科目「コロキウム」は、本校の5年生を対象とした科目で、文理の枠組みを超え、少人数の対話型の形式をとることで、リベラルアーツを育成するとともに、狭い知識や技能の集合体ではなく、専門的な(自然科学の根底にある)ものの見方や考え方を学ぶことをめざしている。また、「コロキウム」は、「観(考えていることや感じていること)」を磨こうとする活動であると捉えられる。コロキウム担当者が形成している「観」に、生徒たちの目を向かわせ、学習活動を通じて「客観化」する(複数の考え方を持つことでどのような世界が見えてくるか実感させる)ことによって、自ら考えよう、感じようとする意欲を喚起し、生徒一人ひとりが自らの手で「観」を磨き上げていくように働きかける手法をとっている。

各教科から専門性を背景に持ちつつ、従来の教科の枠組みにとらわれない様々なテーマの講座を開講し、事象のとらえ方や考え方、「科学」に対する知見などを深めるために、本校教員が中心となり、適宜、大学教員・大学院生・研究者の協力を得ながら、指導を行った。評価については、実習やディスカッション、ポートフォリオ、表現活動など、「学んだことの意味を考えさせること」を重視した。以下に今年度開講講座の実践例を示す。

—19年度 コロキウム実践例 講座2「人間の思考とことば」(数学科 石賀勇樹) —

[ねらい]

現代社会は、情報化、科学技術の発展、グローバル化などにより、変化のスピードが加速しているといわれている。そのような時代を生きていくために、「課題を解決する力」だけでなく、「問をつくる力」の涵養を目指した。

[実践内容]

①身近な問の解決

他や自己との対話、自然や社会、歴史との対話を通して、議論の方法を学ぶ。また、少人数で議論を繰り返し行うことにより、一つの問に対し、様々な解釈が存在することを学ぶ。

②数学の言語的な側面を知る

集合の濃度や数の構成などを学習することにより、「無限」や「4次元以上の空間」の数学的な表現方法、考え方を学ぶ。

③ゲーム理論

数学的な考え方を取り入れることで、発展した学問について学ぶことによって、「ことば」とはどういうものかについて考える。

【19年度の開講講座一覧(開設8年目)】

講座1	歴史と現代—歴史を見つめる眼、社会を見つめる眼—	(社会科教諭)
講座2	人間の思考とことば	(数学科教諭)
講座3	「部活動」から「〇〇」へ—新しい文化の形成者となるための大いなる航海—	(社会科教諭)
講座4	人生幸福論—しあわせって何だろう—	(家庭科教諭)
講座5	デザインプロセス・コミュニケーション	(技術科教諭)
講座6	アドラーを学ぶ「試み」	(国語科教諭)

昨年度の受講生を対象としたアンケートから、内容の難しさを感じている生徒が多いにも関わらず、おもしろさ・興味深さを感じている生徒が大多数であることがわかった。特に、多くの生徒が科学論の必要性・意義について理解できたことは大きな収穫であったと考えている。授業の枠組みとしても、昨年度90分授業から65分授業へと大きな変更があったので、少ない時間で論考を深める工夫がいつそう必要になってきている。今後、全員でのディスカッションの時間を増やすなどして、ゼミ形式講座の良さを追求していきたい。

■探究活動の検証

(1) ロードマップを活用した到達目標の共有化

課題研究ロードマップを作成するにあたり、理科・数学の教員間で各探究活動における指導目標および生徒の活動目標について議論を行った。当初は教員間で認識の違いやずれが少なからずあったものの、話し合いを重ねることで各講座での到達目標が明確になり、教員間で共通理解をもつことができた。また、サイエンス研究会の生徒の活動をロールモデルとして位置付けたことで、生徒の主体性や学問的背景に寄り添う本校の探究活動の強みを改めて共有することができた。

今年度の新たな取り組みとして、4年世界Ⅱの講座において、課題研究ロードマップの各項目と先輩のポスター内容をリンクさせた「ロードマップによる振り返りシート」を作成した。最初は、ロードマップをもちいて先輩のポスターを吟味し、自分たちの研究の目標を想像させた。研究の終盤にさしかかる時に、「ロードマップによる振り返りシート」を用いて、再度先輩のポスターとロードマップの照らし合わせを行い、自分たちの研究と比較させることで、不足している部分や研究を向上させるための具体的な改善策を考えさせた。以下は、先輩のポスターと比較した生徒の検証結果の抜粋である。

【「ロードマップによる振り返りシート」に記載されていた生徒の検証結果(一部抜粋)】

- ・自分たちの研究には結果の分析が不足しており、客観的な画像の分析を入れる必要を感じる。
- ・固さを確かめる際に触るという方法ではデータとして扱えないので、十円玉や鉄球など重さが明確で分かりやすい物体を用いて測定する。
- ・結果から考察への導きが不足しているため、材料に関する知識をさらに深めたい。
- ・先行研究を新しい別の例に落とし込んでおり興味を引いた。
- ・パソコンを有効活用しシミュレーションすることで実験できない面をカバーできる手法に気づいた。
- ・課題設定がユニークで自分たちには思いつかないものだった

上記のように多くの生徒の検証結果において、新しい気づきの獲得がみられたことから、今回の取り組みが「具体的に到着目標を共有するため」の手段として有効であることがわかった。

今後の展望としては、評価研究を一層進めるとともに、1～3年の探究活動においても育成したい資質・能力を明確化し、6年一貫の新カリキュラムへの反映を目指したい。加えて、今年度よりスタートした「文理統合型高大接続探究コース(通称 PICASO コース)」での探究活動に向けて、本校教員と大学教員が大学での研究活動につながる資質・能力について議論を重ね、ロードマップがより実用的なものになるように改善していきたい。

(2) 各探究活動の実践と評価研究

4年「課題研究 世界Ⅱ」、6年「SS 課題研究」において、課題研究ロードマップを意識した指導に取り組んだ。また、課題研究ロードマップに基づいたルーブリックを作成し、各講座のポスター発表会での評価に使用することで、その実用性を検証した。

▼4年「課題研究 世界Ⅱ」における実践

4年「課題研究 世界Ⅱ」については、課題研究ロードマップや評価用ルーブリックの作成過程で、講座担当者を中心に指導方法を再考し、「共創力」育成の視点から生徒の活動に新たな取り組みを導入してきた。各発達段階での目標が明確化されたことで、指導及び評価項目の重点化を教員間で共有できたことは、カリキュラムの再現性の視点からも大きな成果である。また、過去のポスターの活用や、次年度に受講する3年生にポスター発表会を見学させるなどの工夫を加えたことで、年度ごとに途切れていた課題研究に継続性が生まれ、研究内容や発表用ポスターの質も向上した。

また、サイエンス研究会の高学年の発表を見せることで、多くの生徒たちが研究手法について具体的な学びを得ていることがわかった。特に、仮説の再設定、研究手法の練り直し、多角的な研究視点など、研究活動を長く続けてきた生徒ならではのストーリーを聞かせることで、以下のように各生徒が自身へのフィードバックを行っており、共創力の育成に効果的であることがわかる。

【先輩の研究と自分たちの課題研究（世界Ⅱ）との比較（アンケート結果抜粋）】

- ・自分たちが実験するとき、その結果だけで満足することなく、なぜそのような結果になったのかを考える必要があると思った。
- ・今取り組んでいる研究から学んだものを次に活かすこと。今の研究から、他の条件ではどうなるか研究し、比較しようと感じた。
- ・実験の結果に満足するのではなく、そこから視野を広げていきたい。
- ・1つの研究で終わらせるのではなく、何回もしようと思った。

上記のコメントのように「1回の結果に満足せず、研究を継続し発展させることの重要性」についての回答が多く見られた点や、先輩の発表を聞いた後に課題研究を行った生徒の方が研究手法が質的に向上している点からも一定の効果が見込まれる。

一方で、生徒・教員共に4年「課題研究 世界Ⅱ」のあり方についていくつかの課題を感じているのも事実である。指導教員は、指導者や指導時間の不足、評価の難しさなどの問題を常に抱えながら授業を行っており、これは学校全体で取り組むべき課題である。また、研究テーマの自由度を大きくすればするほど、実験器具・薬品の準備や放課後等の課外活動の指導に時間を要し、指導教員の負担が増大したり、実験中の事故を招く危険性が高まることがわかった。この5年間、課題研究のカリキュラム開発を行う中で、多くの成果を上げてきたが、このような課題は残ったままである。今後も、限られた時間や人材を有効に活用し、より良い課題研究の在り方を模索していきたい。

▼6年「SS 課題研究」における実践

4年での入門的手法の獲得後、5年「コロキウム」での文理に縛られない視野の拡大を経て築かれた学問的背景を生かし、6年での個性豊かな探究活動を展開するカリキュラム設計が本校の6年一貫探究カリキュラムの特色と捉えている。今年度の6年は、4年次の探究世界Ⅱから継続的に課題研究に取り組んできたこともあり、テーマ設定からポスター発表まで、綿密に計画を立てて研究を進めることが出来ていた。ベーシック講座では、過去に卒業生が行った研究テーマを更に発展させて研究活動を行っているものがあり、本校で探究活動を継続的に実施することが「共創力」育成の視点からも重要であると考える。アドバンス講座では、将来的に大学で研究したいことを研究テーマとして設定しているものがあり、専門性が高い内容が数多く見られた。また、両講座とも、上記のように生徒が今までに得た知識を活かし、社会への貢献を意識しながらテーマ設定をしている研究が多かった。6年一貫探究カリキュラムの最終年度に課題研究を実施することは、生徒が社会に目を向けるために有効であると考えられる。

本講座では、研究活動の総まとめとして「研究振り返りシート」を記入させている。自分自身だけでなく、他者の課題研究活動における気づきも明文化させることで、「共創力」の育成や、授業と探究活動の往還などを分析する狙いがある。分析結果としては、まずサイエンス研究会への所属の有無に関係なく、お互いの研究を高め合っていることが読み取れた。また、6年SS課題のポスター発表会では、自分の研究分野以外の研究からも、自身の研究を発展させるようなヒントを得ている生徒が多く存在した。授業と探究活動の往還については、4年「課題研究 世界Ⅱ」のアンケートからは読み取ることができなかったが、6年「SS 課題研究」の生徒では、「身の回りには高校数学まででも解決できる問題がたくさんある」などの意見があり、授業で取り扱っている内容に対する見方の変容がみられた。

本講座の活動は、文献調査や論理的考察、実験活動など、その活動内容が多岐にわたる。個々の課題意識も異なるため、多くの生徒が個人研究を行っている。これらの生徒間での「共創力」の育成を目指し、異なる研究テーマの生徒が同じ活動場所を共有するように工夫した結果、物理解分野の生徒がデータ解析の妥当性について数学分野の生徒に意見を求めるなど、互いの強みを生かして協働するなどの姿が見られた。

▼評価用ルーブリックの作成と実用性の検証

評価用ルーブリックを作成するにあたり、理科・数学の教員で、各発達段階においてどの資質・能力を重点的に評価するか協議を行った。生徒の研究テーマは、理科や数学の多分野にまたがり、その研究手法はさまざまであることから、同じ評価用ルーブリックで全ての研究を正當に評価することは非常に困難であることがわかった。評価項目や評価基準について話し合いを重ね、アイデアを出し合うことで、シンプルで誰もが使いやすい評価用ルーブリックが完成した。

今年度は、4年「課題研究 世界Ⅱ」、6年「SS 課題研究」のポスター発表会において、生徒と教員に作成した評価用ルーブリックを配布し、実際に使用してもらった。生徒の評価結果と教員の評価結果を比較分析したところ、生徒の評価の方が高くなる傾向があったが、生徒と教員の評価に大きな差異はなく、誰もが使いやすいルーブリックであることが示された。

今後は、課題研究の評価用ルーブリックとして多くの人に活用してもらい、意見をもらうことで、さらに使いやすくなるように改良を加えていきたい。また、研究の初期段階で評価用ルーブリックを生徒に示し、彼らが自分たちの研究を客観的に評価しながら研究を進められるように役立てていきたい。

(3) ロールモデルの具体的例示と「共創力」の育成

第1期SSHから本校が育成してきたサイエンス研究会は、本校の探究活動の特色を表す存在である。試行錯誤を繰り返し、研究室のメンバーと意見を交わしながら自身の学問的背景を築きあげてきたイノベーターである。第3期SSHにおいては、彼らが培った資質・能力をその他の生徒に普及することが研究開発の主題である「共創力を兼ね備えた科学技術イノベーター」の育成につながると考える。

そのための環境づくりとして、優秀な研究活動を行なっているサイエンス研究会の生徒2名に全校生徒向けの口頭発表を行わせた。彼らが探究活動のロールモデルとなることで、すでに課題研究を行っている生徒のモチベーション向上や、新たにサイエンス研究会への入部を希望する生徒数の増加がみられた。加えて、4年生の抽出生徒39名を対象に、「2名の研究発表を聞いてどのような点が優れていると感じたか」というアンケートを行った結果、以下のような回答が得られた。多くの生徒が、「テーマ設定」や「検証方法の吟味」の重要性を肌で感じる事ができていることがわかり、ロールモデルの具体的例示が学校全体の探究活動への取り組みを活性化するうえで効果的であると考えられた。

【アンケート結果】サイエンス研究会の研究手法の中で優れていると感じた点(1つのみ選択)

- ・複数の視点からの検証(9名)
- ・研究テーマの設定(9名)
- ・疑問の見つけ方(6名)
- ・応用力(5名)
- ・発想力(4名)
- ・実験目的の明確さ(3名)
- ・発表のわかりやすさ(3名)

4年「課題研究 世界Ⅱ」のポスター発表会終了後に「共創力ワークシート」を配布し、各自記入させた。このワークシートでは、「他のチームの発表を参考にして、自分のチームに生かせることは何か？」という質問項目について、研究手法と研究視点の観点からそれぞれ記入させた。このアンケートからは、サイエンス研究会の生徒が研究のロールモデルになっていることは読み取ることができなかった。

一方で、6年「SS 課題」のまとめとして記入させた「研究振り返りシート」にて、「他者の研究から学んだどんな手法が自分の研究に生かすことができるか」という点について質問したところ、以下のような回答が得られた（一部抜粋・修正）。

- ・生物系の実験の、結果を「観察する」という姿勢は、物理系の実験を行うときにも重要だと思う。数学系の計算を簡単にしたり、共通点を見つけやすくするような設定にすることは、見通しを持って研究するという面で参考にすべきだと思う。〈アドバンス講座受講生〉
- ・サイエンス研究会所属生徒Aの研究は生物と物理と化学を全て組み合わせたものであり様々な視点から研究することで本当に素晴らしい発表だった。今回私たちがした研究は数学的にしか研究しなかったがアンモナイトの生態や当時の気候変動なども考慮して研究すると良くなるのではないかと思った。〈ベーシック講座受講生〉
- ・難しいことから始めるのではなく、何事も日常的なことや自分が明らかに知っていることから話を発展させていくことで、より深いところまで調べることができるのだと感じた。また、化学や生物の分野というように一つに絞って研究を進めていくだけでなく融合させて研究することでより幅が広がって新たな実験を組み立てることもできると思う。〈ベーシック講座受講生〉

上記の回答のように、多くの生徒がサイエンス研究会所属生徒を含めた他者の研究から研究プロセスを学び取り、自分との研究の差について言及していた。このことから、本講座においてもサイエンス研究会所属生徒が探究活動のリーダーとして位置付けられ、探究活動のロールモデルとして、効果的な役割を担っていることや、サイエンス研究会への所属の有無に関係なく、生徒達がお互いの研究を高め合っていることが読み取れた。

2. 理科・数学科連携授業（サイエンス・イシューズ）の開発

■全体構想

本校では研究開発課題である「共創力」の育成を目指し、「サイエンス・イシューズ」と称した4,5年生（高校1,2年）を中心とした理科・数学科連携授業カリキュラムを開発している。第1年次（2015年度）から附属中等教育学校の理科・数学科と奈良女子大学理系女性教育開発共同機構が中心となって、中等教育における理数カリキュラムの改革を目的とした「理数研究会」を設置し、理数連携授業の開発を行ってきた。連携授業においては、各教科・科目で培った知識や考え方を横断的に活用する課題への取り組みを意識的に行うことにより、課題に対する理解の深まりや複合的な視点の獲得を目指している。連携に適した分野について理科・数学科の教員が協議を行い、次頁のように、5年間を通じて11の連携授業案を開発した。これらの連携授業案は、理科・数学科の授業内に組み込まれ、分散型カリキュラムとして定着している。発達段階に応じて、以下の資質・能力の育成を目指し、指導内容を工夫している。

【低学年（1,2年生）の授業】

理科と数学の視点から課題を眺めることを指導者側から例示し、複数の視点を関連づけて考えることができる。

【中学年（3,4年生）の授業】

定量的な測定と関数によるモデル化など、主に理科の課題解決において、数学的な視点からの解釈を行うことができる。

【高学年（5,6年生）の授業】

自ら融合的な視点を見出したり、課題の発展性について考えたりすることができる。

このように発達段階に応じて理科と数学の連携の手法を徐々に高度化させていくことで、内発的に融合の視点が育成されると考える。特に、高学年で実施される課題研究においては、設定した課題に対して適宜理科や数学、その他の教科との横断的な思考が求められる。上記のような連携授業の実践は、課題研究で求められる探究力の育成と異なる領域の知識を組み合わせることで、自身の課題に対する新しい見方や考え方を獲得する「共創力」の育成に寄与するものと考えられる。

第5年次にあたる本年度は、授業実践に加え、授業後のアンケートや授業者へのインタビューを通じて成果と課題を分析した。分析結果より、目的とした融合の視点が一定数の生徒に育成されている一方で、数学と理科の学習進度の違いにより、課題に対するアプローチが困難と感じる生徒が一定数存在していることがわかった。このような成果と課題を生かし、次年度以降は理科と数学の学習単元の整理を行い、融合的な視点をより効果的に獲得させる手法の研究や、課題研究におけるより探究力の促進を目指す。

■仮説

- ①理科・数学科連携授業により、科学的知識と数学的知識が融合的に学習でき、それぞれの概念に対するより一層深い理解が得られる。
- ②具体的現象と抽象的概念を往還することにより、科学の本質を体得できると共に、現実の諸課題を科学的視点から捉えて考察することが可能になる。
- ③理科と数学の融合を発達段階に応じて高度化させることにより、内発的な融合の視点が獲得される。
- ④理科・数学科連携授業の実践によって獲得された多分野融合の視点により、課題研究において必要となる理科や数学、その他の教科との横断的な思考を育成できる。
- ⑤授業後のアンケートや授業者へのインタビュー結果の分析により、理科・数学科連携授業の成果と課題を明らかにできる。

■方法

(1) 開発した理科・数学科連携授業案

連携に適した分野について理科・数学科の教員が協議を行い、2015年からの4年間で以下に示す授業案を開発した。これらの授業案は、理科・数学科の授業内に組み込まれた分散型カリキュラムまたは長期休業期間のプログラミング講座として整理している。1, 2年生の授業においては、理科と数学の視点から課題を眺めることを指導者側から例示し、複数の視点を関連づけて考える体験をさせている。3, 4年生の授業においては、定量的な測定と関数によるモデル化など、主に理科の課題解決において、数学的な視点による解釈が有効であることを示す。5, 6年生においては、生徒自らが複合的な視点を見いだすことが可能となるような課題設定を意識し、発展的な取り組みを意識している。

プログラミング講座においては、夏季休業期間を利用した集中講座として実施し、プログラミングを活用して多分野間の共創を促す課題設定を行なっている。物理現象や数学的な理論をシミュレーションしたり、生物の観察や化学の溶液混合における色変化をセンサーによって自動検出したりするなど、普段の研究活動に活かすことを主眼においた課題を設定した。特に外部の企業や大学の専門家との共創により、実施内容の多様化と深化がみられた。また、2018年度、2019年度においては、他校6校の生徒を交えて同ワークショップを実施し、本校が取り組んできた研究開発の成果の普及を行った。また、一部の生徒の作品は9月に開催された「第1回関西STEAM教育EXPO」において展示され、モデル校の実践として成果報告を行った。

【開発した理科・数学連携授業の案】

学年	教科	テーマ	開発年度
1年	生物・数学	葉の大きさと環境の関係性の統計的分析	2015年度
2年	化学・数学	結晶の形と多面体としての性質	2015年度
3年	地学・数学	測定史における数学的手法	2018年度
4年	生物・数学	細胞の大きさと核の大きさの統計的比較	2016年度
4年	物理・数学	重力下における落体の運動と2次関数	2018年度
5年	生物・数学	ゾウリムシの個体群における密度効果の数学的解析	2015年度
5年	化学・数学	結合角に関する幾何学的な学習	2015年度
5年	物理・数学	光の屈折とフェルマーの原理	2016年度
5年	化学・数学	原子の電子構造と立体図形	2017年度
5年	物理・数学	超音波を用いたうなりの現象と三角関数	2018年度
5年	物理・数学	『熱平衡』の数理モデルを作成する	2019年度

【プログラミング講座】

教科	テーマ	開発年度
物理・数学・情報	フラクタル図形, 万有引力のシミュレーション	2015年度
物理・美術・情報	Processingによるアニメーションの作成	2016年度
物理・生物・情報	Node-redを用いたセンサーの制御 (外部講師と共催)	2017年度
物理・数学・情報	Java Scriptを用いたobnizの操作 (外部講師と共催)	2018年度
物理・化学・生物・地学 数学・情報	自分たちの研究分野をIoTの技術で発展させよう —SPRESENSEを活用した多分野融合課題解決 ワークショップ— (外部講師と共催)	2019年度

(2) 授業実践事例

①4年連携授業(物理・数学)

●実践

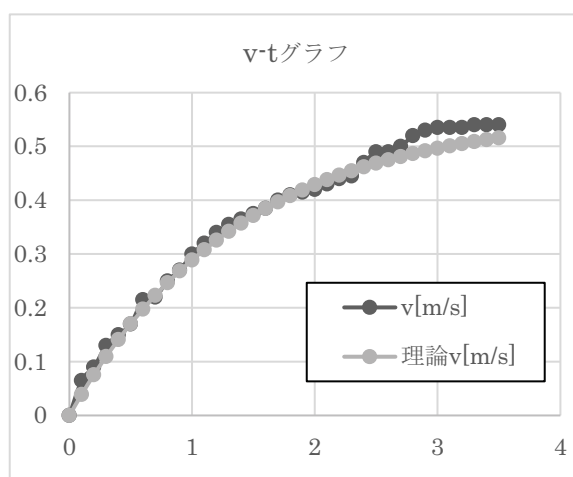
テーマ	空気中の物体の運動と終端速度
日時	令和元年11月
授業者	藤野 智美(本校理科教諭)・河合 士郎(本校数学科教諭)
学級	4年全クラス
目標	帆を張った台車を斜面上で転がす実験により得られたデータから、終端速度に関する $v-t$ グラフの形状を予想し、理論的なグラフと比較を行う。

本年度の4年生に対しては、物理・数学の連携授業として「空気中の物体の運動と終端速度」の単元で新たな開発を試みた。

演示実験・思考実験・種々のデータにより、流体中の物体の運動と終端速度について理解し、モデル化が行われうること気付いたうえで、帆を張った(空気抵抗を受ける)台車を斜面上で転がす「速度カウント」の実験を行う。その後、終端速度に関する $v-t$ グラフについて、形を予想しこれを関数と捉えて数学的な考察を行った。パラメーターを配置して関数方程式を提案し、数式処理ソフトで解いた理論的なグラフ(陽関数)とのマッチングを図る。これは4年生には未知の関数

であるが、 a (加速度)、 v (速度)、 x (変位)と t (時刻)の関係について総合的に考えることのできる教材であり、基になるそれぞれの(既知である)関数の意味をしっかりと踏まえさせたの

ち、これらが合成された関数のパラメーターを適切に設定することでグラフの形状を変化させ、実験値と予測値を適合させることも経験できた。

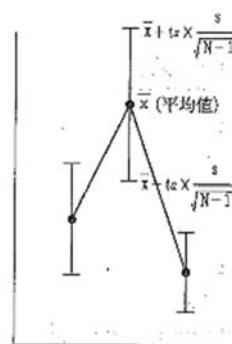


②4年連携授業(生物・数学)

●実践

テーマ	細胞の大きさと核の大きさ
日時	令和元年9月
授業者	小倉 真純(本校理科教諭)・河合 士郎(本校数学科教諭)
学級	4年全クラス
目標	細胞を顕微鏡で観察し、細胞の大きさと核の大きさを比較する。実際に測定したデータを用いて、統計的に比較する方法を身につける。

また、4年では、生物・数学の連携授業として「細胞の大きさと核の大きさの測定」の観察において、統計学の手法を取り入れる授業(2017年度から実施)を行った。細胞の大きさを具体的に知るために、実際に多くの細胞を顕微鏡で観察し、その特徴について検討する実験はよく行われる。同じ個体を構成している細胞でも、さまざまな種類が存在するのが多細胞生物の細胞の特徴であるが、それに対して核の大きさはあまり変わらないといわれる。これが事実であるのか、実際に測定・比較させるとき、より正確に比較するためにはどうするのか、数学的要素(統計学の考え方)を用いたいと考えた。何個体かの測定により得られたデータ



の平均値から、「真の平均値の範囲」を求める（次に測定した値が 95%の確率でこの中に含まれることを意味する）。統計的仮説検定の一つとして t 検定を利用し、複数組の標本について平均に有意差があるかどうかを考えさせた。標本はタマネギの鱗葉で、調べることは「内側と外側で細胞の大きさに有意差があるか」、「核の大きさは変わるのか」である。測定値に有意差があるかどうかを漠然と捉えるのではなく、統計学的な根拠をもって考えるすべを知ることができた。

●担当者の感想

①, ②のいずれの連携授業も 4 年生としてはかなり発展的な内容であるが、科学的にはたいへん重要な考え方を扱っており、理数連携の題材としてふさわしいと考える。前者は 5 年生以降、数列や微分を扱うことにもつながるし、後者は実験系の課題研究でデータを扱う際には欠かせないアプローチである。研究の手法として重要なため、新しいカリキュラムでは統計学を独立した科目として置き、発展的な内容まで扱う予定をしている。今年度、文系理系の別なく全員を対象に連携授業が実践できたことは意義深い。

③5 年連携授業(物理・数学)

●実践

テーマ	波の干渉—うなりを理論的に理解する—
日時	令和元年 11 月 26 日
授業者	藤野 智美 (本校理科教諭)・横 弥直浩 (本校数学科教諭)
学級	5 年物理ろ組 (選択者)
目標	三角関数の合成および和積公式を、音の合成 (うなり) という物理現象と対応させて理解する。

●展開

作業 1 GRAPES (関数ソフト) を用いて、数式の入力から (ラ: 440Hz) を出力しよう。

スクリプト機能を使って、上記で求めた正弦波を入力して聴いてみよう。

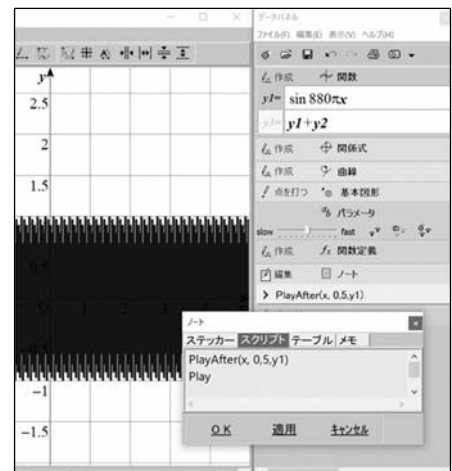
<手順>

①Grapes の数式入力画面の y_1 に「 $\sin 880\pi x$ 」を入力。

②右図の「編集」を開いてスクリプトを選択し、以下を入力。

$\text{PlayAfter}(x, 0, 5, y_1)$

← (変数, 開始時刻, 終了時刻, 出力する関数)



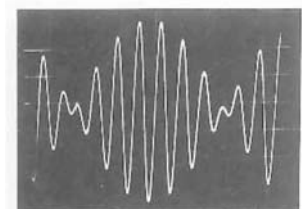
作業 2 GRAPES を用いて $y_1 = \sin 880\pi x$, $y_2 = \sin 882\pi x$ の 2 つの波を合成した $y_1 + y_2$ を作成する。

$y_1 + y_2$ の関数の特徴は? (関数の形や聞こえ方も含めて)

作業 3 y_2 に入力する振動数を増やしたり、減らしたりしたとき、何が変化

するかを考える。 $y_1 + y_2$ の関数の特徴は? (関数の形や聞こえ方も含めて)

→このような現象を「うなり」という。



理論 4 物理現象「うなり」を数学的に解釈する

物理現象: $y_1 = \sin 880\pi x$, $y_2 = \sin 882\pi x$ の合成波 $y_3 = \sin 880\pi x + \sin 882\pi x$ の合成波を数学的に見てみる。 $y = \sin A + \sin B$ の合成はどのようになるであろうか。

この場合は、「和積公式」(つまり、和・差を積の形になおす公式)を用いて、

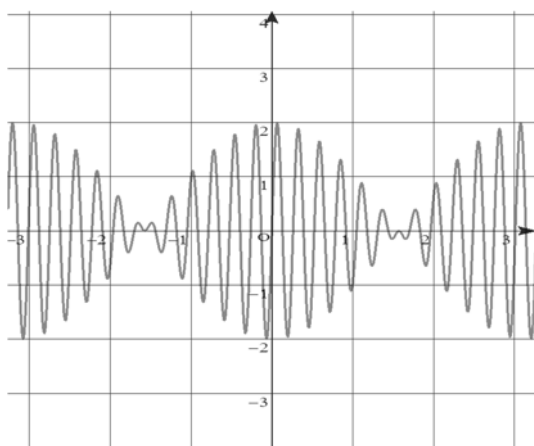
$$\sin A + \sin B = 2 \sin \frac{A+B}{2} \cos \frac{A-B}{2}$$

これは、 $y = \sin A + \sin B$ のグラフを、 $y = \sin \frac{A+B}{2}$ のグラフを $2 \cos \frac{A-B}{2}$ 倍したものとしてみている。

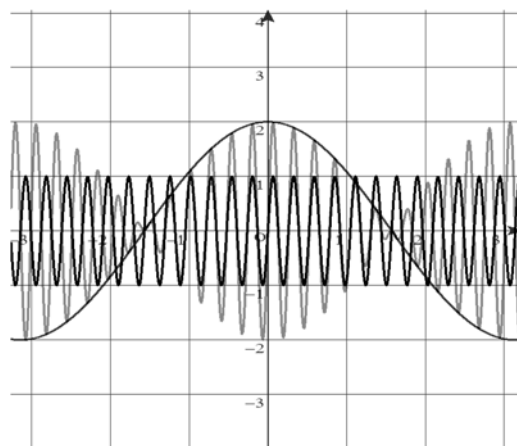
そこで、「周期(周波数)の異なる三角関数を合成すると、どうなるのだろうか」という問題を課した。この問題に対する解答例として次で示す。

$y_1 = \sin 25x$ と $y_2 = \sin 23x$ を考える(グラフにしたときに見やすい値にした)。

$y = y_1 + y_2$ を考えると、 $y = 2 \sin 24x \cos x$ となり、 $y = \sin 24x$ のグラフを $2 \cos x$ 倍したものと考えられる。



$y = 2 \sin 24x \cos x$ のグラフ



$y = \sin 24x$ のグラフを $2 \cos x$ 倍

●生徒の感想

- 物理の授業では、三角関数を扱うとき図やイメージからしか想像できず、式としてとらえていたものをグラフ、三角関数の和積公式を用いることで、詳しく公式の中を知ることができた。
- 物理分野、数学分野の両方から考えることによって、うなりについて自分で考えを展開できるようになった。
- 物理のほとんどの定義は数学がもとになっているので、現段階で数学分野が解析できない事象は、物理事象として処理できないので、常に物理は数学の領域を抜け出した解析はできないと思う。

④5年連携授業(物理・数学)

●実践の目的・動機

今年度は5年生を対象に、「平衡」に関連する現象について物理と数学の視点から展開した。物理や化学で扱われる「平衡」現象では、物理量の変化を数式で表したときにすべての数式で共通した特徴がみられる。本テーマでは力学的平衡の現象が起こる「空気抵抗がある物体の落下運動」のグラフを「微分法」などを用いて作成する。その後、これまでの数学的手法を活用し、「熱平衡」現象を説明できるような数理モデルの作成を試みる。数理モデルの作成は事前に数学で学んでいる「漸化式」を用いて行っ

てもらった。「漸化式」を解く操作としてではなく、自然現象を解析する手段として用いることで、「未来を見通す」ことや「過去を推測する」ことの興味深さに触れられる内容とした。

●授業実践

【授業 1】

日 時	令和 2 年 1 月 31 日
場 所	本校 PC2 教室
クラス	5 年代数・幾何選択者（理系）α 講座 36 名・β 講座 35 名
授業者	吉岡 睦美（本校数学科教諭）

○本時の学習指導

- ・運動方程式を用いて空気抵抗がある落下運動について理解することができる。（知識・理解）
- ・空気抵抗がある落下運動について、Excel を用いて時間と位置の関係や時間と速度の関係をグラフ化できる（技能）
- ・空気抵抗がある落下運動について十分時間が経過すると、物体は一定の速度（終端速度）に達することについて、数学的に表すことはできないかを考えることができる。（数学的な考え方）

○本時の展開

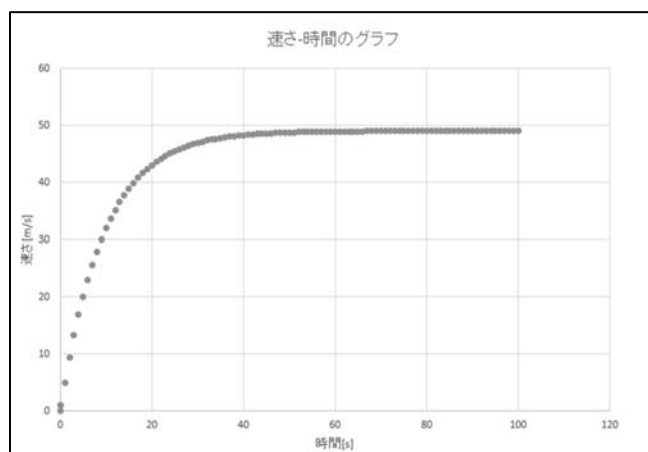
時間	学習活動	指導上の留意点	評価の観点
	○予想される生徒の反応	☆教師の発問	
導入 (10 分)	空気抵抗のある落下運動の実験の復習		
	<p>課題 1 空気抵抗のある斜面を落下する台車の運動をモデル化して考えよう。</p>		
	○各班が入力した実験データからグラフを描く。	・空気抵抗のある落下運動速度が増すと加速度が小さくなることから空気の抵抗力は速いほど大きくなることに気づかせる。	
	○グラフの形状から数式モデルを考えることができるのではないかな？		
展開 1 (15 分)	<p>課題 2 空気中の斜面を落下する台車の場合、速度が鈍っていくのではないかな？</p>		
	○運動方程式 $ma = mg - kv$ $a = \frac{v_{n+1} - v_n}{\Delta t}$ として運動方程式を式変形すると、 $v_{n+1} = \left(1 - \frac{k}{m} \Delta t\right) v_n + g \Delta t$ となる。これは、 $a_{n+1} = pa_n + q$ の形になっている。	・速度が鈍っていくとは、加速度 a がどうなっていくと考えるのが妥当かについて考えさせる。	・空気抵抗がある落下運動について十分時間が経過すると、物体は一定の速度（終端速度）に達することについて、数学的に表すことはできないかを考えることができる
	○Excel で、数式を代入して理論的に実験		

	値をグラフ化できないか。		【数】
展開 2 (15分)	<p>課題 3</p> <p>空気抵抗を受ける物体の運動は、何によって変化するのだろうか？</p> <p>○ $\frac{x_2 - x_1}{\Delta t}$ から v を、$\frac{v_2 - v_1}{\Delta t}$ から a を計算してグラフ化していくことになる。</p>	<p>・ いちばん単純な変化と考え、加速度の減少率を一定と考え、 $ma = mg - kv$ (kv は抵抗力) から、k は何に伴って増えていくか考えさせる。</p>	<p>・ 運動方程式を用いて空気抵抗がある落下運動について理解することができる。 【知】</p>
まとめ (35分)	<p>○各班の実験の結果から、時間ごとの速度が求められ、これをプロットすることで $v-t$ グラフを描くことができる。</p> <p>○関数に複数の任意定数が含まれていて、これらの定数が変化すると、カーブの形も変化する。</p> <p>○変化の理由について考える。</p>	<p>・ Excel を用いて理論値によるグラフと関連付けて考察させる。</p> <p>・ グラフの形状から等速直線運動、等加速度直線運動の式の意味も気づかせる。</p>	<p>・ 空気抵抗がある落下運動について、Excel を用いて時間と位置の関係や時間と速度の関係をグラフ化できる。 【表】</p>

評価の観点 : 【関】…関心・意欲・態度、【数】…数学的な見方や考え方
【表】…数学的な技能、【知】…知識・理解

※参考資料

空気抵抗のある自由落下の運動を
運動方程式から計算したグラフ



【授業 2】

日 時	令和 2 年 2 月 14 日 公開研究会 (公開授業)
場 所	本校 多目的ホール
クラス	第 5 学年物理選択者 い組 29 名
授業者	守本 寛治 (本校理科教諭)

○本時の展開

時間	学習活動 ○予想される生徒の反応	指導上の留意点 ☆教師の発問	評価の観点
導入 (5分)	1. 前回授業の復習		
展開1 (10分)	2. 実験データの整理 エクセルに実験データを打ち込み、グラフを作成する。	・2人に1台PCを用意する。	・お湯の温度変化について積極的に考える。 【関】
展開2 (35分)	3. 以下の問いを与え、グループで話し合う。 【問い】 ①お湯が冷めるときの温度変化の法則を言葉で説明してください。 ②「空気抵抗がある場合の落下運動」の速度変化は、運動方程式を起点として計算し、求めることができました。 「お湯の冷め方」の実験データから、「空気抵抗がある場合の落下運動」に対する「運動方程式」のような、起点となる式を考えてください。 ③②で作った数式をエクセルに入力し、実験データと比較してください。 【想定される答え】 ① ・熱平衡の法則から、水の温度は最終的に室温になる。温度の変化量は時間がたつにつれて小さくなっていく。 ② ・漸化式 (例) $30 \times n$ 秒後の温度を T_n とする。 $T_{n+1} - T_n = -k(T_n - T_{\text{室温}})$ ・微分方程式 $\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{\text{室温}})$ (T は水の温度、 k は容器などによって変わる値) ・微分方程式 $\frac{dT}{dt} = -kT$ (T は水と室温の温度差)	・2人1グループとする。 ・教科書を見て、グループで話し合う。 ・答えを発表し、他の班の人と答えを共有する。	・現象を理由とともに表現できる。【思】 ・実験データを定量的に考察できる。【思】 ・グラフから新たな法則を導き出すことができる。【知】 ・新たな法則の整合性を実験データと比較し、吟味することができる。【思】

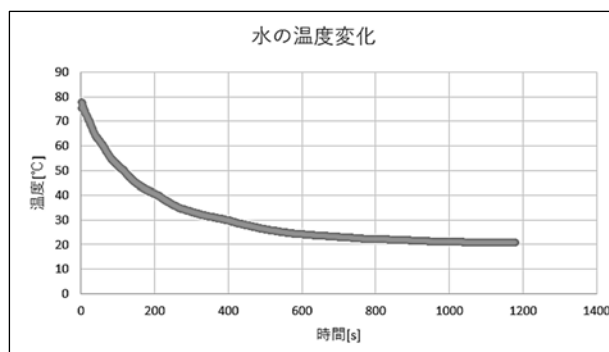
まとめ (15分)	4. それぞれの班の答えをまとめる。 5. ニュートンの冷却法則を説明し、空気抵抗力 ありの落下運動の運動方程式との共通点を 説明する。		
--------------	---	--	--

評価の観点 :【関】…関心・意欲・態度、【思】…思考・判断・表現
 【技】…観察・実験の技能、【知】…知識・理解

※参考資料

1200秒まで10秒ごとに80℃の温度変化を測定した。

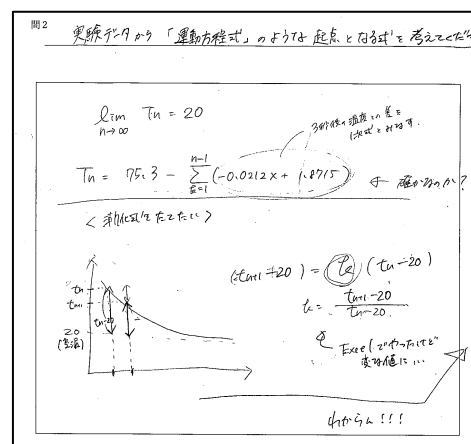
200mL ガラス製ビーカーにお湯175mLをいれ、マグネチックスターラーで攪拌したときの温度変化を表したグラフ。



○指導助言の先生方からのコメント

(奈良女子大学教授 高須 夫悟氏、奈良女子大学理系女性教育開発共同機構 上村 尚平氏
 奈良市立一条高等学校校長 吉田 信也氏)

授業のねらいが曖昧であった。モデル化に重点を置いて授業をするのであれば、まず温度変化のグラフの形を予想させ、実験データを与えたあとモデル化をするために物理量どうしの関連を見出し、数式化するべきであった。また、数式化した後に熱の分子論的な説明は必須であった。この説明が省略されたため、今回の温度データはただの数字の羅列になってしまっており、物理の理解が深まることがなかった。生徒は懸命に課題に取り組んでいた。しかし、生徒の様子を見てヒントを与え、より正解に近づくようにリードしても良かったと思われる。



■考察

本授業では「平衡」現象において、物理量の変化を数式で表したときに共通した特徴がみられることを発見することに重点を置いた。前週の「空気抵抗ありの落下運動」の解析を行う授業では漸化式を解くために Excel やグラフで作図して求めるなど様々なアプローチで授業を行っており、それらの知見を活かして「熱平衡に至るまでの温度変化」を数式で表すことを目標とした。生徒からは漸化式が物理現象に応用できるという有用性についての気づきがあった。数学と物理の連携授業を行ったことにより、数学を活用することができ、今回の理数連携授業を実施することは有意義であったと考える。

■検証 (5年間の総括)

第3期SSH研究開発の5年間を通して、下表に示す11の理数連携授業案および5のプログラミング講座を開発した。1,2年生の授業においては、理科と数学の視点から課題を眺めることを指導者側から例示し、複数の視点を関連づけて考える体験をさせている。3,4年生の授業においては、定量的な測定と関数によるモデル化など、主に理科の課題解決において、数学的な視点による解釈が有効であることを示す。5,6年生においては、生徒自らが融合的な視点を見いだすことが可能となるような課題設定を意識し、発展的な取り組みを意識している。

これらの連携授業を実践することにより、教科・科目の枠に捉われない多角的・複合的な視点によって事象を捉えたり、理科や数学の考え方を組み合わせたりすることによって生じる、分野を超えた新たな価値創造を促す。また、このようなカリキュラムにより、本校が目指す「共創力」を備えた生徒が育成できるという仮説を立てた。具体的には以下の2点である。

- ①理科・数学連携授業により、科学的知識と数学的知識が融合的に学習でき、それぞれの概念に対するより一層深い理解が得られる。
- ②具体的現象と抽象的概念を往還することにより、科学の本質を体得できると共に、現実の諸課題を科学的視点から捉えて考察することが可能になる。

このような仮説を検証するために、2017年度の公開研究会後に、化学と数学の連携授業の受講生徒を対象としてアンケート調査を行った。結合角の計算により分子の形が数学的にとらえられ、PCを利用したエネルギー計算の意味を大まかに理解できたという記述がみられた。また、2018年度には、新規に開発した理数連携授業案「超音波を用いたうなりの現象と三角関数」について、授業後に生徒42名に以下のようなアンケートを実施した。

●アンケート結果（対象：5年物理選択者42名）

【質問1】「うなり」をテーマとした理数連携授業は、学習に役立ちますか？（理由も記述）

【質問1の回答】学習に役立つ(41名) / 役立たない(1名)

【複数名が回答した理由】○は肯定的、×は否定的

- 数学で三角関数の合成を学習したときは、何に使うかイメージしにくかったが、実際の現象と結びつけていることが理解できた(18名)
- うなりの波形の振幅の変化の理由を数学的に解釈できた(12名)
- 数学で学んだ知識を理科で活用できることがすごくいいと感じるし、数学・理科のそれぞれの理解がとても深まった(7名)
- 数学は抽象的で物理は数学に比べ具体的な学問のイメージだが、結びつけたことで、数学を具体化、物理を抽象化できた(2名)
- ×難しい(1名)

【質問2】このような理科と数学の連携授業は教育的意義が高いと感じるか？（理由も）

【質問2の回答】教育的意義が高い(40名) / 高くない(2名)

【複数名が回答した理由】○は肯定的、×は否定的

- 理科と数学が融合することによって、各教科の内容理解が一層深まる(19名)
- 今の時代に求められる多分野融合の視点育成につながる(3名)
- 興味を持てるようになり、印象にも残る(3名)
- ×難しい(1名)

この結果を受けて、2019年度の理数連携授業の実践においては、4年対象の生物・数学、および物理・数学の連携授業では、数学を活用する場面として、数式処理ソフトの援用や統計的処理などを取り入れることにより改良を図った。授業後には、受講生徒と担当教員を対象として、質問項目を改良したアンケート調査を行い、昨年度との比較を試みた。

●分析結果の概要

【生徒の回答】

- 連携授業で目指した視点の獲得ができたと答える生徒が多数見られた。
- 理科に対しては、「実験データの分析の視点が数学的な解釈を交えることでより深まる」と答えて

いる生徒が多い。数学に対しては、「数学の抽象的なイメージが具体的な事例について考察することでイメージしやすくなった」と答えている生徒が多い。

○「教科の垣根を超えた方がいい視点が持てる」との認識を持つ生徒も多数見られた。

△時間不足を指摘している生徒が一定数見られる。

△理科と数学の学習進度の違いが学習者のハードルになっているコメントも一定数存在した。上位層は生物・数学の連携授業において「 t 検定の仕組みを学習したかったのに、式に代入する作業になってしまった」と述べており、学習進度の違いから本質の理解を簡略化したことに対して「そこが聞きたかった」という意見が見られた。物理・数学においては、今回のねらいとは別の部分の数学的要素でつまずき、難しさを感じている生徒もいた。また、「普段から物理の授業で頻繁に数学が出てくるので、特別連携した印象もない」という意見も見られた。

△物理・数学の授業では、実験データに誤差が生じ、数学的なモデル化を行う際に「自分のデータはそうっていない」ということでつまずき、そのずれに対して違和感を覚えている生徒もいた。

△アンケート結果に「よくわかった」、「難しかった」などのコメントを書く生徒がおり、具体的に記述できていない生徒も一定数見られた。この部分については指導が必要である。

【授業を実施した教員の回答】

○どちらの授業担当者も、新しい教材開発を行うことができたと述べている。

○生物分野と数学の連携授業では、普段生物の教員が何と無く話している統計的処理の部分に数学的な解釈を与えることができたと感じている。

△物理分野と数学の連携授業では、融合したというイメージはなく、本来は理科教員が教えることを数学の教員と分けて指導したという印象である。

○理科の数学的理解が深まったというよりも、数学に具体的な現実の材料を与えたという印象がある。数学の授業でやる方が生徒にとっては融合している実感が高まったのでは？という意見あり。

△扱ったテーマが高校の学習範囲外であったり、数学の学習進度が追いつかなかったりと、深められない内容であったことから、以下のような消化不良感を一定数の生徒と指導者が感じている。

△「何故そのような式で定義できるのかを知りたかった」という、本質を知りたい（教えたい）というニーズに対応しにくい。

(例)・生物の授業

t 検定の式の導出が難しいため、式を与え、代入して考察させる。

・生徒アンケート

「式に代入した作業になっていたが、本質を学びたかった」と上位層の生徒は返答した。指導教員も同様の感覚を持っている。

△本質とは異なる部分での数学的な計算でつまずき、「難しい」が先行してしまう。

(例)・物理の授業

シミュレーションの式に含まれる三角関数の単元が学習直後の状態であり、物理のように文字の多い概念にすぐ適用できない。

・生徒アンケート

本題はこの計算ではなく、微分概念導入をしたかったが、式に含まれる要素を算出する段階で「難しい」と感じてしまう。

△実験データをモデル化する場合、生徒の実験技術や初期条件に応じて誤差が生じ、モデルから外れてしまう。数学と融合する際、この部分の消化不良感は生徒にとってハードルが高い。一方、今のようなどちらかの教科の授業時間で行う場合、この部分を丁寧に考察する余裕はない。

2年間の理数連携授業後の生徒の意見を比較すると、生徒の学力層に応じて、反応が変容していることがわかる。2019年のアンケート結果を見ると、下位層の生徒にとっては理科と数学が連携すること

により、難しさを強く感じている。これに対して、上位層の生徒は理数連携により、科学的現象と数学的概念の双方が関連していることや有用であることを実感するとともに、理科と数学の両方の理解が促進されていることがわかる。また、質問項目を具体化することにより、2年目のアンケートに対する回答が明確になり、分析に有効に働いた。

●連携授業の成果と課題

以上のアンケート結果から、5年間の理数連携授業の成果と課題について分析する。

【成果】

- ・理科、数学の教員共に、連携授業の開発を通して新しい教材の開発ができる。また、すでに扱った教材に対する新しい視点を得ており、目指してきた共創力の育成に一定の効果がある。
- ・生徒の多くは今回の連携授業のねらいを概ね理解し、「理解が深まった」と回答している。また、複合的な領域から考察することの重要性を述べている生徒も多数見られ、これらの生徒に対しては目指す共創力が育まれていると考える。
- ・理科と数学の連携授業において、数学で先に単元を学習した後、理科で扱うという流れをとると、「難しい」という回答が大幅に減り、アンケートの回答も具体化する。
- ・合科型の授業を設置することよりも、単元や学習内容に応じて理科と数学科でTTを組み、トピックとして連携授業を展開するほうが、運営しやすい。

【課題】

- ・理科、数学間の単元の進み方の差が、理数連携の授業を開発する上でハードルとなる。生徒の理解が進まない理由にも進度の差が影響している（数学的に解釈できない）。
- ・数学的なハードルを下げるために本質を省略して式への代入をさせると、指導者側には中途半端な印象が残っている。上位層の生徒も同様の指摘をしている。
- ・指導者は可能な限りの時間を割いたつもりだが、実験データの取得から数学的な解釈までを行うには、時間不足の印象を生徒・指導者ともに感じている。
- ・多くの連携授業案は理科の授業で実施されるケースが多く、丁寧に指導しようとする時間やPC環境（台数）が不足している。
- ・実験データを用いると、実験スキルや初期条件に依存して誤差が生じやすく、理数連携のねらいとは別の部分でハードルが生じている。

●今後の理科・数学連携授業

次期学習指導要領においては、教科「理数」の中に、

様々な事象に対して知的好奇心を持つとともに、教科・科目の枠にとらわれない多角的、複合的な視点で事象を捉え、「数学的な見方・考え方」や「理科の見方・考え方」を豊かな発想で活用したり、組み合わせたりしながら、探究的な学習を行うことを通じて、新たな価値の創造に向けて粘り強く挑戦する力の基礎を培う

ことを目標とする新科目「理数探究」が設置されることになっている。この点からも理数連携授業を開発・実践することはたいへん有意義であると考えられる。

今期SSH研究開発の5年間の実践の課題として、理数連携授業を行うには、①理科と数学の学習時期のずれを解消する、②一定の時間数を確保する、ことが必要であると分析できる。これまで、理科と数学の学習内容や単元配置は既存の枠組みを保ちながら必要に応じて連携授業を実践してきた。

今後は、上記の2つの課題を克服するためにも、今後は理科と数学の学習内容を擦り合わせ、低学年から連携的に学習する機会を設定するとともに、理科と数学の双方が学習内容の導入として連携授業を展開できるようなカリキュラムの工夫をする必要がある。また、理科と数学で学習すべき内容の重複を整理して、より丁寧に連携授業に取り組むことができる時間を確保しなくてはならない。

3. 授業内容の改革

■全体構想

生徒の問題発見能力や問題解決能力、「共創力」の育成は、本校 SSH のねらいであり、その育成を目指した探究型授業「寧楽Ⅰ・Ⅱ」「世界Ⅰ・Ⅱ」「コロキウム」「SS 課題研究」が各学年に設置されている。これらの探究活動を支えるためには、日頃の授業における探究型の授業展開が必要である。そこで、本年度は、第 1 期、第 2 期 SSH で研究開発を行った自然科学リテラシーおよびリベラルアーツを意識した教科活動を「共創力」の観点から再構成し、「共創力」の育成に資する教科活動について教科内で議論し、授業内容の改革に取り組んだ。

■仮説

- ① 教科活動のキーワードとして、低学年では自然科学リテラシーの育成、高学年ではリベラルアーツの涵養を重視した授業実践を行っている。これらの観点を重視した教科活動により、探究的活動を促進することができる。
- ② ①の授業実践を「共創力」育成の視点から再構成することにより、より探究的で、多様な他者とともに新しい価値・概念を形成するための教科実践が可能となる。

■方法

(1) 自然科学リテラシーの育成

自然現象や現実社会を捉えるのに、科学がどのような手段を用い、その際に数学がいかに道具・言語として有用であったかを、中等教育の段階で体験・学習することが非常に大切である。この精神のもと、本校では第 1 期 SSH 指定時より数学と理科の一体性を感じながら世界を解析する方法を学ぶことを目指し、特に低学年を中心として数学的リテラシー・科学的リテラシーの育成を目指した授業実践を行っている。本校での数学的リテラシーの捉え方は、PISA の定義を基にして「自分たちの身近な課題を、数学的な活動を通して解決しようとする力」として進めている。身近な事象から課題を見つけ、それを解決することが数学的リテラシーの育成や科学的な能力・態度につながるという考え方をもとに、身近な事象から教材開発を行ったり、数学的な見方や考え方を重視したレポート作成を導入したりしている。

【授業実践例】2 年数学での課題設定

課題 「フックの法則の実験を用いた一次関数の導入」(2 年・代数)

理科の授業で行っている「フックの法則」を確かめる実験で得られたデータを用いて、一次関数の導入を行う。フックの法則を確かめる実験では、おもりを吊り下げたときに、自然長からのばねの伸びの長さとおもりの重さの関係について調べるが、この授業では、適当な長さからのばねの伸び、例えば、自然長の長さを含めたばねの伸びの長さとおもりの重さの関係について調べる。自然長の長さを含めて計測した場合には、ばねの長さとおもりの重さは比例関係にはならないが一次関数となることがわかり、比例と一次関数の関係性について学ぶことができる。このように、自然現象を自分で観察しデータをまとめることによって、体験的に数学的概念が形成されることと数学的リテラシーの基礎となる姿勢や、見方・考え方の育成が期待される。

(2) リベラルアーツの涵養

第 2 期 SSH では、「21 世紀における新しいリベラルアーツ教育」のカリキュラムを研究開発した。この課題設定は、一つには「理系の特定分野の研究には興味を示すが、人文社会科学に対する理解に乏しい生徒を生んでしまっている傾向はないか」という第 1 期 SSH の課題をふまえて設定されたものである。また一方では、現在の全世界的な課題は、ある学問の一領域だけで解決できるものではなくなっ

たという社会的な課題解決の視点から設定されたものである。こうした課題の克服のために、文理の枠組みにとらわれない幅広い視野と深い専門性を持つ理数(自然科学)に強い生徒を育成することが急務であると考え、その実現のために設定したのがリベラルアーツの概念である。本校では理科・数学の授業を通して育てたいリベラルアーツを以下のように整理し、主に高学年を中心にリベラルアーツを意識した授業実践を行っている。

【授業実践例】5年数学での課題設定

<p>(a) 科学を学ぶことを通して、学問の方法を身に付ける。→「合理的判断力」の育成</p> <p>① 既存の科学的知識、技能を組み合わせ、事象を科学的かつ批判的に捉えることができる。</p> <p>② 直面する課題の有する歴史的、哲学的、社会的背景などを統合しながら深い科学的思考をすることができる。</p> <p>③ 対話や議論を通じて、多様な他者の意見と照らし合わせて、解釈や理解を統合できる。</p>
<p>(b) 科学を学ぶことを通して、自己を客観化できる。→「観」の形成</p> <p>① 獲得した科学的知識の価値や意味を自分のなかに位置付け、表現することができる。</p> <p>② 自分の自然観、科学観、数学観などを認識し表現できるとともに、それらの変容を省察できる。</p> <p>③ 科学を人間の文化的活動と捉え、その歴史的意義や美的感覚などを認識し、表現できる。</p>
<p>(c) 科学を学ぶことを通して、自分を取り巻く世界に関わることができる。</p> <p style="text-align: right;">→「地球的視野を持つ市民」の育成</p> <p>① 社会状況を見渡し、自分が科学を用いてどのように関与できるかを考察できる。</p> <p>② 自分の習得した知識が、環境問題やエネルギー問題などの現実問題の解決にどう寄与できるかを考察、判断できる。</p> <p>③ 自然や社会に興味を持ち、主体的に探究活動を継続することができる。</p> <p>④ 科学の特質や限界を認識した上で、現実問題の買う欠に取り組むことができる。</p>

テーマ	度数法から弧度法へ角の表現を変換する(数学Ⅱ・三角関数)
日時	平成31年4月15日
授業者	横 弥直浩(本校数学科教諭)
学級	5年解析Ⅰα講座(理系)
目標	角度を表すとき、今まで度数法を用いてきたが、新しく弧度法を用いる意味を、度数法と弧度法の数学史を通して理解する。

① 研究仮説

既知である一周が 360° として表現する角の大きさ(度数法)を、 2π として表現する新しい概念(弧度法)の理解を、定義の理解や練習問題から慣れるのではなく、歴史から角の大きさの概念を学ぶことにより、どうして新しい角の表現が出てきたのかを考えることで、理解を深めることができる。

② 実践(教師の発問と生徒の考え)

発問：角の大きさを表すとき、どうして 360° なのか？一周が 100° でもよいではないか？ものを数えるときや距離を扱うときは10進法なのに、角を表すのが360であるのはなぜか？

生徒：今まで、あまりにも当たり前 360° を扱ってきたので、どうして360なのかの意味は気に留めなかった。

(以上の発問から、度数法の歴史や意味と、新しく学ぶ弧度法の意味を説明しながら理解していく)

③ 考察

度数法の 360° の意味を知ることで、弧度法の 2π の理解を、暗記に重きをおくのではなく、意味と必要性から理解することができた。暗記と練習(問題解法)による学習から、疑問や探究による学習態度に変わっていくものとする。

(3) 「共創力」育成に資する授業

■全体構想

この5年間の研究開発で、多くの「共創力」育成に資する授業を実施してきた。これらの授業を実施するために、毎月1回の割合で「理数研究会」を開催し、理科と数学の教員が一緒になって、教材研究及び模擬授業を行い、内容面や生徒の思考過程を検討した。

さらに、「共創力」を育成するために有効とされる具体的な「学びの仕掛け」について分析・評価を行い、教科活動においては、以下のような「課題」や「場面」が有効であることがわかった。

「共創力」に資する教科活動

- ◆ 多様な解法が存在したり、課題解決への複合的視点が得られたりする探究的な課題
- ◆ 教科の知識を用いたモデル化や概念形成などの思考力を要する課題



【数学科】

- 学んだ数学の知識を、日常生活や具体的な事例に応用・活用する場面
- 学んだ数学の知識を、未知の問題や課題に応用・活用する場面
- 抽象的な概念を理解したり説明したりする場面
- 実験や探究により数学的な事実を見つけ出す場面
- 多様な解法が可能な問題に取り組む場面

【理科】

- 実験手法やデータ解析の手法を生徒自ら考案する場面
- 抽象度の高い問いや未知の現象について深く考察する場面
- 理科や数学の複数の領域の視点から課題の解釈を行う場面
- 多様なアプローチが存在する課題において、他者の考えを共有し、差異を比較・検討する場面

■ 「共創力」の育成につながる具体的な教科活動

上記のような議論のもと、生徒の発達段階に応じた教科活動を展開した。以下にその例を記載する。

【授業実践例：数学】2年数学での課題設定

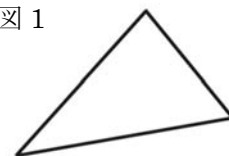
テーマ	公園の街灯をどこに立てる？(数学A・平面幾何)
日時	令和元年11月28日, 29日
授業者	川口 慎二(本校数学科教諭)
学級	2年数学基礎ⅡB(幾何) 3クラス
目標	三角形の公園に街灯を立てる問題に取り組み、五心の性質を活用する。また、公園の街灯の位置にさまざまな条件を付加することで、最善の位置をグループで議論して解決することにより「共創力」を身につける。

① 研究仮説

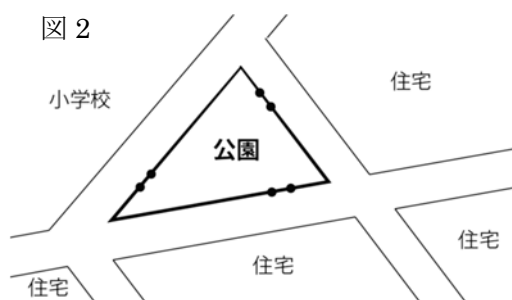
三角形の公園に街灯を立てる問題に取り組む。はじめは何もない三角形の土地を考える。次に、周辺の状況を設定した課題に取り組む。周辺の状況のどの条件に重きを置くかが生徒により異なる。最適な位置を決定するための議論を通じて、数学的視点だけではなく複合的な視野が育成されるとともに、具体的解決に向けて協働する姿勢が涵養されると考えられる。

② 実践

課題 1 図 1 のように三角形の形の土地があります。ここを公園にして街灯を 1 本立てます。どの位置に立てたらよいですか？



課題 2 図 2 のような空き地に公園をつくり、街灯を 1 本立てる場合、どの位置に立てたらよいですか？



課題 3 自分で公園の形や条件を設定して、街灯を 1 本立てる位置を考えてみましょう。

課題 1 および 2 は、個人活動→グループ活動→クラスで共有という流れで授業を行い、課題 3 はレポートに課した。

③ 生徒の記述

課題 1 では、三角形の内心や外心に立てる意見が多かったが、課題 2 になると、住宅や小学校の位置関係から単純に

外心などにするのではなく、光の広がり方を考えながら議論を進めていた。生徒たちの感想には、「意見の違うなかで、1 つに決めるのが大変だった」というものが多く、協働することの意味を理解できたのではないかと考える。

■課題③ 明かりがいかにいいようにしようか
 空き地の形や公園を作るうえでの条件を自分で設定して、街灯を立てる位置を作図し、そのように作図した理由を説明してみよう。

青の線のほうに結んで、公園の中に三角形をつくり、重心をとつた。
 用水路は、フェス入があつて、とても安全なので、主に入り口と夜、ゴミ捨て場を主に使うようにした。この場所だと私の家を含め他の住宅にも明かりがいかにいいと思います。

【授業実践例：理科】

① 多様なアプローチが存在する実験手法を生徒が主体的に考案する。

課題 「学校周辺に生息する動物・植物の生態について調べてみよう」(1年)

- 特徴**
- ・課題に対するアプローチが多様に存在し、互いの考えを比較・検討できる。
 - ・どのような基礎学力の生徒でも取り組める課題である一方で、科学的素養や課題解決能力に応じて質の高い実験手法を見出すことができ、幅広い考え方を共有できる。

② 学習した事柄を応用し、科学的根拠に基づいて検証する。

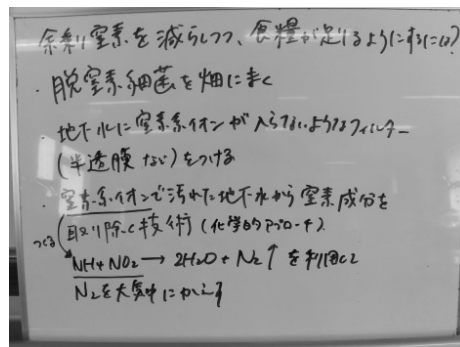
課題 「混合色素溶液から各色素を分離しよう」(6年・化学)

- 特徴**
- ・この課題では、芳香族化合物のエーテル溶液から、官能基がもつ酸性・中性・塩基性の違いを利用して、各物質を分離する定番の実験がある。これを応用し、芳香族化合物を有する複数の色素の混合溶液から各色素を分離する実験に取り組む。分離した色素は色に違いがあるため、正しく分離できたかの判断がしやすい。
 - ・課題に対するアプローチが妥当かどうか、互いの考えを比較・検討できる。

③ 理科の複数分野の知識を活用して課題に対する解釈を拡大できる。

課題 「生態系における窒素循環」(6年・生物・化学)

- 特徴**
- この課題には複合的な要素が多く絡んでおり、化学で学習した肥料に関わる講義や窒素化合物の実験結果をふまえながら生物の課題を考察できる。
 - これまでの知識を基盤に、科学技術が可能にする未来を考え、議論することで、複合的な視点から生態系を眺める姿勢を育成できる。



(4) 5年間の統括

① 理数意識調査

■ 調査の概要

第1期、第2期 SSH 指定時に続いて、主に数学的リテラシーと科学的リテラシーの育成についての研究成果を測るために、本校生徒の理数に対する意識調査を行った。本調査は 2011 年度から実施している。調査項目は、以下の PISA を参考に作成した 8 つのセクションの質問の 119 項目である。

- ① あなた自身について
- ② 数学についてのあなたの考えについて
- ③ 数学の授業について
- ④ 理科についてのあなたの考えについて
- ⑤ 理科の授業について
- ⑥ 環境について
- ⑦ 職業と科学について
- ⑧ 科学を通じた国際交流について

■ 結果と分析

今回、②～⑤についての、第3期 SSH 指定期間の 2015～2018 年(2019 年は未実施)の全校生徒と OECD 平均および日本平均との比較を行った。その結果が下表である。なお、数値は肯定的な回答を選んだ割合(%)を表している。

	2015	2016	2017	2018	OECD	日本	本校	日本
Q6 数学についての本を読むのが好きである	29.3	27.7	31.4	36.1	30.8	12.8		
Q7 数学の授業が楽しみである	44.3	39.5	44.8	44.6	31.5	26.0		
Q8 数学を勉強しているのは楽しい	58.9	54.7	58.8	61.4	38.0	26.1		
② 数学について								
Q9 数学で学ぶ内容に興味がある	60.5	55.5	59.5	61.0	53.1	32.5		
Q18 数学の試験勉強をする時は、一番大事な部分をおさえておくようにしている	83.1	81.4	80.5	87.2	87.1	80.6		
Q19 数学の問題を解く時は、他にも解き方がないか、よく考える	55.9	50.9	52.5	56.5	48.6	41.7		
Q20 数学を勉強する時は、前にやったことを覚えていかどうかをチェックしている	66.5	62.9	68.9	71.7	72.9	64.8		
Q21 数学を勉強する時は、自分がよくわかっていないのはどの辺りなのかをおさえておくようにしている	85.2	81.3	85.8	89.2	85.6	76.3		
Q22 学んだ数学を日常生活にどう応用できるかを考えている	32.4	27.5	31.8	34.5	53.0	12.5		
Q23 数学の勉強をする時は、できるだけ暗記しようとする	34.6	35.0	34.4	38.7	45.1	26.5		
Q24 数学で新しいことをやる時は、今までに習ったことに関連付けて理解しようとしている	67.0	65.7	65.7	68.8	64.4	51.8		
Q25 数学の問題の解法を覚えるために、例題を何度も何度も解いている	50.6	47.2	53.9	55.4	66.4	45.2		
Q26 数学で理解できないことがあったときは、必ず詳しく調べて分からない所をばっちりさせるようにしている	70.9	63.2	69.0	77.4	69.2	49.8		
Q27 数学の問題を解くとき、他の面白い問題にも応用できるのではないかと考えることがよくある	37.5	33.1	35.7	41.4	40.2	20.9		
Q28 数学を勉強する時は、ここで学ぶのは何なのかをはっきりさせることから始める	50.0	45.8	52.7	58.2	75.4	25.9		
Q29 数学を勉強するときは、段階を踏って手順を覚えていくようにしている	77.8	72.4	75.4	81.1	75.4	61.8		
Q30 数学を勉強する時は、数学と他の科目で習った事柄を関連付けようとしている	32.1	27.7	31.8	32.7	44.1	14.5		
③ 数学の授業について								
Q31 先生は意見を発表する機会を生徒に与えてくれる	67.8	79.0	75.0	65.5	57.9	46.0		
Q32 生徒がパソコンを利用して学習を行う	27.6	28.9	25.2	21.4				
Q33 生徒は数学で習った考えを日常の問題に応用するように求められる	30.4	27.4	31.3	27.1				
Q34 問題の解法や証明を生徒自身で考える	76.5	78.4	77.8	72.9				
Q35 生徒に自分の課題を選ぶ機会が与えられている	36.5	34.2	37.7	36.7				
Q36 生徒は例題や問題について話し合いをする	45.6	55.8	53.4	50.2				
Q37 先生は数学の考えが実生活に密接に関わっていることを解説してくれる	29.9	29.4	27.2	27.8				
Q38 生徒は、自分たちが予想したことを証明するように求められる	61.2	56.9	54.2	50.9				
④ 理科について								
Q39 理科の話題について学んでいる時は、たいてい楽しい	64.6	59.0	67.1	64.7	63.0	51.0		
Q40 理科についての本を読むのが好きだ	48.7	45.0	47.6	47.5	50.0	36.0		
Q41 理科についての問題を解いている時は楽しい	45.9	44.6	54.9	54.4	43.0	29.0		
Q42 理科についての知識を得ることは楽しい	73.0	67.2	72.7	72.8	67.0	58.0		
Q43 理科について学ぶことに興味がある	67.1	66.6	68.1	65.8	63.0	50.0		
Q52 科学技術の進歩は、通常人々の生活条件を向上させる	90.5	89.3	89.4	90.2	92.0	87.0		
Q53 理科は、私たちが自然を理解するのに役立つので重要である	93.4	90.6	91.1	90.4	93.0	81.0		
Q54 理科の考え方の中には、他の人々とどう関わるかを知るのに役立つものがある	56.9	56.1	61.3	60.6	61.0	54.0		
Q55 科学技術の進歩は、通常、経済の発展に役立つ	90.3	86.6	88.5	87.4	80.0	81.0		
Q56 大人になったら理科を様々な場面で役立つたい	60.4	60.5	64.8	63.0	64.0	44.0		
Q57 理科は社会にとって有用なものである	87.1	85.1	86.8	87.2	87.0	81.0		
Q58 理科は、私にとって身近なものである	78.0	79.3	82.3	78.3	57.0	61.0		
Q59 理科は、自分の身のまわりのことを理解するのに役立つものだと思う	82.2	81.3	85.4	82.9	75.0	67.0		
Q60 科学技術の進歩は、通常社会に利益をもたらす	88.3	83.1	83.8	86.0	75.0	76.0		
Q61 学校を卒業したら、理科を利用する機会がたくさんあるだろう	57.0	56.3	58.5	55.1	59.0	48.0		
⑤ 理科の授業について								
Q67 生徒には自分の考えを発表する機会が与えられている	48.7	47.2	49.8	52.3	61.0	34.0		
Q68 生徒が実験室で実験を行う	71.7	66.7	69.9	70.8	22.0	10.0		
Q69 生徒は、理科で習った考えを日常の問題に応用するように求められる	37.5	38.6	42.1	43.9	30.0	11.0		
Q70 生徒は、実験したことからどんな結論が得られたかを考えるように求められる	76.6	75.7	75.9	78.3	51.0	26.0		
Q71 実験の手順を生徒自身で考える	28.4	30.8	41.6	42.2	17.0	9.0		
Q72 先生が実験を実演してくれる	48.3	56.7	62.2	58.3	34.0	17.0		
Q73 生徒に自分の課題を選ぶ機会が与えられている	23.9	24.5	31.1	36.2	16.0	8.0		
Q74 生徒は課題についての話し合いをする	46.8	43.7	50.5	51.8	42.0	9.0		
Q75 生徒は、先生の指示通りに実験を行う	76.8	76.0	71.7	73.8	45.0	40.0		
Q76 先生は、理科の考えが実生活に密接に関わっていることを解説してくれる	44.2	43.6	48.4	46.3	46.0	19.0		
Q77 生徒は、自分たちが予想したことを実験で確かめるように求められる	67.6	65.0	63.7	69.2	23.0	22.0		

【数学について】

・Q6～9より、数学に対する興味・関心については、OECD 平均および日本平均と比べて 30 ポイント

程度高い。

- ・ Q23 や Q25 は日本平均とほぼ同等であるが、Q26～30 は日本平均と比べて 20～30 ポイント程度高く、OECD 平均とほぼ同等である。さらに、4 年間で比較すると、上昇傾向にあることが分かる。

【理科について】

- ・ Q67～77 において、観察・実験を重要視している意見が、OECD 平均および日本平均より大きく上回っている。
- ・ Q71～Q74 から、生徒が実験手順や課題を考える機会が、この 4 年間で増加していることが分かる。

上記の分析から、数学や理科の授業において、暗記や問題演習が中心ではなく、普段の日常との関わりを重視して行っていることが分かる。さらには、この 5 年間で、教科の授業内で生徒が協働する場面が増え、生徒が主体的に学習に取り組んでいることが分かる。これらから、「共創力」育成のための「学びの仕掛け」が有効に働いたと考えられる。

② GPS(Global Proficiency Skills program)-Academic による調査

■調査の概要

2018, 2019 年度の 2 年間、4 年生を対象に、株式会社ベネッセコーポレーションが提供する GPS-Academic を実施した。GPS-Academic とは、実社会で活躍するための「教科を超えた汎用的な力」を測定・育成することを目的に開発されたテストである。これからの社会で求められる、答えがわからない問題や、正解が一つでない問題に対して、自分とは価値観の異なる他者と協働して、問題の解決に取り組む力として、批判的思考力・論理的思考力・創造的思考力を測ることを目的とするものである。

■結果と分析

GPS-Academic では、選択式問題と記述・論述式問題があり、批判的思考力・論理的思考力・創造的思考力を S～D の 5 段階または A～C の 3 段階で評価する。この 2 年間の本校の結果および 2019 年度全国平均は下表のとおりである。

選択式

思考力 レベル	批判的思考力 (%)			協働的思考力 (%)			創造的思考力 (%)		
	2018年度	2019年度	19全国平均	2018年度	2019年度	19全国平均	2018年度	2019年度	19全国平均
S	4	7	3	9	3	4	7	7	3
A	32	30	23	17	34	22	40	48	27
B	55	48	40	64	46	36	46	30	37
C	8	15	30	8	15	31	7	12	27
D	0	0	4	1	2	7	0	2	6

記述・論述式

思考力 レベル	批判的思考力 (%)			協働的思考力 (%)			創造的思考力 (%)		
	2018年度	2019年度	19全国平均	2018年度	2019年度	19全国平均	2018年度	2019年度	19全国平均
A	11	9	4	13	10	2	17	35	14
B	82	89	82	49	83	72	79	59	65
C	7	2	13	36	7	20	4	6	21

どの思考力も全国平均を上回っているが、特に記述・論述式において、協働的思考力の評価が大きく上回っていることが確認できる。さらに、昨年度と比較しても、協働的思考力が大きく向上していることが分かる。これは、協働して問題解決を行うために必要な思考力が高いレベルで身に付いていることを示しており、「共創力」育成のカリキュラムの成果が十分に発揮されたと考えられる。

第2節 イノベーターを育てるカリキュラム開発

[1] 研究開発の課題と経緯

1. イノベーターを育むカリキュラム

本校の2005年から始まる第1期SSH事業の1つとして、自然科学に興味を有し、探究活動を主体的に行うことができる生徒の育成を行うための、新たな科学クラブ「サイエンス研究会」の創設が挙げられる。1～6年までの生徒が在籍し、数学、物理、化学、生物、地学の5つの班に分かれ、各自が設定した課題について研究を日常的に行い、各種コンテストやコンクールにおける研究発表において高く評価されるなど、優れた研究実績を築いてきた。一方、生徒の研究活動が進むに従い、その成果と課題が明らかとなり、以下の変遷を辿りながら多様な研究開発を実現している。

第1期SSHの課題

サイエンス研究会の生徒の活動が高度化するにつれて、特定の分野だけに偏った研究が多くなり、研究内容が細分化される傾向が見られた。

第2期SSHへの発展

第2期SSHでは、幅広い視野とより高い科学観、自然観を涵養するべく「リベラルアーツ」を涵養するカリキュラム開発を進め、各自の研究テーマをより多様な視点から考えたり、学校設定科目「コロキウム」で磨き上げた科学観や自然観、生命観などを研究の土台としたりする姿勢の涵養に努めてきた。

第2期SSHの課題

研究活動を進めるための前提となるリベラルアーツの涵養基本となる問題解決能力としてのリテラシーの育成により、生徒個人の技能・能力の育成や教養の涵養には一定の成果を見たが、多様な他者との協働や「知の共有」での弱さが見られた。この状況は、産業界を中心に期待されている、地球規模や技術革新といったより大きな問題に対して、複数の研究者がそれぞれの強みを出し合いながら「協働」し、既存の枠組みを超えた新たな発想や価値を作り出す「イノベーター」に必須の姿勢であると考えた。

第3期SSHへの発展

第3期SSHでは、適切な科学的根拠と多様な考え方に対する理解をもち合わせ、他者と協働しながら判断・行動し、問題の解決を図ることができる「共創力」を有した科学技術者の育成を目指した。主な研究開発として、サイエンス研究会の生徒を対象とした研究分野を超えた研究交流である「イノベーターキャンプ」や、プログラミングを活用した多分野融合型課題解決ワークショップ「ベースキャンプ」を始め、互いの研究活動を共有したり、強みを生かして協働したりして、問題解決を図る機会を提供した。

2. 探究活動におけるロールモデルとしての役割

第3期SSHでの共創力育成を目指したカリキュラム開発において、総合的な学習や学校設定科目による探究活動は重要な位置づけにある。発達段階に応じて、グループ研究から個人研究へ発展させていく過程で、グループ研究では、課題の発見・設定や必要な情報の収集・分析、実験の設計・実施、データの分析などの一連の探究活動において、他者との議論や検討をしながら進めていくことが求められる。個人研究では、他者との協働や「知の共有」により課題解決の手法を高めていくことが必要になる。その際に、低学年の時点から研究活動を行い、多様な他者との研究交流を重ねてきたサイエンス研究会の生徒は、一般生徒のロールモデルであり、同時に集団の中核として他者を組織する存在となることが期待される。このように、サイエンス研究会の育成が、多数の生徒の「共創力」の育成を促進すると考える。

[2] 研究開発の内容

■ 全体構想

本校では第1期SSH以来、理科・数学に興味・関心のある生徒によるサイエンス研究会を組織し、課外活動において生徒が数学・理科・科学技術に関する特色ある研究を進められるように指導・助言を行ってきた。今期SSHにおいては、従来の活動に加えて、多分野融合研究を促進したり、異分野間の議論を設定したりする機会であり、科学的態度や姿勢を育成するための場としてのプログラムを実施している。多くの生徒が個人研究を実施しており、多様なテーマ設定がみられる。一方で、同じ研究室内では互いの研究テーマに基づく研究交流が日常的に行われている。本校HP「SSH on Web」の「サイエンス研究会の成果」において公開している「サイエンス研究会のインタビュー結果」より、特にトップ層の生徒の研究活動において「指導教員との関わり」、「サイエンス研究会に所属する生徒同士の議論」、「校内発表会やコンテスト・ワークショップを通じた専門家との情報交換」の3つの共創が研究を促進する効果的なサポートであることがわかった。この結果からも、多様な研究テーマに携わる生徒同士の議論は、サイエンス研究会からイノベーターを輩出するための重要な文化の1つであることがわかる。

第3期SSHにおいては、このような研究交流を多分野間に拡充し、多分野間の共創を促す活動を促進した。イノベーターキャンプやベースキャンプに代表される多分野間の交流の成果として、「物理班の生徒による食品鮮度を数値化する装置の開発」、「数学班の生徒によるアプリケーションを用いた幾何学的シミュレーション」、「生物班の生徒による葉序のシミュレーション」など、分野融合型の研究テーマが多数輩出された。加えて、一部の生徒が企業の研究資材を活用した研究や海外の連携校との共同研究など新たな共創を行なったところ、研究視点や手法の拡大がみられた。これらの分析結果から、「すべてを自分たちで」探究する精神は残しつつ、他分野を研究する同世代の研究者や、専門家である大学教員・研究者との交流・協働を取り入れることがイノベーターに求められる多角的な視点の獲得に繋がると考える。

■ 仮説

- ①サイエンス研究会の活動においては、中等教育6年間の継続性を生かし、粘り強く長期的な研究を行うことで、科学的思考力を育むことができる。
- ②先輩・後輩に加えて、サイエンス研究会内外の生徒や他校生徒との相互交流や相互批判、本校教員や大学教員、研究者からの指導を通して、問いをたてる力、プレゼンテーション能力や議論する力を養い、多様な他者を組織して、新たな研究領域を切り開いていくイノベーターを育成することができる。
- ③異なる研究分野に携わる生徒の共創により、課題に対する新たな視点や研究手法の拡充を促進できる。



新入生向け体験講座の様子

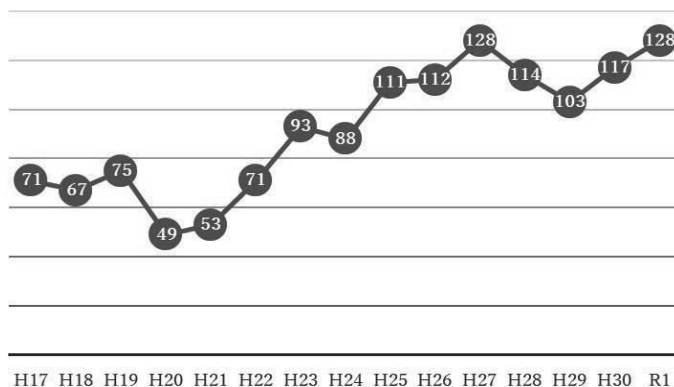


ベースキャンプでの異分野交流の様子

(1)各班の研究活動

サイエンス研究会は数学・物理・化学・生物・地学の各班に分かれ、研究活動・発表活動を行っている。今年度は、前期課程生 98 名、後期課程生 30 名の計 128 名が所属している。

SSH 指定第 1 期からのサイエンス研究会の登録人数の推移みると、近年は毎年 110～130 名程度であり、全校生徒の約 15%がサイエンス研究会に登録し、探究活動をしている。特に昨年度、今年度は 1、2 年生の積極的な研究活動参加が目立った。



各班とも、放課後や土曜日、長期休業中などを利用して研究活動を行い、得られた成果を本校の校内発表会(6月)、学園祭(9月)、公開研究会(2月)で発表している。まほろばけいはんなサイエンスフェスティバル(11月)や奈良 SSH フェスティバル(3月)等、地域の発表会交流会にも積極的に参加し、他校生と交流する機会を設けている。さらに、各種学会における発表会、コンテストへの参加、科学オリンピック、国際的な科学キャンプへの参加などにも積極的に応募・参加し、今年度も多くの成果をあげることができた。

主な活動および各班の今年度の活動について紹介する。

イノベーター・キャンプ

全 11 回のプログラムを計画し、サイエンス研究会を主対象として開催した(下表)。新入生のサイエンス研究会の参加拡大を図った「1 年生向け体験講座」では、各班の先輩部員による研究紹介や理科・数学分野の実験・実習等を行った。高学年では、各自が持つ研究テーマについてディスカッションや発表会の場を通じて、生徒同士のアイデアの共有や幅広い分野に関心をもつ姿勢を養うことができた。

6 月の「校内発表会」では、各班から口頭発表やポスター発表を行う機会を設けている。普段は他班の研究について知る機会のない生徒たちが相互に発表を見合うことにより、自分たちの仲間がどのような研究をしているのか、どのようなアイデアを用いているのかを把握するよい機会となっている。また、複数の班が同一の部屋で研究活動を行っていることにより、班を越えた議論や連携が生まれ、個々の研究内容がより多方面から検討され、共創する機会につながっている。

12 月に本校主催で開催された「集まれ！理系女子 関西大会」は、関西を中心とした中学校・高等学校 19 校が集まった研究発表・交流大会であり、サイエンス研究会の生徒は発表のみならず、運営スタッフとして、他校の生徒と交流することができた。

内容	実施日	対象
1 年生向け体験講座(放課後)	5/21(火)、24(金)	1 年生希望者
Illustrator 講習	6/5(水)、12(水)	1～5 年希望者
校内発表会(全国大会予選)	6/15(土)	全員
SSH 生徒研究発表会(全国大会)	8/8(水)～9(木)	全国大会参加者

サイエンス海の学校	8/19(月)～21(水)	1、2年希望者
サイエンスベースキャンプ	8/19(月)～20(火)	希望者 30 名(他校生含む)
NARA SAKURA Science Camp	9/1(日)～6(金)	国際交流プログラム参加者
ベトナム研修	11/11(月)～15(金)	4 名
集まれ!理系女子 関西大会	12/14(金)	全員
タイ TJSSF	12/18(水)～25(水)	5 名
公開研究会(ポスター発表)	2/14(金)～15(土)	ポスター発表者

数学班の今年度の活動

■主な研究テーマ

- ・「無理数の測定～ビュフォンの針の拡張～」(5年生 1名)
- ・「無限多重根号について」(2年生 1名)
- ・「○×ゲームに関する考察」(2年生 1名)
- ・「サイコロの出る目の確率」(2年生 1名)
- ・「巨大数に関する考察」(2年生 1名)
- ・「複雑系について」(1年生 1名)

■発表活動・交流活動

- ・7/8(土) 本校オープンスクールにおいて、算数・数学の楽しさを小学生に伝えるためのブース発表を行った。
- ・9/21(土)、22(日) 本校学園祭において、教室発表「MathMath 数学」を行った。
- ・12/7(土) 名古屋大学教育学部附属中学校・高等学校数学研究会を招待し、研究交流会を開催した。
- ・1/13(月) 日本数学オリンピック予選に 19 名が参加した。
- ・2/15(土) 本校公開研究会において、口頭発表、ポスター発表を行った。
- ・3/14(土) 本校数学班 20 名が名古屋大学文学部附属中学校・高等学校を訪問し、研究交流会(新型コロナウイルス感染症対策による休講措置に伴い中止)

物理班の今年度の活動

物理班では、1～5年までの約 20 名が日常的に研究を行っている。生徒の研究テーマの変化として、情報技術分野と物理分野の融合的な研究の増加があげられる。物理法則によって理論を組み立て、装置への実装過程でハードウェアおよびソフトウェアの技術を活用するなど、目的に応じた様々な融合的研究が見られた。高学年の生徒の多くは各種学会や科学コンテストで発表を行い、外部評価を積極的に受けた。このような機会を経て生徒の視野は着実に広がっており、共創力を育むための有効な機会となった。

今年度の新たな取組として、企業や大学の専門家との共創があげられ、定期的な Web 会議や情報交換会の実施や、企業が提供する研究資材を生かした研究活動を行なった。これらの共創により、校内の研究活動のみでは得られない多様な研究視点が獲得できた。加えて、女子部員が徐々に増加しており、「手の動きをトラッキングして描くデジタルアート」など、これまでの物理班の趣向とは異なるテーマに挑戦している。彼女たちの着眼点や研究手法は、その他の生徒にも参考となる新たな気づきをもたらしている。

る。次年度以降も、主体的な学びに基づく多様な研究活動を期待したい。

■研究テーマの例

- ・「超音波で物体を動かすー非接触型圧力提示システムの開発ー」(5年生1名)
- ・「Leap Motion を用いた手のトラッキング」(5年生2名)
- ・「多彩な音色を表現できる電子管楽器の試作」(2年生1名)

■発表活動

- ・8/7(水)、8(木) 令和元年度 SSH 生徒研究発表会にてポスターおよび口頭発表
- ・9/23(月・祝) 情報処理学会 関西支部大会にてポスター発表(4名)
- ・12/20(金)~22(日) The Thailand-Japan Student ICT Fair にてポスターおよび口頭発表
- ・12/14(土)~15(日) 第17回高校生科学技術チャレンジ(JSEC)にてポスター発表

化学班の今年度の活動

■主な研究テーマ

- ・「色素を用いた有機化合物の分離」(6年生1名)
- ・「食物繊維による合成着色料の吸着阻害」(5年生1名)
- ・「簡易ソルベー法により生成する物質の分析」(5年生1名)
- ・「一酸化窒素と酸素の反応に関する考察」(5年生3名)
- ・「茶葉やコーヒー殻を用いた銅(II)イオンの吸着実験」(5年生1名、4年生1名)
- ・「緑茶中のタンニンの定量実験」(3年生2名)
- ・「容器内でのロウソクの燃焼」(1年生2名)
- ・「セッケンの合成」(1年生1名)

■日々の活動

日常生活や授業の中で興味を持った化学的な内容について、個人またはグループにより研究を行っている。年度当初には、薬品や器具の扱い方、測定装置の操作法に関する講習を化学班全員を対象に実施することで、安全に対する意識を定着させている。

地域の発表交流会のみならず、コンテストにも積極的に応募し、第63回日本学生科学賞奈良県審査では、中学校部門で最優秀賞・知事賞を、高校部門で最優秀賞・商工会議所連合会賞を受賞、同科学賞中央最終審査では、高校部門で入選1等する等、成果を上げることができた。また、立命館高校 SSH 科学技術人材育成重点枠の取組として、タイ・チトラダスクールの生徒との共同研究にも取り組んだ。さらに、特定非営利活動法人 研究実験施設・環境安全教育研究会の「高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援事業」の取組活動に採択され、研究課題「大気汚染の原因と性質を探るー窒素酸化物と水との反応ー」を設定し、5年生3名で研究を進めている。

■海外の理数系重点校との共同課題研究

化学班2名(4年生1名、5年生1名)は、立命館高校 SSH 科学技術人材育成重点枠の連携校の取組として、5~11月にタイ・チトラダスクールの生徒2名とともに共同課題研究に取り組んだ。

研究テーマの設定の方法は、まず両校の生徒で研究テーマ候補を複数取り上げ、先行研究の調査や予備実験を行う中で、生徒が興味を持った「Cu²⁺ Adsorption by Guava Leaf Powder and Coffee Grounds」とした。5~7月までは、各学校において実験等を実施してメールやSNS等を駆使して、実験手法の情報

交換を行った。8月にはタイ・チトラダスクールを訪問し、一緒に実験を行うことで、メール等では不十分だった化学成分の分析手法について、統一させることができた。なお、タイ訪問時の実験は、タイ国立科学技術庁 NSTDA のラボにおいて実施し、NSTDA の研究者による実験指導やプレゼン指導を受けることができた。活動の成果は、立命館高校主催の Japan Super Science Fair 2019 において口頭及びポスター発表した。生徒間の交流は、研究後も続いており、科学研究を通じて国を超えた友情を育むことができた。

■発表活動

- ・7/17(水) 日経ウーマノミクスフォーラム 2019 シンポジウムに出場(口頭発表、ワークショップ)
- ・9/21(土) 日本動物学会第90回大阪大会にてポスター発表
- ・10/26(土)～27(日) 第16回高校化学グランドコンテストにてポスター発表
- ・11/3(日)～5(火) Japan Super Science Fair 2019 にて口頭およびポスター発表
- ・11/23(土) 関西学院大学 Sci-Tech Research Forum にてポスター発表
- ・12/22(日)～24(火) 第63回日本学生科学賞中央最終審査にてポスター発表
- ・12/25(水) 第36回高等学校中学校化学研究発表会にて口頭発表(3件)
- ・1/27(月) 大阪大学蛋白質研究所および田辺三菱製薬史料館訪問研修(化学班 12名)

生物班の今年度の活動

■主な研究テーマ

- ・「マツタケの人工培養を目指して」(6年生1名、4年生1名)
- ・「微生物発電の開発について」(4年生1名)
- ・「ピーマンの水耕栽培についての研究」(4年生1名)
- ・「ピーマンを甘くする方法の研究」(4年生1名)
- ・「免疫力を向上させる食品についての研究」(4年生2名)
- ・「粘菌の糖に対する反応と迷路実験について」(3年生1名、2年生1名)

■日々の活動

個々の研究活動としては、上記のように「粘菌の生態」に関わる研究から「微生物燃料電池の開発」などの応用分野まで、広範囲にわたる研究活動を実施している。生物の飼育、栽培、培養をベースに、自分たちで助け合いながら研究を進めている。自分達では解決できない課題に直面した時には、奈良女子大学や関西医科大学の先生方にもアドバイスやご協力をいただくこともあった。

企業との連携としては、株式会社 Pasco、株式会社リバネスが実施する『『ゆめちから』栽培研究プログラム』の課題研究校に採択され、6年生から1年生で構成された10名のメンバーで、小麦の栽培研究を行っている。

また、国際交流として、2019年11月11日(月)から15日(金)にかけて生物班の生徒4名でベトナムを訪問した。現地では、ベトナム国家大学ハノイ校自然科学大学附属英才高校(HSGS)との交流プログラムを通して、HSGSの生徒とともに生物実験や野外調査を行った。

(2) 異学年・異分野の生徒による課題解決型ワークショップ

1. 多分野融合課題解決ワークショップの開発経緯

本校サイエンス研究会では、生徒自らの課題意識を尊重した主体的な探究活動を実践した結果、各種コンテストやコンクールにおいて高く評価されるなど、優れた研究実績を築いてきた。しかし、活動の活性化と共に、個々の活動が高度化し、充実するにつれて、研究内容が細分化されることが課題となった。一方、時代の要請として、個々の研究者が個別の課題を研究するだけでなく、地球規模や技術革新といったより大きな問題に対して、複数の研究者がそれぞれの強みを出し合いながら「協働」して問題の解決に当たる必要性の高まりや、多分野融合型の研究領域の拡大に伴う、既存の枠組みを超えた新たな発想や概念、価値を作り出す「イノベーター」の出現が期待されている。このような背景から、平成 27 年度からの第 3 期 SSH 事業における研究主題を「共創力を備えた科学技術イノベーターの育成」に据え、サイエンス研究会の生徒に対して、研究分野を超えた研究交流や協働で探究する機会を意図的に作り出している。その主たる取り組みとして、異分野・異学年の生徒の共創を目指すプログラミングワークショップ「ベースキャンプ」(以下、WS)を企画・運営している。

テーマ	開発年度
フラクタル図形、万有引力のシミュレーション	2015 年度
Processing によるアニメーションの作成	2016 年度
Node-Red を用いたセンサーの制御 ※外部講師と共催	2017 年度
Obniz を用いた日常生活を豊かにする IoT 技術 ※外部講師と共催	2018 年度

上記の 4 年間の取り組みを通じて、プログラミングの基礎的な考え方の習得や、日常生活を豊かにするためのプログラミングの活用方法について多様な他者との意見交換から考察する WS を実践できた。一方、物理・情報系以外の生徒は、WS で習得したプログラミング技術を普段の研究活動に活用する傾向が低いことが課題としてあげられた。そこで、本年度の新たな取り組みとして、生物や化学などの研究分野にプログラミングの技術を活用することで、研究内容をより発展させる視点を育むべく、以下の WS を企画した。

①他分野への IoT 活用に向けた実践

- ・物理や情報分野にとどまらず、生物や化学など日頃の研究に IoT を活かす課題設定を行うことで、多分野融合の視点を獲得し、「共創力」を育む

②企業連携をベースとした企画・運営

- ・プログラム初心者を対象とし、ソニーセミコンダクタソリューションズ(SSS)株式会社・立命館大学の協力を得て、生徒自身が主体的に考える課題設定を模索する
- ・学校と企業・大学が連携するきっかけを提供し、生徒の研究活動の発展を目指す

③SSH 交流会支援枠の活用による成果普及

- ・本校が企画した WS に複数校の生徒を招聘することで、機会提供を行うと共に、本校の研究成果である多分野融合型プロジェクトの手法について共有、成果普及を行う

2. 本年度の実践

前述した 18 年度までの実践を通して、物理・情報系以外の生徒は、WS で獲得したプログラミング技術や研究視点をその後の研究活動に活かすににくい傾向が見られた。そこで、本年度の新たな取り組みとして、生物や化学などの生徒の研究分野にプログラミングの技術を活用することで、研究内容をより発展させる視点を育むことを目指す WS を企画した。

19 年度の WS における 8 班のチーム構成は、本校生徒、他校生徒ともに、事前に研究分野や研究テーマを聞き、各班にできるだけプログラミングが得意な物理・情報分野の生徒を配置し、他分野、他学年、他校の生徒が意見交流できるように工夫した。また、TA の配置も、8 班を 2 班ずつ 4 つのグループに分けて、この 4 つのグループを企業からの TA 1 名と大学からの TA 1 名の計 2 名の TA が臨機応変に生徒たちの活動をサポートしてもらえるように工夫した。

(1) 連携企業・連携大学

連携企業：ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社 IoT ソリューション事業部(4 名)

株式会社レスターエレクトロニクス ICT 営業部門(1 名)

株式会社レスターマーケティング マーケティング部門(1 名)

共立電子産業株式会社

連携大学：立命館大学 情報理工学部 野間春生教授、情報理工学部より学生 4 名

(2) 日程

【事前学習】令和元年 7 月 24 日(水)10 時～16 時

【キャンプ当日】令和元年 8 月 19 日(月)～ 8 月 20 日(火)10 時～17 時 ※ 2 日間

	8/19(月)	8/20(火)
内 容	9:50 学校集合 移動	9:50 学校集合 移動
	10:00～10:30 アイスブレイキング	10:00～12:00 プログラミング実習②
	10:30～12:00 アイデアノートの作成	12:00～13:00 昼食休憩
	12:00～13:00 昼食休憩	13:00～14:00 プログラミング実習③
	13:00～16:30 プログラミング実習①	14:00～15:00 発表準備(資料作成)
		15:00～16:00 発表会
		16:00～16:30 全体会(講評・閉会式)

(3) 内容

テーマ『自分たちの研究分野を IoT の技術で発展させよう

～SPRESENSE を活用した多分野融合課題解決ワークショップ～』

- ・研究分野の異なる生徒が 1 つのグループを組織し、多分野融合課題解決 WS を実施する。
- ・「各研究分野への IoT の活用」をキーワードとした課題を設定し、生徒間の共創による新たな研究視点や手法の獲得を促進する。
- ・関西地域の複数校の参加により、多様な研究背景を持つ生徒を組織し、課題解決の手法が一層拡大することを旨とする。

(4) 参加校(うち、4 校は SSH 指定校)

奈良教育大学附属中学校、奈良県立青翔中学校、神奈川県立多摩高等学校

兵庫県立明石北高等学校、兵庫県立三田翔雲館高等学校

3. 企業との連携

(1)企業と本校の連携手法

企業との連携の主な目的は、専門的な技術を直接生徒に指導していただき、社会に根付いた課題意識の育成を図ることである。これを機に、今後も継続して指導していただき、連携を続けることで研究のさらなる発展を目指した。打ち合わせ手法として、Web 会議システムを活用し、ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(以下、SSS)とレスターエレクトロニクス株式会社(以下、レスター)の代表者と打ち合わせを行った。

【打ち合わせ日程と内容】

実施日	打ち合わせ方法	参加者	内容
6月6日	Web 会議	SSS、レスター、本校	WS の概要、今後の打ち合わせの予定
6月25日	Web 会議	SSS、レスター、本校	事前学習内容の提案、必要な機材について
7月5日	電話会議	SSS、本校	WS の内容、設定するテーマ案の検討
7月10日	Web 会議	SSS、レスター、本校	テーマ案の具体化と必要機材の確認
7月24日	対面での会議	SSS、レスター、本校	事前学習後の振り返り、8月の打合せ
8月9日	Web 会議	SSS、レスター、本校	8月のWSに向けた最終確認
9月20日	対面での会議	レスター、本校	アンケート分析、フィードバック

(2)企業と本校教員による実施内容の選定

先にも述べた通り、今年度は生物や化学など日頃の研究にプログラミングの技術を活用する多分野融合が1つの目的である。打ち合わせを重ね中で、取り組み内容の多様化が予想され、どこに焦点を当てるかが課題となった。そこで、以下のように事前に3つのテーマを示し、SPRESENSE の特徴を活かすとともに、多分野融合の具体的な例を示した。

【本校教員の関わり方】

生徒の研究活動での困り感の把握(生物班・化学班の生徒へのインタビュー)

- 生徒のインタビュー結果をふまえた本校教員内でのテーマ案の立案
- 連携先との協議(Web 会議システムの活用)
- 事前学習、WS 当日の活動内容の確定

【本校から提示したテーマ案】

① 生物の声の収録と声紋分析：「音の周波数解析」、「音声の自動生成」

生物の鳴き声等をマイクで取得し、周波数解析を行う。まず、基本的な音の入力と結果のリアルタイム表示を行い、その後、生物の音の特徴をグラフや数値で分析することを目指す。

② 暑さ指数の自動測定：「GPS」、「温度・湿度」

校内で各地の情報を集約し、各データから暑さ指数(WBGT)を自動測定する。また、得られた暑さ指数に合わせて、状況を音声で返すなど危険を知らせるプログラムを作る。

③ カメラ画像を用いた自動 pH 測定：「画像処理」、「色分析」、「音出力」

カメラ基盤を用いた、撮影の実行と画像の数値化を行うプログラムを作成する。その数値をもとに自動で pH を測定し、測定結果を音声等で返答するような環境を構築する。

4. 大学との連携

一昨年度より、本校 SSH 運営指導委員の野間春生教授(立命館大学情報理工学部／メディアエキスパートリエンズデザイン研究室)、および立命館大学の学生に TA として WS に参加していただき、企画・運営の協力を得ている。日頃より、実践的なプログラミングを行っている大学の先生や学生と一緒に取り組むことで、生徒が不足している知識を補うとともに、より広い視野で課題と向き合うことができる。準備期間には、一度だけ野間教授と対面での会議を行い、本校と SSS 間の打合せ内容を伝えるとともに、プログラミング実習に有効なテーマの案などを教えていただいた。その後、事前学習に向けた指導の要点をメールで伝えるとともに、事前学習で行った内容を再現するための基板や部品を送付した。

2 日間の WS で、TA の学生は、野間先生のご指導もあって生徒に知識を押し込むのではなく、生徒と一緒に考えるという立場を崩さなかった。そのため、生徒が思考する機会を失うことがなく、互いに共創しながら課題解決を行うことができ、教育的に有効な場として役立ったと考えている。

【打ち合わせ日程と内容】

実施日	打ち合わせ方法	参加者	内容
6月27日	メール	立命館、本校	TA の人数、参加方法(宿泊)の確認
7月6日	メール	立命館(TA 含む)、本校	宿泊の案内、テーマ 3 案の紹介
7月8日	対面での会議	立命館、本校	SSS とのすり合わせ 実習テーマのアイデア検討
7月12日	メール	立命館(TA 含む)、本校	テーマ 3 案と、事前学習の進め方 (SSS 作成のメモ)送付
7月30日	メール	立命館(TA 含む)、本校	事前学習の報告
8月2日	郵送	立命館宛	物品(基板・部品)を送付

5. 生徒が取り組んだテーマ一覧

今回の WS で各班が設定したテーマを以下に示す。

【生徒が設定したテーマ一覧】

- ・クロロフィル蛍光を用いた植物元気チェッカー
- ・車の衝突状況を分析する COLLISION SENSOR
- ・センサで認識した色を絵の具の量を調節して再現する装置
- ・空間の温度を認識して音楽を流す装置
- ・シカの観察装置「Deer Observation Devise」
- ・人の疲れや危険な場所を認識するナビ
- ・画像解析で輝度を測定し画面の明るさを変化させる
- ・Earth Arrow(線を用いて地球との交点の地点を探し、延長線上にある星を探そう！)

特徴として、事前に本校教員および企業が例示したテーマをそのまま実践する班は無く、いずれの班も独自の視点を加えたり、新規の課題設定を行ったりするなど、主体性の高さがうかがえた。一方、各種センサーの利用や色認識等、事前に提案していた解析手法を活用できるテーマ設定が多く、準備したソースコードを汎用できた。

(3) 全校生徒への成果の普及

第3期SSHにおいて、研究開発の主題である「共創力を兼ね備えた科学技術イノベーター」の育成の一環として、本校のサイエンス研究会の生徒が培った資質・能力をその他の生徒に普及することを目指している。優秀な研究活動を行っているサイエンス研究会の5年生2名に全校生徒向けの口頭発表を行わせた。彼らが探究活動のロールモデルとなり、全校生徒の課題研究に対するモチベーションの向上や工夫が生まれることを期待できる。なお、4年生123名を対象に、2名の研究発表を聞いて「どのような点が優れていると感じたか」、「自分たちの課題研究の活動に活かせることは何か」を問う記述式のアンケートを実施した。以下、そのアンケートの回答であり、記述の内容を大きく以下の4つに分類し、まとめる。なお、複数回答のものを中心に挙げている。

① テーマ設定

- ・きっかけやテーマ設定のレベルが高い
- ・やりたいことへの発想とそれをやり遂げる力がある
- ・身近なテーマを取り上げたり、実用性を考えたりしてテーマを設定している
- ・自分の興味のある事柄から課題を設定していて、好奇心と行動力が優れている

② 実験、研究の進め方

- ・必要な物を自分で発明する力が優れている ・自分で器具を作っている
- ・どうしてそれを実験するのか、何のために研究するのがはっきりしている
- ・1つの実験で得られた結果から追加実験を行っている。また結果から考察や発想を切り替えている
- ・自分たちももっと仮説と結果の違いを深く、細かく考察するべきだった
- ・研究結果を数値化することで、データを客観視でき、新たな発想につなげている
- ・実験で失敗しないことが大切だと思っていたが、失敗をどのように活かすかが大切だと分かった

③ 発表方法

- ・難しい内容を簡単な言葉を用いて説明していて、発表のうまさを感じた
- ・要点をまとめた発表がされている
- ・スライドにグラフや図表、画像、動画を有効的に用いて発表している
- ・実験ごとにまとめ、次への疑問を明示していてわかりやすい

④ その他

- ・今後の展望が充実している
- ・問題に行き詰った時に自分で解決法を思いついているのがすごい
- ・多くの時間をかけて課題解決にとりくんでいることが伝わってくる
- ・テーマ設定、研究過程、結果の示し方、考察などすべてが勉強になった
- ・より高度な知識を身に付け、貪欲にデータを集めていくことが大切だ(サイエンス研究会所属生徒)

既に今年度の課題研究で発表を終えた生徒は、テーマ設定の仕方や発表方法に関する記述が多くみられ、自分たちが上手くできなかったことに対して、ヒントを得られたという趣旨の解答が複数あった。また、現在課題研究を進めている生徒は、実験方法に関する記述が多く、自分たちの取組と比較し、参考にする姿勢が見られた。

[3]実施の効果とその評価

(1)サイエンス研究会の成果・受賞記録

年	月	大会名	応募 班	成果	発表テーマ
2019 (令和1) 年	12	第17回高校生科学技術チャレンジ(JSEC)	物理	テレビ朝日特別奨励賞 ファイナリスト賞	超音波を用いた非接触型触覚提示装置
2019 (令和1) 年	12	第63回日本学生科学賞中央最終審査	化学	入選1等	食物繊維による合成着色料の吸着阻害
2019 (令和1) 年	12	サイエンスキャッスル2019関東大会	物理	奨励賞・THK賞	非接触型触覚提示装置
2019 (令和1) 年	12	サイエンスキャッスル2019関西大会	化学	研究奨励賞・優秀ポスター 賞	メダカにロック曲を聞かせたときの体内変化
2019 (令和1) 年	12	第36回高等学校・中学校化学研究発表会(近畿大会)	化学	奨励賞	容器内でのロウソクの燃焼
2019 (令和1) 年	12	第36回高等学校・中学校化学研究発表会(近畿大会)	化学	奨励賞	グアバの葉、コーヒー殻による銅(Ⅱ)イオン吸着実験
2019 (令和1) 年	12	第36回高等学校・中学校化学研究発表会(近畿大会)	化学	奨励賞	簡易アンモニアソーダ法で得られた生成物の分析
2019 (令和1) 年	11	第34回奈良県高等学校総合文化祭 美術・工芸部門	物理	最優秀賞	アンサンブルに
2019 (令和1) 年	11	テクノアイデアコンテスト2019	物理	グランプリ	超音波で物体を動かす -非接触型圧力提示システムの開発-
2019 (令和1) 年	10	第63回日本学生科学賞 奈良県審査	化学	最優秀賞・県知事賞(1位)	メダカにロック曲を聞かせたときの体内変化
2019 (令和1) 年	10	第63回日本学生科学賞 奈良県審査	化学	最優秀賞・商工会議所連合 会賞(3位)	食物繊維による合成着色料の吸着阻害
2019 (令和1) 年	9	情報処理学会関西支部大会	物理	ジュニア会員特別賞	多彩な音色を表現できる電子管楽器の試作
2019 (令和1) 年	9	情報処理学会関西支部大会	物理	ジュニア会員特別賞	学園祭の食数管理を自動化するソフトの開発
2019 (令和1) 年	9	情報処理学会関西支部大会	物理	ジュニア会員特別賞	Leap Motionによる手のトラッキング
2019 (令和1) 年	9	日本動物学会第90回大阪大会 小中高生発表	化学	優秀賞	メダカにロック曲を聞かせたときの体内変化
2019 (令和1) 年	8	令和元年度SSH生徒研究発表会	物理	独立行政法人科学技術振興 機構理事賞	超音波で物体を動かす -非接触型圧力提示システムの開発-
2019 (平成31) 年	3	第18回日本再生医療学会総会「中高生のためのセッション」	生物	金賞	細胞シートで紡ぐ未来
2019 (平成31) 年	3	第15回日本物理学会Jr. セッション	物理	奨励賞	超音波を用いた非接触型感覚入力モジュールの開発
2019 (平成31) 年	3	第15回日本物理学会Jr. セッション	物理	奨励賞	鮮度の数値化-酸化に伴う吸光度変化測定装置の開発-
2019 (平成31) 年	3	高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援 事業	化学	最優秀賞	食物繊維による着色料の吸収阻害に関する研究
2018 (平成30) 年	12	第35回高等学校中学校化学研究発表会(近畿大会)	化学	奨励賞	一酸化窒素と酸素の反応に関する考察
2018 (平成30) 年	12	第35回高等学校中学校化学研究発表会(近畿大会)	化学	奨励賞	食物繊維による合成着色料の吸収阻害
2018 (平成30) 年	11	テクノアイデアコンテスト2018	物理	グランプリ	鮮度の数値化-酸化に伴う吸光度変化測定装置の開発-
2018 (平成30) 年	10	第15回高校化学グランドコンテスト	物理	文部科学大臣賞	食品鮮度の数値化-ミオグロビンの酸化に伴う吸光度変化測 定装置の開発-
2018 (平成30) 年	8	化学グランプリ(化学オリンピック)本選	化学	金賞	
2018 (平成30) 年	8	第33回中国青少年科学イノベーションコンテスト(CASTIC)	数学	2位	三角形の垂心とトロコイド Orthocenter and Trochoid
2018 (平成30) 年	3	高校生による環境安全とリスクに関する自主研究活動支援 事業	化学	最優秀賞	大気中の化学汚染物質測定法の開発
2017 (平成29) 年	12	第34回高等学校中学校化学研究発表会(近畿大会)	化学	奨励賞	糖類の判別実験
2017 (平成29) 年	8	平成29年度SSH生徒研究発表会	数学	独立行政法人科学技術振興 機構理事賞	三角形の垂心とトロコイド
2016 (平成28) 年	8	平成28年度SSH生徒研究発表会	生物	奨励賞	植物の葉序の規則性
2016 (平成28) 年	3	第12回日本物理学会Jr. セッション	物理	最優秀賞	白黒フィルム写真のカラー化
2015 (平成27) 年	8	平成27年度SSH生徒研究発表会	生物	独立行政法人科学技術振興 機構理事賞	抹茶の化学

Ⅲ期SSH

第3期SSHの5年間を通じて、サイエンス研究会の生徒は前ページに示すような各種コンテストや科学オリンピックにおいて成果を上げ、高い評価を受けた。特に、第3期SSHの特徴として、女子生徒の活躍や、課題研究を経てサイエンス研究会に入会后、外部コンテスト等に出場した生徒の輩出があげられる。このように、サイエンス研究会をロールモデルとして多くの生徒の課題研究の発展がみられた。

(2) 探究活動の成果を活用した推薦入試・AO入試合格生徒数の増加

サイエンス研究会での研究活動や課題研究の授業での成果を活用し、以下の大学の推薦入試・AO入試に合格者を輩出でき、科学技術イノベーターの育成の成果が高く評価されたと考える。

【18年度、19年度の主な合格先】

京都大学(特色入試, 1名)、大阪大学(世界適塾入試, 3名)、筑波大学(AC入試, 公募推薦各1名)、名古屋大学(推薦入試, 1名)、京都工芸繊維大(ダヴィンチ入試, 1名)
群馬大学(医学部医学科公募推薦, 1名)、京都府立医科大学(公募推薦, 1名)
大阪府立大学(公募推薦, 1名)、神戸大学(志入試, 1名)

(3) 企業による研究支援

第3期SSH第5年次の成果として、企業と連携した研究活動があげられる。これらの活動を通じて、多様な専門家との共創による新たな研究手法の獲得する科学技術イノベーターの育成を目指した。

① 生物班



株式会社 Pasco が主催する「『ゆめちから』栽培研究プログラム 第8期課題研究校」に認定。国産小麦「ゆめちから」の提供を受け、学校で栽培しながら高品質な小麦を栽培するために、生育状況の観察、データの分析、実験を行い、最適な栽培方法を研究している。

② 物理班



THK 株式会社、株式会社リバネスが支援する「サイエンスキャッスル研究費 THK 賞」に採択された。THK 社の研究資料である LM ガイドの提供および研究費の支援を受け、自身の研究活動に活用した。また、定期的に Web 会議を実施し、研究に対する情報交換を行なった。12月に開催されたサイエンスキャッスル関東大会にてポスター発表し、成果の普及を行なった。

③ 多分野融合型課題解決ワークショップ「ベースキャンプ」の実施



ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社、立命館大学、他校5校と連携し、『自分たちの研究分野をIoTの技術で発展させよう～SPRESENSEを活用した多分野融合課題解決ワークショップ～』を実施した。生徒の作品は第1回関西STEM教育EXPOにて展示された。(なお、本事業はSSH交流会支援枠に採択されている。)

(4) ベースキャンプ実施後のアンケート結果

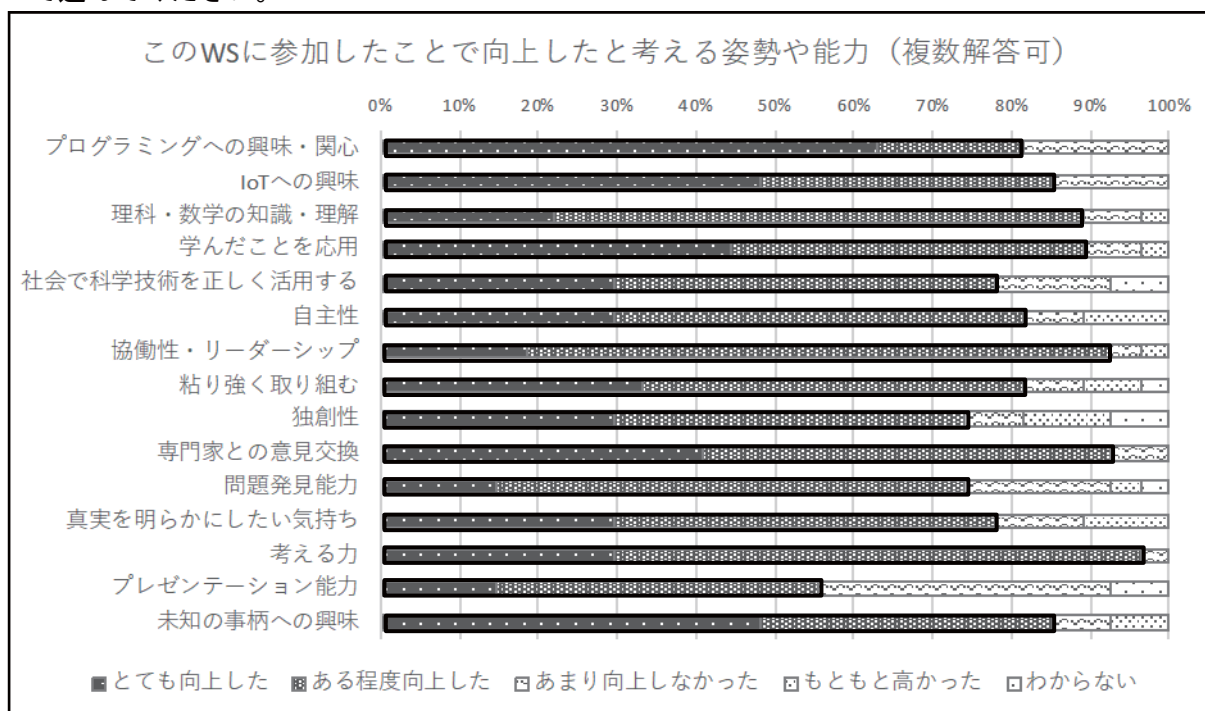
8月に実施したベースキャンプに参加した生徒、参加校の教員を対象にそれぞれアンケートを実施した。以下にアンケート結果を示し、ベースキャンプの効果について検証を行う。

【生徒向けアンケート結果(回答者数 28)】

Q1. 参加の動機を簡単に記述してください。

- ・プログラミングに興味があったから
- ・視野を広げたと思ったから
- ・プログラミングの応用として、情報以外の分野である化学・生物が設定されていたため
- ・プログラミングを自分の研究に活用したいと思ったから

Q2. このWSに参加したことで向上したと考える姿勢や能力について、以下の選択肢より該当するものをすべて選んでください。



Q3. 課題解決において、他校の生徒と一緒に活動するメリットとして、あなたが感じたことを記述してください。

- ・自分では考えつかなかったアイデアが生まれた
- ・他校の人がどのような事をしているかが分かった
- ・お互いのことを知ろうとたくさん話したので、課題解決のための話し合いが活発になった
- ・自分の考える「高校生としてのレベルやできることの範囲」を広げるきっかけになった

Q4. 課題解決において、異分野の生徒(普段異なる分野の研究を行なっている生徒)と一緒に活動するメリットとして、あなたが感じたことを記述してください。

- ・自分の知見が広がり楽しい
- ・いつもは持たない意見、価値観に触れられること
- ・不得意な点を補い合えた
- ・多様な意見を統合し、発想を生み出すことができる
- ・全く違うテーマを研究する人と情報を共有することで違う考え方を得ることができた
- ・自分が今までやってこなかったアプローチの仕方が見いだせた
- ・異分野の研究への活用方法を共に考えたので、自分の興味分野が広がった。

Q5. 今回のWSで習得した技術を普段皆さんが行っている研究に活用する場合、どのような可能性が考えられますか？

- ・色で薬品の濃度や割合を算出したり、自動で薬品の濃度を調整したりしながら調合するシステム
- ・ロボットのメイン基板として SPRESENSE を採用し、多様な動きを実現する
- ・様々なセンサーやカメラ機能を用いて、研究している生物の観測を行う
- ・今回チャレンジしたテーマに興味がある研究分野の人との共同研究

Q6. ベースキャンプで企業の方を講師にお招きして良かったと感じる点を記述してください。

- ・的確なアドバイスをもらえる
- ・一番製品に詳しい方から確かな情報を直接得られる
- ・最先端の器具を使うことができ、その使い方を専門の方から学ぶことができる点
- ・企業の取組を具体的に聞ける
- ・自分がやっていることを職業にしている人に話を聞ける

Q7. 今回のWSを終えて、あなたにとっての一番の収穫は何ですか。記述してください。

- ・自分のアイデアを他人につたえること
- ・チームでやりたいことを技術を使って形にする力
- ・自分の持たなかった発想や知識を得た
- ・他のグループの完成度の高い発表を見れたこと
- ・プログラミングを用いて課題解決ができたこと
- ・プログラミングの他分野への応用

【教員向けアンケート結果(回答者数5)】

Q11. 他校の生徒と一緒に活動するメリットとして感じられたことを記述してください。

- ・共通の目的があることによるコミュニケーション能力が向上した
- ・考え方や視野が広がった
- ・研究に対する姿勢や知識に刺激を受けた
- ・プログラミングを用いた研究を行うという概念を導入することができた

Q12. 異分野の生徒と一緒に活動するメリットとして感じられたことを記述してください。

- ・様々な物事への興味・関心の高まった
- ・他者の興味関心を知ることが自分の思考の可能性を広げることにつながる

Q13. 企業との連携を通じて、良かったと感じられることを記述してください。

- ・教師とは視点の違う企業の視点を知ることとはとても貴重な機会となる
- ・社会人(企業人)にこのような形で触れ合えることがキャリア教育的にも有意義だった

Q14. SSH指定校が、他校連携事業としてこのような企画を実施することは、どのような意義がありますか。

- ・SSH事業の幅広い成果普及
- ・SSHで得た指導力の散布、経費を広く使用すること
- ・県外と交流することで広域帯指導の効果

Q1より、参加動機として自身の研究分野へのIoTの活用について可能性を探りたいと考えていたことがわかる。これに対し、Q5より、今回の取組をきっかけとして自身の研究活動への活用方法をイメージできていることがわかる。

参加生徒のアンケート結果Q4より、多くの生徒が異分野の生徒との協働によって得られる視点の拡大を実感しており、本WSが多分野融合の重要性を体験できる内容となったことがわかる。

Q7より、グループ内またグループ間で課題解決に向けて協働できたこと生徒自身が感じている。また、他分野にプログラミングを活用することで、多分野融合への視点を獲得できている。これらより、このような多分野融合型課題解決ワークショップが「共創力」育成に有効であると確認できた。

第3節 共創力の育成に通底するカリキュラム開発（国際交流・高大接続）

[1] 研究開発の課題と経緯

1. 課題解決能力を重視した国際交流カリキュラムの開発

本校では、第1期 SSH 指定時より SSH 重点枠指定(平成 20・21 年度)、コア SSH 指定(平成 22～24 年度)、人材育成重点枠指定(平成 25・26 年度)において課題解決型ワークショップ(以下、WS)や研究交流を中心とした国際交流を実施してきた。

【第1期、第2期 SSH 指定における国際交流カリキュラム】

対象生徒・教員	実施時期	訪問先・参加国	参加人数
サイエンス研究会の生徒を中心とした海外研修	平成 20 年度～26 年度	アメリカ・韓国・ベトナム・タイ	4～10 名
アジアの中高生によるサイエンスキャンプ(日本開催)	平成 22 年度～26 年度	日本(県内他校生含)・韓国・台湾・シンガポールが参加(夏季休業期間の 1 週間)	30～40 名
教員研修	平成 20 年度～26 年度	フィンランド・韓国・台湾・シンガポール	2～5 名

卒業生アンケートの結果にも示されているように、英語で議論する力および課題解決能力が向上したと考え、第3期 SSH においては、新規参加国の開拓と共に、サイエンス研究会を中心とするイノベーターの育成を目指す海外研修と、イノベーターの候補を拡大するための国内研修を実施した。

【第3期 SSH 指定における国際交流カリキュラム】

- ・日本・韓国・台湾・ウズベキスタン・インドネシア・タイ・インドの高校生が協働する科学技術ワークショップ“NARA SAKURA Science Camp”
(JST さくらサイエンスプラン支援, 日本開催, 7 日間, 4 年間継続実施, 各年計 25 名参加)
- ・ベトナム国家大学ハノイ校自然科学大学附属英才高校との研修
(ベトナム開催, 7 日間, 4 年間継続実施, 各年 6-8 名参加)
- ・KAIST(韓国)における日韓高校生サイエンスキャンプ 2016(韓国開催, 7 日間, 10 名参加)
- ・タイ政府主催“Thailand-Japan Student Science Fair”
(タイ開催, 7 日間, 2 年連続実施, 各年 4-5 名参加)
- ・立命館中学校・高等学校の SSH 科学技術人材育成重点枠 タイ共同研究研修
(タイ開催, 7 日間, 2 名参加)

2. 高大接続カリキュラム開発

本校では、本学奈良女子大学との連携を中心とし、短期集中型の講座制授業や学校設定科目「コロキウム」での講座担当や、令和元年度より試行している「高大接続文理統合型探究プログラム(PICASO)」の実施など、本校および奈良女子大学の教員が連携してカリキュラム開発を行なった。

【第1期～第3期 SSH 指定における高大接続カリキュラム】

内容	対象学年	実施時期
大学教員による先端科学技術に関する講演会	1～6 年	第 1 期 SSH 指定以降(年 1 回)
国際サイエンスキャンプにおける WS 他 (課題解決型の WS を実施と高大接続入試としての評価検討会)	3～5 年	平成 23 年度～30 年度 (夏季休業期間の 1 週間)
大学教員による大学での研究活動に関する講座制授業 (アカデミック・ガイダンス)	4～6 年	第 1 期 SSH 指定以降 (夏季休業明けの短期集中期間)
学校設定科目「コロキウム」での講座担当	5 年	第 2 期 SSH 指定以降(通年)
高大接続文理統合型探究プログラム(PICASO)の試行	5 年	第 3 期 SSH 第 5 年次以降継続予定

[2] 研究開発の内容

1. 国際交流カリキュラムの開発

■全体構想

本校では科学技術イノベーターの育成を目指し、海外先進校の生徒と協働するサイエンスキャンプや海外での研究交流を実施している。これらの活動を通じて、異なる課題意識を持つ他者と英語で議論し、多様な価値観を獲得するとともに、国際的な場面で活躍できる力を育てている。

15年間のSSH研究開発を経て、科学コンテストや科学オリンピックの世界大会に出場する生徒を複数輩出できた。卒業生追跡調査により、これらの生徒の多くは、本校を卒業後も海外の大学で研究員を務めたり、海外の研究者と共に国際共同研究を行っていることがわかった。また、卒業生へのインタビューから、本校在学中の国際的な研究交流によって育まれた新たな国際感覚の獲得や課題意識の変容、多様な研究手法への興味、英語活用能力の向上が卒業後の研究活動に大きな影響を与えていることが明らかとなった。

このような背景のもと、第3期SSH研究開発においても多様な国際交流カリキュラムを実践した。

1週間にわたるアジア諸国（日本・韓国・台湾・ウズベキスタン・インドネシア・タイ・インド）の生徒によるサイエンスキャンプや、ベトナム・タイなどの海外先進校での研究交流を継続して実践した。サイエンスキャンプにおいては、協働型の課題解決を中心に据え、日本開催のメリットを生かした多数の日本生徒の参加を実現している。実施内容として、本学の教員による大学レベルでの課題設定に加え、「エッグドロップコンテスト」、「10秒間の時を刻む装置の作成」など、柔軟な発想に基づくワークショップを組み込み、幅広い課題解決能力の育成を目指した。

海外先進校での研修においては、互いの研究活動に対する発表および情報交換に加え、先端的な実験施設を活用した課題解決や、現地のフィールドワークなど、海外先進校の教育環境を生かした研修を実施した。第5年次は、サイエンス研究会化学班がWeb会議等を活用した中長期的な国際共同研究を実施するなど、生徒の能力をさらに引き伸ばすための多様な連携形態を実現している。

上記の研修に参加している生徒の一部は、国内の各種コンテストに通過し、日本代表として世界大会に出場した。第3期SSH研究開発においても、2名の生徒が世界大会に出場しており、国際的な舞台で質の高い議論を経験してきた。これらの生徒は、校内発表会において全校生徒に対する報告を行っており、その他の生徒の探究活動の意欲を高め、活動内容の質的向上に寄与している。

以上の分析結果より、以下の仮説に述べる「個々の生徒の状況に応じた多様な国際交流カリキュラム」を継続的に実施することで、より多くの科学技術イノベーターが育成され则认为。

■仮説

- ①異文化圏の学校との研究交流は、研究内容面での「学びあう関係」の構築にとどまらず、異なる見方・考え方に触れる絶好の機会であり、自分たちの常識を見直すことで「発見する力」の伸長につながる。
- ②英語でのポスター発表および口頭発表を通じて、国際的な場面で議論する力を育成できるとともに、課題意識の違いや研究手法の差異など、新たな視点を得ることができる。
- ③海外生徒との協働での課題解決型ワークショップを実践することにより、多様な他者を組織して新しい価値を生み出す「共創力」を育むことができる。
- ④国際的な科学コンテストに参加した生徒の研究発表や研修報告を校内研修に位置づけることで、その他の生徒の探究活動への意欲の高まりや活動内容の質的向上が期待できる。

(1) NARA SAKURA Science Camp

本校が主催する NARA SAKURA Science Camp は、JST の日本・アジア青少年サイエンス交流事業（さくらサイエンスプラン）の支援を受け、2016 年度から実施している。4 年目となる今年は「アジア高校生のための次世代リーダー育成サイエンスキャンプ」というテーマのもと、8 月 31 日(土)～9 月 5 日(木)に開催した。

第 1 回から参加している国立第 10 サマリダ高校（インドネシア）、国立中山大学附属國光高級中学校（台湾）、ベトナム国家大学ハノイ校自然科学大学附属英才高校、第 3 回から参加しているチュラポン王女サイエンスハイスクールチョンブリ校（タイ）に加え、ウズベキスタンからは、サマルカンド大学附属高校から生徒を招聘した。現在、奈良市がサマルカンドとの交流に力を入れており、ウエルカムパーティーには奈良市長も参加された。また、今回は初めてインドからも招聘をした。サロッカナデビ・シンガニア・スクールは、インドで常にトップにランキングされる私立初等中等教育学校である。NARA SAKURA Science Camp 参加を契機に、本校と姉妹校提携をすることになった。自己資金招聘者も含め、海外高校生 26 名、海外教員 9 名、本校生徒は 24 名が参加した。

奈良女子大学理学部で実施した科学技術ワークショップ（2 日間実施）では、以下の 2 つの講座を開催し、参加生徒はどちらか一方を選択した。

講座 A 「How to distinguish close related RNAs and DNAs」(西井一郎教授)

講座 B 「Mathematics applied to biology」(高須夫悟教授)

研究施設訪問では、奈良先端科学技術大学院大学（NAIST）の協力のもと、コンピューティング・アーキテクチャ研究室（情報科学領域）、細胞シグナル研究室（バイオサイエンス領域）を見学し、研究者の講義を受講。積極的な質疑応答も行われ「NAIST に入学するにはどうすればいいのか？」という質問が相次ぐなど、参加者にとって大変印象深い見学になった。

企業・研究所の訪問研修では、2 グループに分かれ、それぞれ福寿園 CHA 遊学パークと積水ハウス株式会社総合住宅研究所において研修を行った。科学技術を実際に応用し製品化している企業を訪問することは、科学技術の実社会への貢献と結びつきについて洞察を得ることを意図しており、この目的は達成されたと考えている。日本のお茶文化及び食品、日本の環境にあった住宅作りというテーマのもと、参加生徒による自由な討議も行われ、参加者それぞれが新たな課題を得るきっかけとなった。

2017 年度から実施している問題解決型ワークショップは、ものづくりを通して、協力のもと課題解決を行うもので、インターナショナルグループを組み、「高いところから落ととしても、卵 eggs が割れない容器」の作成に取り組んだ。互いに協力し合い一つの作品をつくることで、コミュニケーション力、チームワークが試された。どの参加者も積極的に取り組んでいる様子が印象的であった。

国際交流の面では、2 泊 3 日のホームステイを実施し、日本の一般家庭での生活を体験、「世界遺産ツアー」では、東大寺・興福寺を見学、その後、本校にて学校紹介や文化交流などを行った。音楽やダンスを通じて終始和やかな雰囲気でも打ち解けることができた。ホームステイや文化体験を通して、日本の文化とその価値観に馴染むことによって、再来日の意欲を高めることもできたと考えている。

このキャンプは 7 日間という短期間であったが、日本の最先端の研究や科学技術を直接体験すると共に、文化交流やグループディスカッションなどを通して「グローバルに活躍しながら、ローカルな貢献を行えるサイエンスリーダーを育成する」その端緒になったと考えている。

(2) 海外先進校での研修(ベトナム研修・タイ研修)

①ベトナム研修(2019年11月11日(月)～11月15日(金))

ベトナム国内でも理数に特化した英才教育を行い、国際科学オリンピックにおいて、多数のメダリストを輩出しているベトナム国家大学ハノイ校自然科学大学附属英才高校（HSGS）を生徒4名（4年生女子4名）、教員2名が訪問し、HSGSの生徒とのグループ活動を通してさまざまな研修を行った。

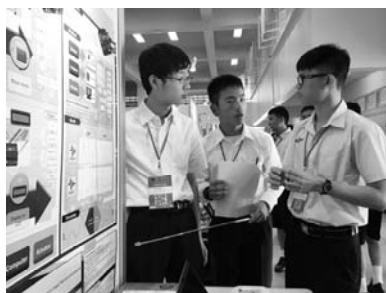
共同実験では大学の研究室で教授による指導を受け、「光合成色素の分離」や「抽出した色素の性質」について、サンプルの条件比較をしながら考察を行った。HSGSの生徒はデジタル機器も積極的に取り入れ活発に意見交換し、大変意欲的に取り組んでいたのが印象的であった。また、クックフオン国立公園やクマ保護センターでのフィールドワークを通して、大自然を前に実物から生態系を学び専門家から直接話を聞くことで、本校生徒は「見る聞く触れる考える」など持てる力を総動員し学びを得た様子であった。



②タイ研修(2019年12月18日(水)～12月24日(火))

本校は、タイの科学技術先進校である Princess Chulabhorn Science High School Chonburi 校と姉妹校提携を結んでおり、多様な国際連携を実践している。この関係性を生かし、本年度は12月に開かれたタイ政府主催の科学フェア T-J SIF2019 (The Thailand-Japan Student ICT Fair 2019) へ生徒を派遣した。この企画では、サイエンス研究会で情報技術分野の研究に携わる生徒5名がタイの先進校の生徒との研究交流を行うことで、世界的な視野で活躍する科学技術イノベーターの育成を目指した。当日は研究内容に関する口頭発表およびポスター発表を行い、現地の高校生や専門家との情報交換を行った。また、生産管理等で ICT 化が進んでいる現地の農場や漁場を訪問し、現地が抱える課題を把握した後、ICT 技術を用いてそれらの課題をどう解決するかについて議論を行った。

後述するアンケート結果からもわかるように、情報技術革新が進むタイでの課題意識や研究手法は本校生徒の取組とは異なるものであった。現地の生活に根付いた課題意識に触れ、得られた気づきを自身の研究活動にフィードバックさせることは、異国の生徒との共創によってこそもたらされるものである。次年度以降も同科学フェアに積極的に参加し、科学技術イノベーターとしての素養を育成したいと考える。



(2) 海外先進校での研修(ベトナム研修・タイ研修)

①ベトナム研修(2019年11月11日(月)～11月15日(金))

ベトナム国内でも理数に特化した英才教育を行い、国際科学オリンピックにおいて、多数のメダリストを輩出しているベトナム国家大学ハノイ校自然科学大学附属英才高校（HSGS）を生徒4名（4年生女子4名）、教員2名が訪問し、HSGSの生徒とのグループ活動を通してさまざまな研修を行った。

共同実験では大学の研究室で教授による指導を受け、「光合成色素の分離」や「抽出した色素の性質」について、サンプルの条件比較をしながら考察を行った。HSGSの生徒はデジタル機器も積極的に取り入れ活発に意見交換し、大変意欲的に取り組んでいたのが印象的であった。また、クックフオン国立公園やクマ保護センターでのフィールドワークを通して、大自然を前に実物から生態系を学び専門家から直接話を聞くことで、本校生徒は「見る聞く触れる考える」など持てる力を総動員し学びを得た様子であった。



②タイ研修(2019年12月18日(水)～12月24日(火))

本校は、タイの科学技術先進校である Princess Chulabhorn Science High School Chonburi 校と姉妹校提携を結んでおり、多様な国際連携を実践している。この関係性を生かし、本年度は12月に開かれたタイ政府主催の科学フェア T-J SIF2019 (The Thailand-Japan Student ICT Fair 2019) へ生徒を派遣した。この企画では、サイエンス研究会で情報技術分野の研究に携わる生徒5名がタイの先進校の生徒との研究交流を行うことで、世界的な視野で活躍する科学技術イノベーターの育成を目指した。当日は研究内容に関する口頭発表およびポスター発表を行い、現地の高校生や専門家との情報交換を行った。また、生産管理等で ICT 化が進んでいる現地の農場や漁場を訪問し、現地が抱える課題を把握した後、ICT 技術を用いてそれらの課題をどう解決するかについて議論を行った。

後述するアンケート結果からもわかるように、情報技術革新が進むタイでの課題意識や研究手法は本校生徒の取組とは異なるものであった。現地の生活に根付いた課題意識に触れ、得られた気づきを自身の研究活動にフィードバックさせることは、異国の生徒との共創によってこそもたらされるものである。次年度以降も同科学フェアに積極的に参加し、科学技術イノベーターとしての素養を育成したいと考える。



■国際交流カリキュラムの検証

前述した国際交流事業への参加生徒に実施したアンケート分析を行い、以下のような意見が得られた。

1. 参加生徒のアンケート結果（回答者数9）

【Q1】活動の中で一番印象に残ったことその理由について教えてください。

- ・フィールドワークへの参加（ベトナム研修）
（理由）日本では見られない生態系を実際に目の当たりにすることができたから。
とてつもない高さ・太さの樹木は圧巻だった。
- ・クマの保護施設での活動（ベトナム研修）
（理由）日本との違いが印象的だった。動物を保護する理由に文化的背景の違いを感じた。
- ・ポスターセッション（タイ研修）
（理由）研究対象に選ぶ課題や着眼点が国や学校によって異なっていたため。

【Q2】海外の生徒と共同実験をして感じたことを教えてください。

- ・能力に圧倒的な差を感じた。この劣等感をバネに目標ができ今後の学習意欲が増した。
- ・海外の生徒は自主性があり、かつグループ内の連帯感もあると感じた。
- ・事前にもっと深い交流をもち、活動内容に対する万全な準備をしておくべきであった。
- ・タイ研修では農業や漁業のスマート化に関する提案を共同で行ったが、自分たちの身近な環境改善に普段から興味があるようで、アイデアをたくさん議論しているのが印象的だった。

【Q3】海外の生徒と理数に関わる研修をすることにどのようなメリットを感じますか。

- ・伝えたいことを言葉にできないもどかしさ・言語の壁を感じ、同じ土俵に立つためにクリアすべき課題がはっきりした。
- ・海外の学校のシステムを知ることができた。理数科目を全て英語で学習する環境は素晴らしい。
- ・自分から発信できず受け身になっている自分を客観的に見つめる機会となった。
- ・興味のあるテーマや、課題の見つけ方、ライフスタイルの違いなど、国が違えば異なる価値観があることがとても興味深かった。また、英語で発表する経験を積むことができた。

【Q4】今後の課題は何ですか。

- ・学校での研究活動をもっと精力的に行いたいと思う。また、学年や分野を超えてもっと多くの人と交流をもちたいと思う。

2. 成果と課題

アンケート結果より、国際交流事業を通して生徒は日本国内ではできない体験に特に強く印象づけられ、グループ活動を行う中でコミュニケーションを通して自分を客観的に捉えながら、見えてきた課題を今後の学習へのモチベーションにつなげていることが読み取れる。

実際、現地での活動は気候の違いを反映した大自然の中でのフィールドワークであり、机上では到底得ることのできない五感を通じた体験となり、忘れることのできないものとなったことと感じる。また、文化的背景や物事の捉え方、思考方法の異なる海外の生徒とともにグループを組み、実験などを通しコミュニケーションをとったり問題を検討したりする経験を通して、生徒たちは自分たちの常識が揺さぶられるという状況に陥ったことだろう。さらに言語の違いから、伝えたいことがうまく伝わらず、相手の言っていることを理解できない等、もどかしさも味わったようである。

海外の学校での体験が視野を広げ、逆に日常の学びに足りないものを浮き出させる機会にもなり、生徒たちは強く自分のあり方について思いをめぐらせた。今後の学びを考え、理想とする姿を明確にイメージし努力を続けたいとの感想を挙げている。課題として、このプログラムをさらに充実させるための事前の交流や万全の準備といった点が挙げられ、活動自体がひとつの点で終わることなく前後のつながりをもつ事業として位置づけるためにも、なおいっそうの工夫が必要であると考えられる。

2. 高大接続カリキュラムの開発

■全体構想

本校では、奈良女子大学およびその他の大学・研究所と連携した SSH 事業の開発に取り組み、高校と大学が協働して生徒の資質・能力を高めるためのカリキュラム開発とその評価方法について協議を重ねた。主な取り組みとして、以下の①～④の研究開発を行ってきた。

- ①大学教員による各種講演会【先端科学技術の紹介】
- ②短期集中講座「アカデミック・ガイダンス(AG)」【ゼミ形式による大学での学びへの誘い】
- ③学校設定科目「5年コロキウム」講座における講座担当【リベラルアーツの涵養】
- ④評価研究（探究活動で目指す資質・能力の検討）【新しい高大接続入試への試行的取組】

①は第1期 SSH より年1～2回を継続的に実施しており、大学教員による先端的な内容に関する講演会を全生徒対象に定期的で開催することで、理科・数学の学習および自然科学に対する興味・関心の喚起につなげてきた。対象生徒を異学年合同で実施にすることは、各学年の学習段階を踏まえたテーマ設定からは外れるものの、あえて異学年合同実施することで、講師との質疑応答等から得られる生徒の多様な考えをもとに、互いに学び合う姿勢を獲得するという効果を生み出してきた。

②は本校が大学の附属校である有利性を生かして、本校生に最先端の大学の講義や実験実習を経験させることを目的に、9月の第1週に短期集中講座として実施してきた。生徒は自らの興味・関心に基づき、自らの意志で講座を選択する。4、5年生(および6年生希望者)が毎年1講座ずつ、2年間で異分野の2講座を履修する。これにより、大学教員の講義や実習を受けることで様々な学問の楽しさやすばらしさを感じることができ、生徒自身が自分の将来を考え、進学先や職業を選択していく際の一助となる。

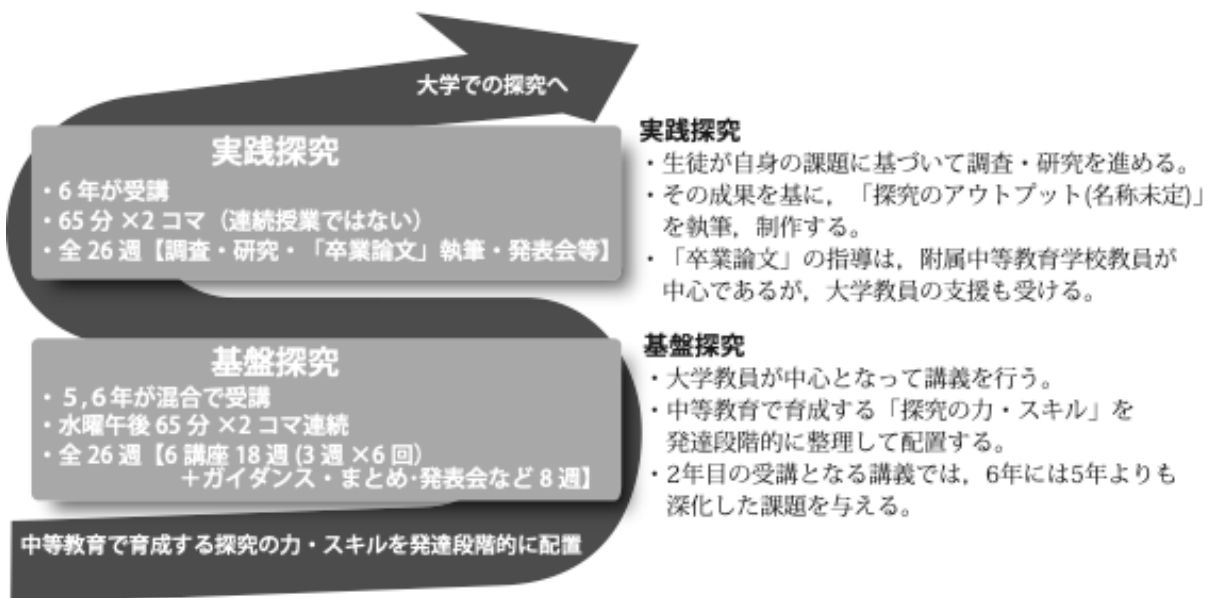
③の学校設定科目「コロキウム」は、文理の枠に捉われない、広がりのある様々なテーマについての、ゼミ形式の通年の少人数講座である。この授業では、探究型・討論型の授業展開によって知見を深めていく。また、さまざまな事象に対する、従来の教科・科目の枠を超えた多角的なアプローチを実現する授業であり、5年の全生徒対象の必修科目である。この授業を実施することによって、狭い知識や技能の集合体ではなく、専門的なものの見方や考え方(discipline)を学ぶことができる。このことで、どのような専門分野に進んでも通用する基盤を習得することができ、より高い科学観と倫理観をもった理数(自然科学)に強い生徒を育成できる。また、このリベラルアーツのカリキュラム研究は、生徒の学習面における高大接続カリキュラムを研究開発することができた。

短期集中講座「アカデミック・ガイダンス」や学校設定科目「コロキウム」の在校生および卒業生アンケート結果によると、これらの事業に関して、学問に対する興味・関心、進路選択等に高い効果が見られた。一方で、文理統合的の視点の不足、本校と大学の教員が共に授業づくりを行うことによる大学入学後も指導が続くカリキュラムの開発の必要性が見出された。

そこで、新たに取り組んだのが④の評価研究である。「文理統合型高大接続探究コース(PICASO)」が今年度から実施が始まった。昨年度までに、複数の奈良女子大学(本学)教員と本校の教員とがワーキンググループを立ち上げ、探究活動の資質・能力の達成目標について協議するとともに、質の高い探究活動を実現するためのカリキュラムづくりを行ってきた。PICASO のカリキュラム開発の概念は次頁に示す図のようになる。実施1年目の今年度は、5年生23名(PICASO コース生)を対象に実施した。毎週水曜4、5

限行う「基盤探究」の授業では、4～10月に大学教員3名によって大学での研究活動につながる資質・能力を育成するための授業を行った。これにより、文理の志望に関係なく、生徒の興味・関心のある専門分野の枠を超えた学びへとつなげる。10～3月には、探究の個別テーマを設定し、生徒1名につき、本学の教員1名がアドバイザー教員として、さらに本校担当教員1名が担当教員として生徒の探究活動をサポートしていく体制となっている。来年度はPICASOコース2期生が履修し、「基盤探究」は5、6年合同での実施、6年は「実践探究」の授業も始まる。6年「実践探究」では、それまでに培った研究スキルと専門的な知識を十分に生かして、大学教員の指導のもと、個々の課題に関する探究活動を行うことが期待される。またこの探究活動の成果物を大学教員とともに評価する方法の開発を行い、高大接続探究活動の評価指標を用いた接続入試について提言をまとめていく。

高大接続文理統合探究コース カリキュラム開発イメージ



平成30年度からは、科学に興味・関心をもつ近畿圏を中心とした女子高校生等が集うポスターセッションによる課題研究成果発表会「集まれ！理系女子 関西大会」を開催している。大学での研究に通じる資質・能力の育成を中等教育段階でどのように実現するかという視点から、大学教員が生徒に対して助言を行うことで成果の普及につなげている。

■仮説

- ①附属中等教育学校の教員が大学教員と協働してカリキュラム開発を行うことで、大学での学びにつながる資質・能力の育成が可能となる。
- ②①で開発されたカリキュラムの評価研究を通じて、高大接続探究カリキュラムの開発が可能となり、接続入試への新しい提言となり得る。
- ③課題研究成果発表交流会である「集まれ！理系女子 関西大会」を開催し、参加者に大学教員が助言を行うことで、大学での研究に通じる資質・能力の育成を中等教育段階でどのように実現するかという視点から明らかにする。

(1) 講演会

科学に対する興味関心を喚起することを目的に、第一線で活躍している研究者等を招き、高度な学識や高い専門性や、その人となりに基づく人生観や物事に対する情熱に触れさせるための講座を設けた。

【サイエンス先端講座】 2019年7月12日(金) 10:20～12:20

「快適な場空間の構築を目指して」西浦 敬信先生 (立命館大学情報理工学部 教授)

対象：3～6年生および本校生徒の保護者の希望者

【サイエンス基礎講座】 2019年12月13日(金) 10:00～11:50

「形態学で読み解く霊長類の進化」高野 智先生 (公益財団法人日本モンキーセンターキュレーター)

対象：1～5年生および本校生徒保護者の希望者

サイエンス先端講座では、音響工学、特にコンピュータを用いた音環境の解析、理解、再現、合成などの基礎的な研究やレーザー光を使って音を集音するレーザーマイクロホンや、騒音空間を快音に変える騒音の快音化など、社会で役立つ音響技術を目指した応用的な研究についての講演であった。サイエンス基礎講座では、人とそれ以外の動物を比較しながら、霊長類の進化について形態学の観点から考察し、人という生物について考える講演であった。

(2) アカデミック・ガイダンス (AG)

本校が大学の附属校である有利性を生かして、生徒に大学の最先端の講義や研究を経験させることを目的に、毎年9月第1週(集中講座、4日間)に4、5年生全員および6年生の希望者を対象として実施している。生徒は興味ある1講座を選び受講する。この取り組みにより、大学教員による講義、実習、フィールドワーク等を通じて、様々な学問の楽しさを肌で振れて感じ取ることを目指す。今年度の開講講座は以下の通りである。

「社会学への招待」、「野外の現場で地域や自然を考える」、「欧米の言語と文化」、
「『翻訳』という行為—日本語・中国語の観点から—」、「育ちと学びのケアとサポートの心理学」、
「数学の考え方」、「物理学の世界」、「考える化学」、「DNAを用いた遺伝子識別方法」、
「生き物たちの数理」、「食と生活・環境」、「からだ・運動・巢ポート科学への招待」、
「情報科学と衣環境学」、「建築を構成する文化・デザイン・歴史と建築技術」、
「ならまち・京終の『仕事』文化論」、「司法の役割」



(3) 課題研究成果発表会「集まれ！理系女子 関西大会」(女子生徒による科学研究発表交流会)

日時：2019年12月14日(土) 13:00～16:30 場所：奈良女子大学記念館

13:00～13:10 開会行事

13:10～14:30 ポスター発表(発表番号：奇数・偶数別)

14:50～16:00 研究分野別ワークショップ

16:15～16:30 講評・閉会

参加者：本校を含め19校、ポスター発表57件 主催：本校および本学理系女性教育開発機構

共催：ノートルダム清心学園 清心中学校・清心女子高等学校

科学に興味・関心をもつ近畿圏を中心とした女子中学・高校生等が集い、ポスターセッションやワークショップにより日頃の研究成果を発表する大会を昨年度に引き続き開催した。この大会では、理系女子生徒間の親交を深め、理系女子の裾野の拡大およびネットワークの構築を図り、他校の生徒や奈良女子大学教員等との交流を通じて得たものを今後の学習や研究活動の糧とすることを目的としている。参加校は、近畿を中心に19校(130名)で、本校サイエンス研究会生徒、大学教員等、その他の教育関係者等と合わせ、170名規模の大会となった。

各校生徒による科学研究のポスター発表は計48件で、分野は、数学・物理・情報4件、化学16件、生物20件、環境4件、その他4件であった。奈良女子大学の大学院生、教員も多数参加し、研究発表を通じて交流、アドバイス等を行った。生徒の研究発表に対しては、大学教員が丁寧に講評を行う。研究のアドバイス等をコメントシートに記載し、発表生徒に渡すことで、フィードバックをはかった。さらに、奈良女子大学および大阪府立大学の女子大学院生による研究のポスター発表(9件)も同時に行われ、参加生徒は大学での研究に対するイメージを把握する機会となった。

後半の研究分野別ワークショップでは、ポスターの発表者は研究分野別で11グループ(各グループで10～15名)に分かれて実施した。それぞれのグループには、生徒の研究分野に関連した大学教員とファシリテーターとして本校教員が1名ずつ入り、参加生徒は、自身の研究の着眼点や苦労話、研究内容で相談したいことを発表した。

また、生徒による研究分野別ワークショップと同時間帯には、各参加校の指導教員(引率教員)および大学教員とによる「教員情報交換会」も開催し、教員間の課題研究に関する情報交換や大学教員への課題研究に関する相談等が行われた。

<参加校>

静岡北中学校・高等学校 三重県立松阪高等学校 大阪府立天王寺高等学校
大阪府立園芸高等学校 大阪府立高津高等学校 常翔学園高等学校 大阪桐蔭高等学校
四天王寺高等学校 大谷高等学校 奈良県立奈良高等学校 奈良県立青翔高等学校
奈良県立青翔中学校 奈良市立一条高等学校 奈良学園中学校・高等学校
兵庫県立明石北高等学校 岡山県立岡山操山中学校 鹿児島県立国分高等学校
ノートルダム清心学園清心女子高等学校 奈良女子大学附属中等教育学校



(4) 本校教員と大学教員による探究活動カリキュラムの開発

高大接続のあり方や新たな大学入試のあり方の観点から、奈良女子大学教員と本校教員が連携して、附属中等学校における新しい教育プログラム「高大接続文理統合探究プログラム」を開発し、今年度から試行を開始した。奈良女子大学アドミッションセンターに、本校教員がセンター員として参加して開発したプログラム概要は以下とおりである。

■コース名称：高大接続文理統合探究コース

Program for Integrated Curriculum of Arts and Science Objective 略称：PICASO

■コース教育のねらい

高等学校として本来あるべきカリキュラムを高大が協働して創造することにより、大学につながる学力、大学入学後も剥落しない学力の育成を追究するものである。また、中等教育修了時まで文系・理系を完全には分けず、文理を統合する視座の獲得を目指す学校設定科目を組み込んだカリキュラムを導入してその意義を検証するという目的も有する。

■対象学年：5、6年

■コースの位置づけ

月～金の全時限をカバーする全面的なコースの創設ではない。コース科目開設コマ（例えば水曜午後）以外の曜日・時限において本コース生は、既存の文系選択もしくは理系選択により学修する。

■規模

P I C A S O コース生は20名程度（男子生徒を含む）

奈良女子大学との新しい接続プログラム・入試による入学可能者数（上限12名）

男子生徒を含めたそれ以外の生徒（10名程度）計20名程度を想定

■カリキュラムの概要～2つの軸～

(1) 「文理統合的視点」をキーワードとしつつ高大が協働して開発する特設科目の受講

(2) 生徒が自ら設定したテーマを深めた成果である「探究のアウトプット」の作成を軸とした真の探究力の醸成

■カリキュラムの諸段階

(1) 大学教員による講義と探究力の養成

高大が共同で開発したミニ科目を年間6つほどのテーマでリレー式（3週でワンクール）に講義。大学教員が出講し附属教員が同席する「講義」を核とするが、大学教員はフルに出講するとは限らず、生徒が独自に要約したり調べ物をしたりするコマを設けることもありうる。

(2) 探究の個別テーマ選定

生徒は、各講義を受講してさまざまな知識や視点を学ぶと共に、「探究のアウトプット」に結実させたいテーマをさぐる。その際、附属および大学の教員が必要に応じてアドバイザーとなる。参考として、今年度のPICASOコース生が設定した探究の個別テーマを次頁に記載する。

(3) 「探究のアウトプット」の作成

アドバイザーとなった教員の指導も受けつつ、研究論文的性格を有する「探究のアウトプット」を作成する。（6年生の夏休み前ごろまでを目処に完成）

■特記事項1：異学年融合的な学び

段階1の講義は毎年可能な限り別内容とし、「探究のアウトプット」のテーマ決定後の6年生も受

講できるよう、時間割を工夫している。その結果、PICASOコース生は、2年間で延べ12テーマの講義を受講する。また、こうした異学年融合の場を設けることで、相互に刺激しあい学び合える環境の有効性を検証する。

■特記事項2：「探究の要素」の設定

基盤探究の講義内容にはバラエティーはもたせつつ、いかなる探究力を養成するのかという「探究の要素」を設定し、それらを整合的かつスパイラル状に組み合わせることで、全体がひとつの有機的なカリキュラムとなるようにする。「探求の要素」の内容としては、①論理的・抽象的な思考、②課題設定・仮説構成・検証、③表現・発信の3点を行う能力・資質をさしあたり想定している。

■授業科目名・実施担当・規模

附属と大学の教員がともに携わる形で実施。

<5年生>

- ・「基盤探究」を履修（1単位科目・週2コマ開講・曜日を決めて2コマ連続で実施）
- ・週2コマ3週＝計6コマを1クールとし、計6クール（＝6テーマの講義）程度を実施。各クールは、大学教員による講義コマと生徒各自の探究やディスカッション等のコマで構成。計6クールあると想定した場合、大学からは教員が計6人出講する形。翌年はできるだけ異なるテーマ群で教員も原則入れ替わる。

<6年生>

- ・「基盤探究」および「実践探究」を履修（ともに1単位科目・週2コマ開講）
 - 「基盤探究」は5年生と共に受講
 - 「実践探究」は「探究のアウトプット」の作成や発表会のための時間にあてる。

備考：授業は1コマあたり65分

今年度のPICASOコース生が設定した探究の個別テーマは以下の通りである。

「子供が進んで食べる幼児食の条件」 「ルールが若者に及ぼす影響を考察する」
「広告が社会に与える影響と叶えられる夢」 「言葉の伝わり方ー福島第一原発事故からー」
「作品『バッカーノ』の構成から見る原作とアニメー群像劇の魅力についてー」
「若者の活字離れは本当に進行しているのか」 「本当に『運』に波はあるのか」
「音を吸収する素材」 「台車上の振り子の運動」
「除草剤が環境に及ぼす効果の調査」 「水中の浮力のエネルギー運動」
「アンモニアソーダ法（ソルベー法）について」
「小麦から作る食品を高齢者にも親しんでもらうにはどのような工夫が必要か」
「減塩の取り組みについて」 「脳が効率よく暗記するための方法」
「アナログゲームとコミュニケーション」 「スポーツをしている選手における『声』の効果」
「超音波による接触可能な仮想物体の作成」 「地震に強い家」
「個人が一生を快適に過ごせる家」 「歴史的建造物における数の意味」
「世界と日本の裁判の相違」

■高大接続カリキュラムの検証

本校のSSHでは、第1期「自然科学リテラシー」、第2期「リベラルアーツの涵養」、第3期「共創力を備えた科学技術イノベーターの育成」を研究開発の柱としてきた。在校生および卒業生アンケートの結果から、本校の特色あるSSH事業の高い効果が見られたものの、文理統合の視点の不足や、中等教育学校と大学の教員が共に授業づくりを行い、大学入学後も指導が続くカリキュラムの開発の必要性が見出された。そこで、新たに取り組んだのが「高大接続文理統合探究コース(PICASO)」である。PICASOコースを受講した生徒が、奈良女子大学に接続する「高大接続カリキュラム開発プログラムに基づくポートフォリオ入試」によって奈良女子大学に進学するのは、2021度となる。学力のみに偏らない選考基準による入試によって入学した学生の追跡調査を実施し、SSH研究指定によって開発した高大接続カリキュラムが、理系女性の人材育成にどのように影響したか、さらには文理統合的視点の獲得を可能にし、広い視野を持った高度な専門性を身につけた人材育成につながったかについては、今後、検証・評価し対外的に発信する。

これまでに実践したSSH事業に関わる卒業生アンケートにおいて、「能力の向上に影響があったと思うSSH事業」について1つのみ選択を求めたところ、評価の高い順に「探究活動を重視した授業(27.5%)」「アカデミック・ガイダンス(高大接続型の短期集中講座)(23.1%)」「実験・観察を重視した理科の授業(21.4%)」「問題解決型の数学の授業(10.8%)」「サイエンス系の国際交流(8.4%)」となった。これより、探究的な学びを重視した本校の授業に次いで、高大接続型の事業が高く評価されていることがわかる。また、「アカデミック・ガイダンス」および「コロキウム」を履修後のアンケートから、「科学的な資質・能力が養われた」「進路選択に影響を与えた」と回答する生徒(在校生)が多く見られた。大学での研究活動につながる資質・能力を高大接続の視点から検証することができた。

本校が作成した「課題研究ロードマップ」の内容について、大学での研究に通じる資質・能力の育成を中等教育段階でどのように実現するかという視点から協議した。成果普及として、12月に成果発表会「集まれ！理系女子 関西大会」を開催し、大学教員が助言を行う等の取組を行うことで、成果の普及につなげることができた(アンケート結果を下に掲載した)。

「集まれ！理系女子 関西大会」の参加者アンケート(抜粋)

<質問>特に印象に残っている活動を選択肢より選んでください(複数可) [名]

自分のポスター発表に関する大学の先生との会話	52
自分のポスター発表に関する他校の先生との会話	44
自分のポスター発表に関する、他校の生徒との会話	29
ポスター発表会で、他校の発表を見学したこと	50
ワークショップでの他校の生徒との会話	58
ワークショップでの大学の先生からのアドバイス	36
その他	9

<質問>上記の理由を簡潔に記述してください。(抜粋)

「非常に高度かつ私では思いつかないような素晴らしい着目点に良い刺激を受けたため」「大学の先生にたくさんの意見を頂いて、自らの研究の発展に繋がると考えたから。」「とても勉強になり、もっと研究をしてみたいと思ったから」「将来の選択について話せたから」等

第4節 卒業生追跡調査

[1] 研究活動の課題と経緯

第1期 SSH 指定以降行ってきた10年以上におよぶ研究開発が、科学的素養や能力・科学的資質を有する人材の育成にどのように寄与してきたのかについて、卒業生を対象とした追跡調査(アンケート)を実施した。当初の実施(2017年3月末までに回収)では、葉書により卒業生にwebアンケートへの回答を促したが、回収率が対象卒業生の1割ほどとたいへん低く、評価に苦慮した。そこで、2018年度は葉書連絡をやめ、卒業した各学年の代表生徒に直接連絡して、当該学年に回答を強く促すように求めたうえ、(株)教育ソフトウェアが全国で実施しているSSH意識調査報告との比較・検討を行いうるよう、項目を改めたwebアンケートを実施した。この結果、約57%の回収が得られた。質問項目など詳細については、平成30年度SSH研究開発実施報告書を参照されたい。

[2] 研究開発の内容

卒業生を対象とした追跡調査(アンケート)を実施したことにより、過去11年間の生徒の声をデータ収集できた。ここで得られた成果は以下の通りである。

- 全国SSH意識調査の平均と比較して特に高い評価を得たものが、「独自なものを創り出そうとする姿勢(+23.3%)」「発見する力(+20.3%)」「考える力(+12.4%)」であり、これらの項目は人文社会系(文系)を選択した生徒からも全国平均をほぼ同じ割合で上回る評価を得ている。
- 「能力の向上に影響があったと思うSSH事業」について1つのみ選択を求めたところ、評価の高い順に「探究活動を重視した授業(27.5%)」「アカデミックガイダンス(高大接続型の短期集中講座)(23.1%)」「実験・観察を重視した理科の授業(21.4%)」「問題解決型の数学の授業(10.8%)」があげられ、研究開発の主軸としてきた教科活動、探究活動が高い支持を得ている。
- 卒業生の進路として、大学院修士課程への進学者および希望者の合計が約40%(進学者26.0%、進学希望者14.7%)であり、全国平均の11.0%と比較して+29%高い。大学院博士後期課程への進学者率が14.7%であり、全国平均9.6%と比べて+5%高い。

比較資料：

https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/giji/_icsFiles/afieldfile/2017/07/24/1386653_05.pdf

[3] 実施の効果とその評価

上記のアンケートに加え、サイエンス研究会の生徒(卒業生・在校生)4名へのインタビューを実施した。今回対象とした生徒は以下の通りである。なお、インタビューは電話およびメールでの質問形式で実施した。

生徒A(物理)、生徒B(物理)

- ・・・研究活動で成果を残し、その成果を使ってAO入試で大学へ進学。共に1回生の段階で大学の研究費を取得し、4回生と一緒に研究室等に出入りしている。生徒Aは大学院への進学が確定。

生徒 C(生物)・・・上記の生徒 A を「天才型」と述べ、自身は違うタイプと述べていた生徒。

自身も全国大会で奨励賞を受賞。

生徒 D(物理)・・・生徒 A と同年代。6名の生徒が共に研究していたが、徐々にその差が見え始め、自身の研究に葛藤しつつも、最後まで諦められなかったと述べている。

大学院進学では研究活動が盛んな大学院を選択した。決めた理由には、「サイエンス研究会時代のようなとんがった人に会いたい」という思いがある。

分析結果の概要

以下、学校からの質問項目と、それらに対する生徒の答えを枠内に記述する。

- ・教師のサポートとして役に立ったものとして、以下の部分を共通項目として挙げた。

①自主性を重んじる適度な距離感

研究する課題を強要せず、研究が停滞している時に声かけをし、状況を一緒に整理する役割に対する感謝を全員の生徒が述べていた。大学で会う他校の SSH 校出身者と比べて、自分たちが使える研究費の自由度が高いと感じている。

②参考文献となる論文の提示

生徒 A 以外の全員の生徒がこのコメントを述べていた。中高生にとって、適切な参考文献を探し出すことはハードルが高く、また、信憑性の高い情報、最新の研究などを学問的に記載した文献を得ることは難しいとのこと。顧問からの適切な指示が非常に役に立ったと答えていた。

③大学や専門の研究者とのコネクションづくり

全員の生徒がこのコメントを述べていた。研究活動がある程度高度化してくると、学内の実験設備だけでは無理な実験や、研究視点の限界に出くわすため、適切な専門家を探してくる顧問のサポートは重要であると述べていた。一度、顔合わせが終わると、それ以降は生徒がアプローチしてより大きなコミュニティと繋がることができたり、実験施設を借りたりするなど、生徒自身が判断してアプローチを試みているようだった。

④丁寧な論文添削

全員の生徒がこのコメントを述べていた。論文添削は、顧問と生徒との研究に対する考え方の交流であり、研究手法を学んだり、新たな視点を発見する機会になったと述べている。生徒 D は、インターネットで検索すると名前が出てくる時代に今読み返しても恥ずかしくない論文があることは、大学進学後の大きなアドバンテージであると述べている。逆に、低学年のうちから研究テーマを共通にしても論文を書かせる指導体制が取れると、研究を継続する生徒がさらに増えるのではないかと指摘している。それくらい、論文を書いているか書いていないかは、生徒の中では大きな指標であるらしい。

⑤コンテストや各種発表会の推奨

全国大会を含む各種コンテストは、自分の実力を客観視する上で重要であると述べていた。生徒 D は、普段、顧問の先生は研究活動に優劣をつけないが、コンテストでははっきりとその差が明確化し、その結果を生徒なりに考えていると述べている。生徒 C は、大学の教授などからエッジの聞いた意見を聞く貴重な機会と述べており、厳しい意見をもらえることが次の研究視点を獲得するチャンスになったと述べている。

・研究のターニングポイントとなった出来事は何だと考えるか？

- ・いずれの生徒も、最初の研究に行き詰まってからのテーマの再設定を挙げていた。生徒 A は自分なりにつきつめた文字認識からの思考の転換を思いついたこと、生徒 C は校内発表会での指摘を受けて統計的視点の不足を指摘されたこと、生徒 B も最初の研究の行き詰まりからの転換をあげている。生徒 D は、同世代の中での差異から研究を諦めかけたが、最後の年に論文を書きたいという思いから研究を再開した際の、顧問からの課題の提示を挙げています。
- ・生徒 A は世界大会を経験したことで、学問的にすでに確立された分野をうまく活用して発展させる海外の研究手法を知ったと述べており、サイエンス研究会で自由な研究活動を行った先の大学では、先行研究をしっかりと読み込む姿勢を身につけたと述べています。

・サイエンス研究会の活動やイベントとして、こんなものがあつたらいいと思うものは？

- ・生徒 A は、今のベースキャンプにあたるような「ハッカソン(お題と制限時間があり、短時間で課題アイデアを出し合うイベント)」をあげている。大学に進学後、このようなイベントでこそ培われる思考力があると感じている。また、個人が普段どのような課題解決をしているかが出やすいため、研究手法の交流にもなる。
また、同じ領域ではなく、「隣接領域の発表を聞く機会」が有効と述べている。同じ領域の場合、ある程度研究が進んだ生徒が意外性に出会うことが少ない。なので、あえて少し分野がずれているかも、と思う分野の発表を聞いたり、そこで発表することで新たな視点を得られると述べている。
- ・生徒 C は、すでに多くのイベントがあると感じているが、他班との交流をあげている。本校理科講義室のような、物理班と数学班が混ざって滞在できるオープンスペースを生物班や化学班にも設けると普段から意見の交流が進むのではないかと述べている(生徒 C は複数班に所属していたため、余計にそう感じるとのこと。)
- ・生徒 D は低学年における親身な指導をあげている。もっとコンスタントに成果を出すならば、消えていった才能を繋ぎ止める工夫もいるのでは？と指摘する。低学年時は本を読みながら自分で進めていくのが難しい生徒もいるため、共通課題を課して、全員にチームで論文を書かせることがいいと考える。ただし、パソコンを1人1台保証など、環境整備がないと難しいだろうと述べる。また、一定数の先輩の数と、教員数が必要になりそう、と述べる。

・個人研究が多い本校の体制のメリットは？グループ研究をもっと推奨すべきか？

- ・生徒 A と生徒 C は、個人研究がいいと述べる。共通した理由として、より多くの研究分野が同じ学校内に存在する価値を述べている。生徒 A は同世代 6 名が異なるテーマを持っていたため、研究手法の違いが非常に参考になった。互いに何気なく相談し合う中で、気づかない指摘を受けることもあつたと述べる。生徒 B も、指導教員と生徒の専門分野は違った方がいいと述べている。互いの専門性で指摘し合うことが、新たな視点に繋がる。加えて生徒 C は、研究方針の変更や教員への相談が自分の進度でできることを述べている。
- ・生徒 D はグループ研究の方が色々な視点を獲得できると述べている。一人の考えには限界があるし、より多くのアイデアを生みやすいのでは？と考えている。一方、自身の経験もふまえて、これ

だけ行事やイベントが多い学校は、中3くらいから研究からの逃げ道がたくさんある。その状況でも継続できたのは自分の学年では生徒Aだけで、あっという間に差が広がり、一緒に研究することはできなかつたと感じている。一方で、大学に入って思うこととして、やはり研究は一人でやらなくてはいけない、と感じる。一人でじっと研究できない人は、誰も気づかないイノベーションを起こせないのは間違いないと感じている。生徒Aは在学中にその点が特化していた。

・優れた研究を成し遂げられる生徒とそうでない生徒の特徴は？

- ・多くの生徒が、「自分の興味を持ったテーマに取り組んでいる生徒」と述べている。行動の主体性が最も重要である、と述べた生徒が多い。生徒Aはイノベーションを起こす人材の特徴として、自分の研究分野をある程度つきつめること、その後、多分野との連携を取るという流れをとっていることをあげている。学習しているその瞬間は、その分野でのイノベーションを思いつくことは少なく、ずっと先まで学んで振り返ると、突然思いつく、と述べる。
- ・生徒C、生徒Dは「誰に評価されなくても自分だけの領域を突きつめていく不言実行の生徒」は優れた研究を成し遂げる、と述べている。

[4] 今後の展望

上記の卒業生インタビューの結果から、生徒の研究活動の進捗状況に応じて、適切なサポートが分化していることがわかる。主体的な研究活動を高度化させるためには、低学年時の校内での研究活動を促進するとともに、研究の到達度が一定の水準を超えた場合、適切な論文の提示や多様な専門家との情報交換を促すことが効果的であることがわかる。これらの経験を生かし、今後の支援活動として以下の内容を予定している。特に、以下の活動を通して、「各生徒がどのように成長しているか」という成長モデルを可視化し、他校に指導方法として提示することを主な目的とする。

・低学年時の主体的な研究活動の鍛錬

15年間で本校が培ってきた主体的な研究活動の鍛錬を継続し、自身が設定した課題を丁寧に達成していくためのサポートを行うことで、基礎的なスキルおよび課題解決能力の育成を目指す。

・企業・大学・海外先進校と連携した研究活動の促進

研究活動が一定の水準に達した生徒に対して、中長期的な企業・大学・海外先進校との連携を行い、研究課題や手法に関する視点の拡大を促進する。

・成長モデルの可視化と他校への普及

上記のサポートは、生徒の発達段階や学問的背景に応じてその効果が異なると考える。そこで、どのようなサポートがどの生徒に効果的かを検証し、成長モデルを可視化する。得られた結果はホームページや実施報告書、各種学会にて報告を行い、他校でも利用可能なカリキュラムとして提唱を目指す。

第5章 SSH 中間評価において指摘を受けた事項のこれまでの改善・対応

第3期 SSH 中間評価にて指摘を受けた以下の3点について研究開発の改善を行った。

指摘1 6年間を一貫して課題研究を重視した教育課程が編成されており評価できるが、生徒をどのように育てていくのかをより明確にし、6年間を見据えたカリキュラムの構築が望まれる。

本校の課題研究において育成したい資質・能力についての協議を行い、各発達段階で目指すべき活動内容を記載した「課題研究ロードマップ」を作成した。ロードマップの作成に際し、課外時間にも探究活動を行うサイエンス研究会の生徒をロールモデルとし、「本校が育てたい科学技術イノベーターとしての生徒像」について協議を重ねた後、過去の課題研究の成果物から本校の成果と課題を分析し、P16～27に記載したようなカリキュラムを構築した。本カリキュラムの特徴として、蓄積したサイエンス研究会の指導経験に基づいて資質・能力を整理していること、それらを各課題研究で段階的に育成していることが挙げられる。また、各課題研究では、サイエンス研究会の生徒を含むグループ研究や、サイエンス研究会の生徒と同じ教室で個人研究を行うなど、ロールモデルとの共創を日常化させることを意識している。一連の成果が認められ、本年度刊行予定の石井英真教授の著書にて本校の取組みがSSH校の実践例として紹介される予定である。

指摘2 国際交流が継続的に行われているが、参加人数が少ないように見受けられるので、海外研修に参加した生徒の成果を他の生徒に展開していくことが望まれる。

サイエンス研究会の生徒を中心に海外先進校との共同研究を行ったり、国際的な科学コンテストへの参加が見られる。加えて、平成28年度よりJST さくらサイエンスプランの支援を受けたアジア5ヶ国の生徒による「NARASAKURA Science Camp」を3年間継続実施している。本校からの参加生徒20名に加え、成果発表会には3年生の学年全体が参加しており、国内外の機会を活用して多くの生徒が海外先進校との研修に参加している。また、姉妹校提携があるカナダ、韓国、台湾、タイの4校とは研究活動に関わる研修を毎年実施している。

指摘3 計画には「多様な他者を組織して課題の解決や、新たな価値・概念を創り出すために協議し、主体的に判断・主張・駆動することのできる能力を育てる」旨が記載されているが、これを測定する調査や、生徒の変容についての結果が見受けられず、改善が望まれる。

上記の指摘に対して、以下の3つの検証を行った。

①卒業生追跡調査の実施 ②思考力判断テスト「GPS-Academic テスト」の実施

③多分野融合型課題解決ワークショップのアンケート実施

①では、「探究活動を重視した授業」、「高大接続型の短期集中講座」、「実験・観察を重視した理科の授業」等を通して「独自なものを創り出そうとする姿勢(77%)」「発見する力(84.2%)」「考える力(90.0%)」が向上したと回答する生徒が全国平均(全国SSH意識調査)を大きく(12～23%)上回った。②では、全ての項目において全国平均よりも高く、協働的思考力では最も高いSランク評価を獲得した生徒が全国平均より多かった。また、創造的思考力においてAランク評価の獲得者数が全国平均を約20%上回った。③では、「多様な意見を統合し、取り入れることでより良いものを生み出すことができる」という趣旨の意見が多数見られた。

第6章 校内におけるSSHの組織的推進体制

①校長・副校長

校長・副校長は、SSH運営指導委員会、奈良女子大学をはじめとする大学・研究機関と連携しながら、SSHの全般的な運営を行う。

②学校経営委員会

校長・副校長の諮問機関である学校経営委員会は、SSHの研究・カリキュラムの両面での全体的な計画・立案・運営に提言を行っている。

③研究部

校内分掌の1つである研究部内にSSH部会を設け、SSH主任を中心に研究課題を推進するための企画・運営・検証評価を担当している。

④カリキュラムWG

学校全体の教育課程の検討・作成および、自然科学系、人文・社会科学系をあわせた本校の探究活動全般のグランドデザインの作成を進めている。

⑤課題研究WG

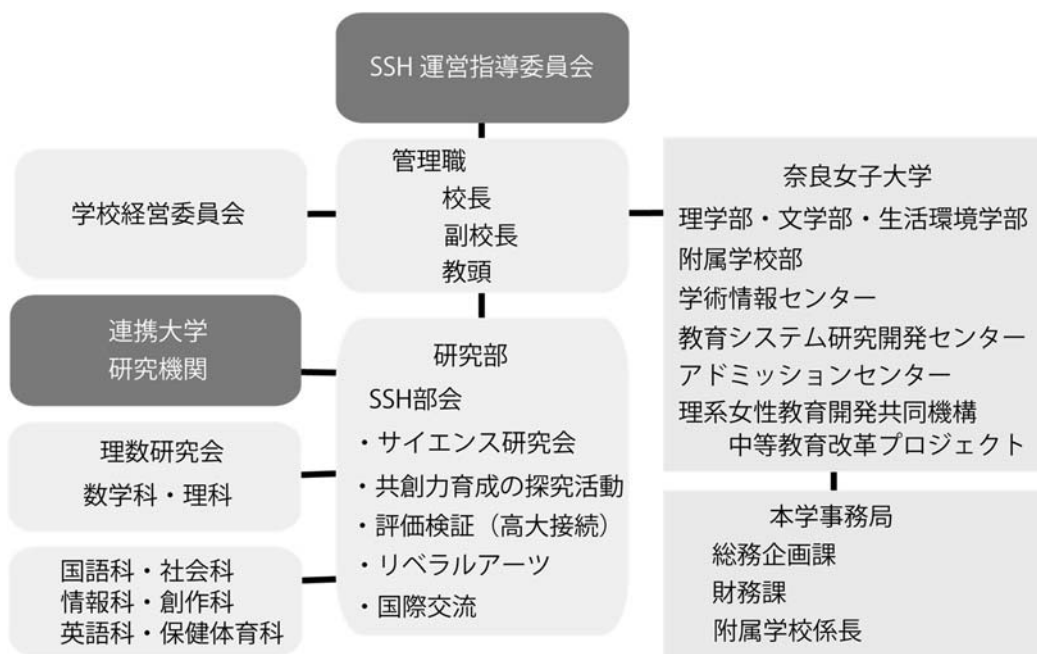
カリキュラムWGと連携を図りながら課題研究におけるロードマップの作成を進め、目指すべき資質・能力の整理、評価の在り方の検討などについて議論を行っている。

⑥理数研究会

本学理系女性教育開発共同機構の先生方の指導を受けながら、課題研究におけるロードマップの検討や「共創力」育成を目指した授業開発などに関する議論や研修を行っている。

⑦奈良女子大学

奈良女子大学は、「中等教育改革プロジェクト」を設置し、新たな理数教育の開発に取り組むとともに、教育システム研究開発センターが中心となって評価研究について指導助言を行っている。新たな高大接続プログラムを進めるために、本学のアドミッションセンター、高大接続カリキュラム開発プログラム運営企画室、高大連携特別教育プログラム実施部門会議に本校の教員が参加して議論を重ねてきた。その成果として、次年度より「奈良女子大学高大接続カリキュラム開発プログラム」を開始する予定である。



第7章 研究開発実施上の課題及び今後の研究開発の方向・成果の普及

15年間にわたるSSH指定の研究開発指定を終え、次年度は第4期SSH指定を目指す。15年間の研究開発で得られた視点を生かし、流動的な未来社会において国際的に活躍する科学技術人材を育成するカリキュラムを実現するとともに、企業・大学連携、国際連携、他校連携を実施し、特色ある理数カリキュラムの提言を目指す。以上の視点から、今後の研究開発の方向性を示す。

①科学技術イノベーターを戦略的に輩出するための「飛躍知」の育成

本校がこれまで15年間のSSH研究開発で輩出した「共創力」を備えた科学技術イノベーターにみられる特徴を整理し、以下の①～③の主たる資質・能力に分節化した。

- ①自分の課題を単元や科目の枠組みに留めずに、複数の観点や考え方と関連付けて探究することができる（視点の飛躍）
- ②学問領域固有の手法に拘泥せず、他分野の手法を拡張させたり、外部の専門家と連携したりするなどできる（手法の飛躍）
- ③探究活動の過程において困難や停滞に直面したとき、それまでの手法や考え方を再考し、新たな発想により障壁を克服することができる（発想の飛躍）

第4期SSH研究開発では、上記①～③を「飛躍知」と定義し、カリキュラム開発によりその戦略的育成を目指す。そのために、以下の（ア）～（カ）の目標を設定する。

- （ア）6年一貫の探究活動カリキュラムを中心に、教科の授業を探究型授業に変革し、理数融合授業の研究をさらに進めることで、「飛躍知」の育成を図る。
- （イ）理科と数学の学習内容や学習時期を再編し、「視点の飛躍」や「手法の飛躍」を引き起こすとともに、質の高い探究活動につながるカリキュラムを開発する。
- （ウ）サイエンス研究会を科学技術イノベーター育成のモデルケースと位置づけ、研究活動や発表活動を活性化させるとともに、さまざまな大学や企業、海外の理数系重点校との共同研究の場を設定し、「飛躍知」を伸長させる。
- （エ）奈良女子大学との高大接続文理統合探究プログラムの実施と検証により、高大接続の研究に資するとともに、「手法の飛躍」や「発想の飛躍」を引き起こす。
- （オ）理系女子人材の育成を目指した発表会などを実践することで、サイエンス研究会や探究活動に深く取り組む女子生徒を増加させる。
- （カ）質問紙調査やインタビュー調査、特定の生徒の追跡調査などにより、カリキュラムの効果を量的、質的の両面から測定し、改善を図る。

②サイエンス研究会の研究活動の多様化に向けた仕掛けづくり

第4期SSHにおいては、これまでと同様に生徒の独自性と主体性を尊重しつつ、研究活動において企業・大学・海外理数系先進校との共創を多様な形で展開する。具体的には、第3期のアンケート分析で効果が確認された研究者による講演会の実施、SSH校との研究交流や国際共同研究、多分野間の議論を意図したワークショップ「イノベーター・キャンプ」を企業・大学と連携しながら引き続き実践する。第4期の新たな取組みとして、Web会議による中長期的な企業との研究相談や、奈良女子大学などと高大接続型の探究活動を実践する。

IV 関係資料

資料① 課題研究テーマ一覧

■6年「SS 課題研究」(6年の理系全生徒に実施)

① アドバンス講座(個人研究またはグループ研究)

- ・フィリングリップの構造の最適化
- ・ウィルバーホース振り子の製作
- ・不明な線源を特定できるか
- ・ユンボの製作
- ・色素を用いた有機化合物の分離
- ・混合分子膜の成長をナノスケールで調べる
- ・マツタケの人工栽培を目指して
- ・マイマイの非対称性について
- ・マウス糞便を用いた雌雄判別
- ・音が植物に与える効果

② ベーシック講座(グループ研究)

- ・学祭天気にな～れ
- ・HIVのパンデミックモデル
- ・加水分解による輪ゴムの強度の変化
- ・カレーに潜む危険
- ・性的マイノリティに生産性がないのは本当か
- ・milkcrown
- ・確率の実験
- ・虹の理論
- ・ドミノ、倒れます
- ・白銀比と黄金比に感じる印象について
- ・センター試験必勝法
- ・味覚とカラダ
- ・解剖図見たい人
- ・植物の成長と光の色

■4年「課題研究 世界Ⅱ」(4年の全生徒に実施, グループ研究)

- ・乳酸菌で食物を発酵させたときの变化
- ・身のまわりのものにおける抗菌と殺菌作用
- ・時間経過によるカビ・細菌の量の変化
- ・プラナリアの飼育条件による再生能力の変化
- ・条件変化による食作用の働きの程度
- ・発色リップの謎
- ・Temperature V.S. Taste ～温度～
- ・「可愛い」と思われる目の条件
- ・水質の数値化 ～水道水と池の水の調査～
- ・メダカの体色変化について
- ・手に潜む細菌～薬用ハンドジェルは効果的なのか～
- ・食物繊維の役割 ～大便をたどる～
- ・風邪薬の構造を探る
- ・これでいつでもうま味を感じられる？
～うま味リップ～
- ・浦島太郎の亀は光速の0.999949999%で泳いだ
～ローレンツ因子の利用～
- ・液状化しにくい建物土台
- ・歩く力で発電させよう
- ・3の3乗
- ・さいころの重心と出る目の関係
- ・ブルーライトに殺虫作用？
- ・Airplane can flutter like birds.
- ・緩衝材による物体の安定化
- ・流行曲の特徴を探る
- ・トランプタワーの形状とその耐久度
-角度と材質に注目して-
- ・foot ball quality -チームを勝利に導く-
- ・人気ゲームと株価の関係性
- ・ラーメン橋の耐久度について
-パスタブリッジで再現-
- ・ご注文は青いシチューですか？
-色による人間の印象操作-
- ・ご注文は青いシチューですか？
-色による人間の印象操作-
- ・音 -糸電話を通じて知る世界-
- ・3秒ルールは無し？
- ・チョコレートで点数が上がる！？
- ・幸せは作り出せる！？
- ・ミドリムシに有利な生育条件
- ・地層によって地震はどう変わるのか？
-南海トラフ巨大地震に備えて-
- ・利き手, 性別によって触覚は変化するのか？
-皮膚感覚から探る-
- ・大根における殺菌効果の検証

資料② 運営指導委員会記録

第1回運営指導委員会

実施日	2019年7月8日(月) 14:00~16:00
運営指導委員の参加者	郷上佳孝(佐藤薬品工業株式会社) 野間春生(立命館大学情報理工学部) 宮川さとみ(大阪大学大学院医学系研究科) 吉田信也(奈良市立一条高等学校校長) 長田真範(奈良県教育委員会事務局) 宮林謙吉(奈良女子大学理学部) 山下靖(奈良女子大学理学部) 西村拓生(奈良女子大学大学院人間文化研究科) 鈴木清史(国立研究開発法人科学技術振興機構(JST) SSH 南地区担当 主任調査員)
構成	①本年度の活動についての報告(今年度の概要) ②第3期SSH事業の評価(各種事業評価アンケート/卒業生追跡調査) ③今後の研究開発の方向性に関する情報交換 ④指導助言

■概要説明

第3期SSH研究開発の主軸である理科・数学科融合授業や課題研究、サイエンス研究会の支援について、各種アンケート等の分析に基づく事業評価を報告した。また、11年間の卒業生に対する卒業生追跡調査の結果から、本校の15年間のSSH研究開発についての成果と課題について共有した。

■指導助言

各種事業アンケートより、融合授業や課題研究の成果と課題が明確に分析されている。融合授業や課題研究のカリキュラムでは、5年間を通じての着実な発展が見られる。今後はこの成果を生かし、文系を選択した生徒にもより幅広い理数教育を展開する方法を模索してほしい。また、卒業生追跡調査の結果からは、貴校の研究開発の成果が見られ、卒業後に生かされる資質・能力を育成できている。

第2回運営指導委員会

実施日	2020年2月15日(土) 16:00~17:00 ※2月14日午後・15日終日のSSH成果発表会(本校公開研究会)を運営指導委員が見学後、第2回運営指導委員会を開催
運営指導委員の参加者	郷上佳孝(佐藤薬品工業株式会社) 野間春生(立命館大学情報理工学部) 宮川さとみ(大阪大学大学院医学系研究科) 吉田信也(奈良市立一条高等学校校長) 長田真範(奈良県教育委員会事務局) 宮林謙吉(奈良女子大学理学部) 才脇直樹(奈良女子大学生生活環境学部) 上村尚平(奈良女子大学理系女性教育開発共同機構)
構成	今年度のSSH成果発表会への指導・助言 (理科・数学科連携授業・課題研究・多分野融合型課題解決ワークショップ)

■概要説明

2/14(金)、2/15(土)に開催した成果発表会での実践をふまえ、指導助言をいただいた。

■指導助言

公開授業においては、生徒の融合的な視点を引き出す授業計画となっていた。生徒同士の共創も自然な形で見られ、第3期SSHの研究開発の成果が現れていたと考える。分科会での情報共有においては、他校の教員が貴校の活動を多くに参考にしてしている様子が伺えた。今後も他校を先導する立場として、オリジナリティの高い研究開発に取り組んでほしい。

資料③ 教育課程表

2019年度 教育課程

2019.4.1

45分換算で表記

点線・評価は区別せずに行う部分 *必修選択 △自由選択

学年 時間	1年	2年	3年	4年	5年		6年						
	共通	共通	共通	共通	文系	理系	文系	理系					
1	国語基礎(4)	国語基礎(4)	国語総合(4)	国語総合(4)	現代文B(2)		現代文B(3)						
2					古典B(2)								
3													
4													
5	社会(3) 地理的分野	社会(3) 歴史的分野	現代社会 I (2)	現代社会 II (2)	古典講読(1)		古典講読(1) 現代文特講(1) △(0)or(1)						
6			現代史 I (2)	現代史 II (2)	日本史B(3) 世界史B(3) 地理B(3) *(3)	日本史B(3) 世界史B(3) 地理B(3) 倫理・政経(3) *(3)			日本史B(3) 世界史B(3) 地理B(3) *(3)	日本史B(3) 世界史B(3) 地理B(3) 倫理・政経(3) *(3)			
7					数学基礎 I A (3)	数学基礎 II A (3)			世界史B(3) 地理B(3) 倫理・政経(3) *(3)	解析 I (4)	日本史B(3) 世界史B(3) 地理B(3) 倫理・政経(3) △(0)or(3)	解析 II (6) 数学演習(2) *(6)or(2)	
8	数学基礎 I B (2)	数学基礎 II B (2)	解析 I (4)	代数・幾何(2)			日本史・世界史/地理特講(1) △(0)or(1)						
9					理科基礎 I (4)	理科基礎 II (4)		自然探究 I (4)	自然探究 II 物理基礎(2) 生物基礎(2)	物理(3) 生物(3) *(3)	数学演習(2) △(0)or(2)	化学(4) 物理(4) 生物(4) *(4)or(8)	
10	音楽(2)	音楽(1)	音楽(1)	化学基礎(2)			化学基礎(2) 化学(2)						数学特講(2) 音楽 II (2)美術 II (2) △(0)or(2)
11													
12	技術・家庭 (2)	技術・家庭 (2)	技術総合・ 家庭総合(1)	家庭総合(2)	物理演習(2) 生物演習(2) △(0)or(2)	物理演習(2) 生物演習(2) △(0)or(2)							
13							体育(3)	体育(2)	体育(3)	体育(2)	体育(3)	大学教養特講(1) 古典特講(1) △(0)or(1)	SS課題研究(1)
14	保健(1)	保健(1)	保健(1)	保健(1)	体育(3)								
15						Introductory English I (3)	Introductory English II (3)	Topic Studies I (3) Reading	Topic Studies II (3) Reading	Topic Studies III(3)		Topic Studies IV(3)	
16	BasicEnglish I (1)	BasicEnglish II (1)	Topic Studies I (2) Writing	Topic Studies II (2) Writing	Reading(2) △(0)or(2)								
17					Introductory English I (1) Speaking	Introductory English II (1) Speaking	情報の科学(1)	情報の科学(2)	Writing(1)				
18	道徳(1)	道徳(1)	世界 I (2)	世界 II (2)					芸術(1) コロキウム(2) 基盤探究(3) *(3)	Reading(3) △(0)or(3)	数学特講(2) △(0)or(2)		
19					HR(1)	HR(1)	道徳(1)	道徳(1)		HR(1)	Writing(1) △(0)or(1)		
20	HR(1)	HR(1)	HR(1)	HR(1)					HR(1)				
21					短期集中	寧楽 I (1)	寧楽 II (1)	CG I (1)	AG(1)	AG(1) 芸術(1)			
22	AG(1)	AG(1)	AG(1)	AG(1)						AG(1) △(0)or(1)			
23					テーマ研究(1) △(0)or(1)	テーマ研究(1) △(0)or(1)	テーマ研究(1) △(0)or(1)	テーマ研究(1) △(0)or(1)	テーマ研究(1) △(0)or(1)				
24	テーマ研究(1) △(0)or(1)	テーマ研究(1) △(0)or(1)	テーマ研究(1) △(0)or(1)	テーマ研究(1) △(0)or(1)					テーマ研究(1) △(0)or(1)				

令和元年度 スーパーサイエンスハイスクール
研究開発実施報告書・第5年次

2020年(令和2年)3月1日発行

発行者：奈良女子大学附属中等教育学校
校長 内田 忠賢
表紙デザイン：教諭 長谷 圭城

〒630-8305 奈良市東紀寺町 1-60-1

TEL 0742(26)2571

FAX 0742(20)3660

<http://www.nara-wu.ac.jp/fuchuko/>

