

平成 28年度

# SSH 研究開発実施報告書

第2年次



世界の学び：韓国KAIST主催のPre-Undergraduate Research Participation Program

## 目 次

### あいさつ

事業風景（写真記録・ポスター記録・第3期SSH概要図）

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 研究開発の概要	8
	第2章 研究開発の経緯	14
	第3章 研究内容、評価と課題	
	第1節 自然科学リテラシーの育成	15
	第2節 リベラルアーツ教育	17
	第3節 探究活動の一貫カリキュラム	
	3-3-1 課題研究	19
	3-3-2 課題研究 世界Ⅱ	21
	3-3-3 コロキウム	23
	第4節 研究ノートの作成	26
	第5節 サイエンス・イシューズ	
	3-5-1 授業実践	30
	3-5-2 理数研究会	34
	3-5-3 公開ワークショップ	36
	第6節 サイエンス研究会に対する支援と指導	
	3-6-1 サイエンス研究会の指導	42
	3-6-2 イノベーター・キャンプ	46
	3-6-3 サイエンス・ベースキャンプ	48
	3-6-4 サイエンス海の学校	50
	3-6-5 サイエンス川の学校	51
	第7節 國際交流	
	3-7-1 SSH国際交流① ベトナム ISSS	52
	3-7-2 SSH国際交流② 大韓民国 ISSS	54
	第8節 高大接続	
	3-8-1 講演会の記録	56
	3-8-2 奈良女子大学研究室訪問	57
	第9節 運営指導委員会記録	58
	第10節 事業評価	
	3-10-1 卒業生追跡調査	63
	3-10-2 理数意識調査	64
IV	資料	
	1 2016年度(平成28年度)教育課程	68
	2 取材・雑誌掲載などの記録	69

## 平成28年度SSH研究開発研究実施報告書刊行に当たって

奈良女子大学附属中等教育学校は、平成17年4月から昨年まで、2期10年間にわたりスーパー・サイエンスハイスクール(SSH)の指定を受けてまいりました。Ⅰ期目のSSHプログラムでは、理数教育のカリキュラム開発や数学的リテラシー・科学的リテラシーの育成を目指した取り組みを中心据えて実施しました。Ⅱ期目では、Ⅰ期目の成果を土台に、さらにリベラルアーツの涵養などを加えた実践研究を目指してきました。なかでも第5学年(高校2年生)に設定した学校設定科目「コロキウム」における教育実践活動は、Ⅱ期SSH研究の中核に位置する取組の一つでした。これらの成果をもとに、『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』を掲げ今年度から第Ⅲ期SSHプログラムを開始いたしました。多分野融合研究において、自ら課題やプロジェクトを設定し、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能力を持ったリーダーの育成を目指します。同時に、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だ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、すなわち共創力をはぐくむ6年一貫カリキュラムを実施し、自然科学に関する基本的な知識と技能を持ち、科学的根拠に基づいて判断・主張・行動ができる、21世紀に必要とされる教養を備えた市民の育成を目指します。

このSSHのプログラムでは、その一翼を担う、サイエンス研究会の生徒達による研究活動が中核となります。平成28年度におきましても、8月に神戸国際会議場で行われた「SSH全国生徒研究発表会」では本校5年の山田莉彩さんが発表した『植物の葉序の規則性』が「奨励賞」を受賞しました。一昨年、昨年度に続き、ポスター発表での受賞は3年連続となりました。本活動は受賞を目標としたものではありませんが、自分で見つけた疑問をサイエンス研究会で科学的な面から研究した成果が高い評価を受けたことは、他のユニークで手ごわいテーマに取り組んでいる後輩たちの大きな励みになってくれると思います。これらの研究が少しでも花開くことを切に期待しています。

本年度も、本報告書刊行のタイミングに合わせて、サイエンス研究会所属の生徒達による研究成果をまとめた研究論文集が発行されます。この冊子をご覧になっていらっしゃる皆様には、ぜひ、そちらの『平成28年度SSHサイエンス研究会研究論文集』の方もご一読いただき、生徒たちの日頃の努力の賜物に対して、忌憚のないご意見・アドバイスをいただけたらと希望しております。

最後になりましたが、これまでの12年間、奈良女子大学や文部科学省・科学技術振興機構、その他多くの研究機関から、本校におけるSSHの活動に多大なる御支援をいただきました。また、とくにSSH運営指導委員の皆様には、お忙しい中、実際の活動現場に足をお運びいただき、SSH活動の包括的な方向性や具体的な運営体制などに多数のご助言をいただきました。以上の方々をはじめ、本校のSSH活動にご助言・ご協力いただきましたすべての皆様方に、あらためて深く御礼申し上げます。引き続き本校における第Ⅲ期SSHプログラムにご支援賜りますよう、この場を借りてあらためてお願ひ申し上げ、私からのご挨拶とさせていただきます。

平成29年3月  
奈良女子大学附属中等教育学校校長  
渡邊 利雄



サイエンス研究会：1年生への体験講座（化学・数学班）



海の学校：採集生物の観察・解剖



海の学校：生物の採集



川の学校：河床礫・岩盤の地質調査



川の学校：水質調査



校内発表会：ポスター発表



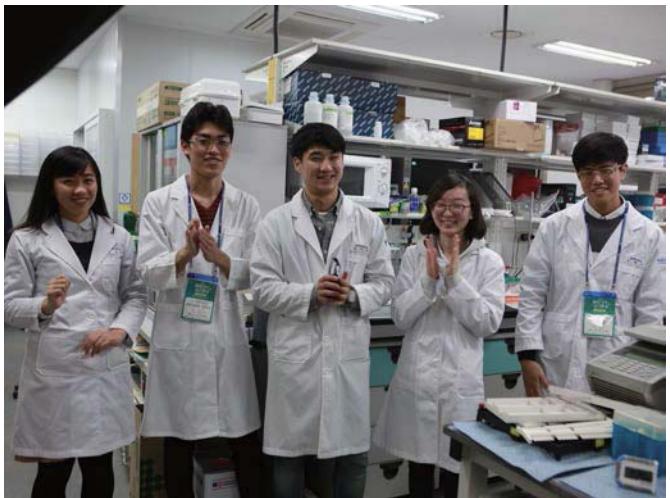
全国生徒研究発表会：ポスター発表 奨励賞受賞



BC：プログラミング実習



国際交流：ベトナム研修



国際交流：韓国研修



理数シンポジウム：成果発表会での公開授業



理数シンポジウム：ワークショップ「化学と数学」



理数シンポジウム：ワークショップ「科学と情報」



理数シンポジウム：ワークショップ「科学と情報」



理数シンポジウム：ポスター発表



SSH 基礎講座：近藤 滋 氏（大阪大学）



SSH 先端講座：瀧野 敦夫 氏（奈良女子大学）

## 1. 予備実験

目的：黄金比は人が最も美しいと感じる比率であるとする。  
仮説：セイタカアワダチソウの葉序の回転角は  
黄金角（約137.5°）になっている。

### 実験 1

実験方法  
平底培养で採取したセイタカアワダチソウの葉と葉の間の角度を画像処理ソフト（ImageJ）により計測した。



### 結果

黄金角 137.5° [に近い] 131° ~ 135°、136° ~ 140°、141° ~ 145° の 3 つが特に葉と葉の間の角度として多かった。

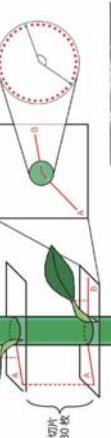
### 実験 2

実験方法  
セイタカアワダチソウの茎の切片から維管束の数を数え、葉につながっている葉序の葉序の回転角を算出した。



### 結果

$\angle \alpha = 360^\circ \times \frac{16}{16+26} = 137.143^\circ$



### 結果

$\angle \alpha = 360^\circ \times \frac{16}{16+26} = 137.143^\circ$

セイタカアワダチソウの葉序の回転角は黄金角に近似したが  
黄金角と断定するには至らなかった。

### 考察

<予備実験の課題>  
・植物の形態は外部環境に左右されやすい  
・測定精度の限界（直接測る際に生じる誤差が大きい）  
植物の育ち方から葉序の規則性を  
理論的に導き出す

# 植物の葉序の規則性

Phyllotaxis patterns  
5年 山田 莉彩

## 参考文献

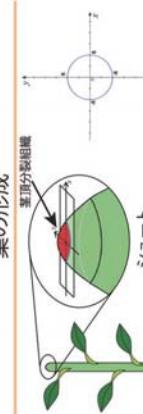
Nara Women's University Secondary School

研究概要

植物には美しい幾何学的な形態を持つものがある。その美しさの謎を解明するため、その植物の特徴規則性は何に由来するのか、またそれによって植物にどのようなメリットがあるのかを植物の葉のつき方（葉序）に着目して調べた。シート（茎の先端部分）での葉の発生を植物モデルから考えた。数理モデルを考察し、植物一般の葉のつき方を解析した。その結果、植物の葉のつき方は、成長速度と茎の先端部分の半径との比率によって決定されることがわかった。

## 2. 葉序モデルの考察

### 葉の形成



- 葉の原基（葉になる前段階のものは）、シート（茎の先端）にある茎頂分裂組織によって発生する。
- 分裂組織の細胞分裂によって発生する。
- （植物ホルモン）が作用する。
- ・オーキシン（は新しくできた原基から放出される）
- ・オーキシンは葉の原基の形成を阻害する効果がある。

### 仮定：オーキシンが次の原基の位置を決定する

### 極座標による葉序のモデル化

- シートを極座標平面とし、その円周上の任意の地点から新しい原基が発生する。
- 原基は、できた地点からその地点の円の法線方向に等速直線運動をする。
- 既に発生している原基は最も速い位置（原基同士の距離の逆数の和が最小値になる位置）に新しい原基は発生する。
- パラメータの設定

V: 原基が移動する速さ  
T: 次の原基ができるまでの時間（周期）  
R: 茎頂分裂組織の半径  
(初期値)  
t=0

方法  
1-i) n を固定し V と T のみ変化させた。  
1-ii) n を固定し VTR の値を変化させた。

結果  
1-i) 原基の配列は変化しなかった。（結果は示していない）  
1-ii) 原基の配列は、VTR → ∞ のとき（図3）一直線上になり VT/R=0 のとき（図1）重なりにくく配置になった。

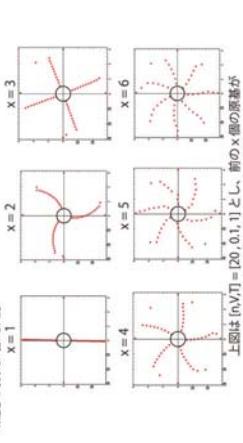


上図は、 $[n, V, T] = [20, 0.1, 1]$  とし、V を変化させた図である。

## 参考文献

目的：実際の植物を想定し、新しい原基の形成に影響を与える原基の数を制限することによって螺旋状の線を出す。

方法  
新しい原基形成に影響する原基の数(x)を変化させる。  
結果  
原基形成に影響する原基を制限することによって螺旋状の線が得られる。  
原基の数が増すほど、影響を与える原基の数が多くなる。  
螺旋の数は増す。



## 4. 考察

「オーキシンによる葉序の数学モデル」  
VT/R の違いは植物の成長速度の違いを表していると考察される。  
VT/R を R と T を固定することによって VT/R を算出すると、  
水平方向の成長速度 V<sub>x</sub>（解折 1-ii）及び鉛直方向の成長速度 V<sub>y</sub>（解折 2）によって葉序のパターンが決定されるところであった。  
成長速度の変化で葉序のパターンを表すことができる

### 新たなモデルの考察

「オーキシンによる葉序の数学モデル」  
VT/R を R に対して大きいとき  
同一直線上に葉が並びやすく、成長が葉の配列よりも優先される。  
VT/R が R に対して大きいとき  
葉を無駄なく  
敷き詰めて日光を得る  
植物体を高く伸ばすことで  
日光を得る

## 今後の課題

・植物は向によって VT/R を変化させ、成長戦略を変えている  
のか分析する  
・他の葉序のモデルについても考える

S.Douady, (1986) Phyllotaxis as a Physical Self Organizing Growth Part I: The Spiral Modes Resulting from Time-Periodic Iterations. J. Theor. Biol. 178:255-274  
[参考文献] デュダリ, ジャン・ポナチ, 整列の問題でみえる生き物の形の特徴] 通訳著者: 学研デジタルカラ出版社, 2013.

# 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



卒業生追跡調査

更なる活動の充実へ

## 科学技術イノベーターの育成

多分野融合研究において、自ら課題やプロジェクトを設定し、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能力を持ったリーダー

### サイエンス研究会

数学、物理、化学、生物、地学

### 研究ノートの作成・検証

体系的な指導システムの確立を目指して

国際交流連携校

### ISSS (共同研究)

地球的規模の課題  
多様な価値観  
国際的競争力

### イノベーターキャンプ

異分野を横断する課題解決型特別プログラム  
例 エネルギー・気候変動・防災  
環境・福祉・生物多様性



## 「共創力」を育む6年一貫カリキュラム

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だ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

奈良女子大学  
理系女性教育開発共同機構  
中等教育改革プロジェクト  
高大連携・接続研究

研究開発した  
ブックレット・  
テキストの出版

### 授業内容の高度化 (理科・数学科・情報科)

**リベラルアーツの育成**  
理数の専門教科  
科学観・自然観の涵養  
高度な専門性

**Science Issues**  
サイエンス・イシューズ

教科横断型の課題  
異教科の連携授業

数学探究Ⅰ・Ⅱ  
自然探究Ⅰ・Ⅱ  
数学的活動の重視  
問題解決能力の育成

### 探究活動の深化 (総合的な学習・学校設定科目)

5・6年

SS 課題研究  
コロキウム

培われた自然科学観から  
現代的課題を研究する  
観の形成  
大学教員・研究者との連携

協働型研究  
(発展期)

3・4年

課題研究 世界Ⅰ・Ⅱ  
世界的な自然科学の課題  
を地域の視点から探求する

視点の往還  
グローバル↔ローカル  
ESD

協働型探求  
(充実期)

「研究ノート」  
を使用した  
研究指導

連携大学・研究所

奈良女子大学  
奈良教育大学  
奈良県立医科大学  
京都大学  
同志社大学 理工学部  
ATR 国際電気通信基礎  
技術研究所  
NAIST 奈良先端科学  
技術大学院大学

基礎・  
基本の徹底

数学基礎Ⅰ・Ⅱ  
理科基礎Ⅰ・Ⅱ  
観察・実験の重視  
数学化サイクルの重視

テクノロジーの活用

自然科学リテラシーの育成

課題研究 寧楽Ⅰ・Ⅱ  
地域の素材の中から  
自然科学を学ぶ

世界遺産学習  
統計処理  
プレゼンテーション

協働型学習  
(基礎期)

日韓合同  
サイエンスキャンプ  
(英語による共同実験)

自然科学に関する基本的な知識と技能を持ち、科学的根拠に基づいて  
判断・主張・行動ができる、21世紀に必要とされる教養を備えた市民の育成

### ①平成28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 平成28年度実施規模	全校生徒を対象に実施する。対象生徒数 730名
④ 研究開発内容	<p>○研究計画            第二年次以降の研究開発計画・評価計画は、重点的に研究・評価する項目についてのみ書き、その年度以前と同様の研究を継続する場合については省略する。</p> <p>■第一年次（2015年度）</p> <p>(1)4、5年での理科・数学連携授業「サイエンス・イシューズ」のための準備と試行            第1期SSH以来の数学的リテラシー研究の成果をふまえ、テクノロジーを利用して、事象を具体的に取り扱うことのできるカリキュラムや指導方法の研究を行う。また、科学的リテラシー研究の成果をふまえて、実験データに基づいて自分の考えを主張する態度の育成をはかる指導方法の研究をすすめる。またグループ学習の導入など、議論・表現の能力を引き出す方法論を探求する。            こうした学習とも関連させつつ、4、5年での数学科と理科の連携授業について、ワーキンググループを構成し、奈良女子大学教員の指導・助言を受けつつ、構想と試行をおこなう。あわせて、協働して課題解決を図る内容を取り入れた学習方法の研究を開始する。</p> <p>(2)課題研究用の「研究ノート」作成            本校のサイエンス研究会の指導や日々の授業における課題探究型活動で用いられてきた資料などを整理することにより、「研究ノート」作成をおこなう。</p> <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            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、さらには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、サイエンス研究会の生徒を対象として試験的に実施する。</p> <p>(4)前期・後期のサイエンス国際交流プログラムの実施            前期課程生については、サイエンス研究会に限らず、海外生徒との交流に関心のある理数に興味のある生徒を対象に、海外の先進校に出向き、実際に議論したり、共同研究や研究交流を行ったりするプログラムを実施する。また後期課程では、サイエンス研究会生徒を対象に、国際交流プログラムを再編実施し、海外生徒との協働・議論の場を通じて「共創力」を育む。</p> <p>(5)「コロキウム」の実践            5年において、学校設定科目「コロキウム」を引き続き実践し、高い科学観や自然観を涵養する教育の在り方について考察する。奈良女子大学の教員と連携して、学習内容面での高大接続を実現するためのカリキュラム研究を開始する。</p> <p>(6)評価計画            内部評価：本校生徒の理数に対する意識を調査し、国際データ・日本平均と比較する。これは継</p>

続実施し経年変化を調査する。また、第1期指定以降の研究開発が、科学的な素養・能力・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、一部の卒業生を対象にアンケートやインタビューを実施し検証を行う。また、その評価方法について検討する。

外部評価：運営指導委員会を年間2回開催し、委員による評価を受ける。あわせて、保護者・学校評議員による評価を実施しつつ、外部評価のあり方の研究を進める。

## ■第二年次（2016年度）

### (1) 4、5年での理科・数学連携授業「サイエンス・イシューズ」の体系的な実施計画の作成

4、5年での数学科と理科の連携授業について、1年次の試行の分析を進め、年間計画内にどのように位置づけるか、試験的な年間カリキュラムの作成を行う。

### (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。

### (3) 「課題研究 寧楽Ⅰ・Ⅱ」の実施

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。また「地域」学習を通じて、統計に関する基礎知識の活用法、プログラミングの基礎、プレゼンテーションの方法など「学び方を学ぶ」場とする。

### (4) 「課題研究 世界Ⅰ・Ⅱ」の試行

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できる力を育成する。

### (5) 「研究ノート」の試行的使用

1年次に作成した「研究ノート」をサイエンス研究会で試行的に使用する。

### (6) 評価計画

内部評価：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）

### (1) 「課題研究 世界Ⅰ・Ⅱ」の見直し

第二年次の試行を踏まえ、テーマに対して科学的な視点からアプローチし、個人研究を発展させた、グループによる探究活動を行う。

### (2) 4、5年での理科・数学連携授業「サイエンス・イシューズ」の本格実施

4、5年での数学科と理科の連携授業について、年間計画の見直しと再編を進め、本格実施を行う。

### (3) 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

「イノベーター・キャンプ」への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、これまでの試行の見直しの上に、本格実施を行う。

### (4) 5年「コロキウム」における大学教員との連携指導の導入

学校設定科目「コロキウム」において、学習面での高大接続を実現するためのカリキュラム研究を、奈良女子大学教員および他大学の教員と連携して行う方式を導入する。

### (5) 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い、「共創力」を伸ばすカリキュラム開発を進める。また、「研究ノート」を使用して研究を進める。

### (6) 評価計画

成果研究発表会に他のSSH校を積極的に招聘し、研究交流会を開催することを通じて、人材育成に関わる評価研究や教育実践・カリキュラム研究成果の双方向的な交流活動を組織する。

## ■第四年次（2018年度）

### (1) 「課題研究 寧楽Ⅰ・Ⅱ」「課題研究 世界Ⅰ・Ⅱ」の継続実施と分析

第二年次・第三年次の実践を踏まえ、内容を見直しつつ実践とその分析を行う。

**(2) 4、5年での理科・数学連携授業「サイエンス・イシューズ」の継続実施と分析**

三年間の実践を踏まえ、内容を見直しつつ実践とその分析を行う

**(3) 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**

三年間の実践を踏まえ、より多様な集団を組織するために他校生徒を招聘し、内容の充実を図る。

**(4) 6年「SS課題研究」の見直しと分析**

6年では、継続して「SS課題研究」を開講し、探究活動に取り組み、「共創力」を伸ばすカリキュラム開発を進める。

**(5) 課題研究の「研究ノート」を用いた体系的な指導システムの確立**

三年間の実践を踏まえ、課題研究の目的や方法にそった指導システムの確立を目指す。

**(6) 評価計画**

コロキウムや「SS課題研究」において、本校生徒が本学教員やその他の研究者から、指導や助言を受ける指導システムを導入・検証する。大学教員や研究者が、すぐれた研究を進める生徒たちを長期的に指導・観察し、その結果を大学入学者選抜に反映できる人材評価の研究を進める。

**■第五年次（2019年度）**

5年間の実践を踏まえ、本研究開発の検証・評価を行いまとめとする。それをもとに、本校の自然科学リテラシー・リベラルアーツの育成、「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。また、大学入学者選抜制度のあり方について提言をまとめ、それらを各種の方法を用いて発信し、本研究開発の教育的意義について世に問うとともに、研究内容の活用を促す。

**○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」 履修学年・単位数：5年の必履修科目として、2単位を設定する。

②学校設定科目「SS課題研究」 履修学年・単位数：6年の選択履修科目として、1単位を設定する。

③学校設定科目「テーマ研究」 履修学年・単位数：サイエンス研究会に属する4～6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28年度の教育課程の内容**

「世界」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・基礎としての授業を行った。

「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、少人数のゼミ形式で対話を中心とした授業を行った。

「テーマ研究」の実施(4～6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、年度末には論文を提出した。

**○具体的な研究事項・活動内容**

**(1) 4、5年での理科・数学連携授業「サイエンス・イシューズ」の試行と年間計画の検討**

本学の理系女性教育開発共同機構の教員(4名)と本校の理数教員(13名)、SSH担当者(1名)で、中等教育理数カリキュラム改革を目的とした、「理数研究会」(月1回開催)を立ち上げ、理科・数学の融合授業を研究テーマに6つの領域に分かれて授業研究を行った。その成果の一つとして、研究実践報告会において、公開授業「光は進むべきルートがわかるのか？～数学化を通した科学概念の本質的理解を目指して～」（物理・数学の融合授業）を行った。また、生物と数学・化学と数学・情報と科学の融合授業についてのワークショップを行った。年間計画については、単元分散方式での可能性について、学習指導要領改訂と併せた議論を行った。

**(2) 課題研究用の「研究ノート用手引き冊子」作成**

課題研究において、生徒に使用させる研究ノートの導入部分について昨年に引き続いて検討を行

い、理科の実験手引きだけではなく、有効数字の表示に関する手引き、論文の書き方、プレゼンテーションの方法などを含めた手引きを完成させた。

### (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

多分野融合研究を促進し異分野間の議論をする機会や科学的態度・姿勢を育成する場として、研究会の異学年を集めた集中プログラムを年間 12 回行った。今年度は新たに新入生向けのサイエンス研究会体験講座を実施し、新入生が研究内容を体験する機会となった。その他の内訳は、フィールドワーク・実験観察を中心とし宿泊行事が 2 回、技能講習やプレゼンテーションの指導に関するものが 4 回、生徒同士による議論の場を目的としたものが 4 回、国際交流が 2 回であった。

### (4) サイエンス国際交流プログラムの実施

本年度は、ベトナム研修と韓国研修の 2 つのプログラムを実施した。ベトナム研修では、サイエンス研究会数学班の生徒 5 名がベトナム国家大学ハノイ校自然科学院附属英才高校 (HSGS) を訪問し、授業体験や数学オリンピックの取り組みに参加した。韓国研修では、KAIST で行われた Pre-Undergraduate Research Participation Program に、サイエンス研究会の生徒 10 名が参加し、5 つの研究室分かれて先端科学技術の習得を目的としたプログラムに参加した。

### (5) 「コロキウム」の実践

5 年において、学校設定科目「コロキウム」を実践し、SSH として 4 講座(数学 1、理科 2、技術 1)を行った。

### (6) 評価計画

本校の全生徒に対して「理数意識調査」を実施し、実施した 6 年間の結果から教員の指導法について考察を行った。また、サイエンス研究会に所属した卒業生のインタビュー調査から質問項目を設定した。また、運営指導委員会を 7 月と 2 月に開催し、授業観察から本校の理数教育について委員による指導と評価を受けた。

## ⑤ 研究開発の成果と課題

### ○ 実施による成果とその評価

- ・昨年度に続き、SSH の運営を校務分掌である研究部の管轄としたことで、学校全体として SSH に深く関わる運営が行えた。
- ・理数融合の授業研究について大学と合同で設置した「理数研究会」を中心に取り組み、成果発表会などで成果を出すことができた。また、理系女性教育共同機構との合同成果発表会「理数シンポジウム」を行うなど、大学と充分に連携した教育研究を進めることができた。
- ・研究ノート用手引き冊子は、理科領域だけではなく数学領域をも含めたものを作成できた。
- ・イノベーター・キャンプでは、年間を通じてカリキュラムを発展させ、入学生に対して集中的に新しい取り組みを実施することができた。また、宿泊行事では大学の共生科学研究センターだけではなく、下市町役場など地域とも連携した取り組みを行うことができた。
- ・国際交流では、生徒の研究交流を中心としたベトナム研修、先端科学技術の習得を目的とする韓国研修を企画・実施し、今後も継続できる関係性を相手校と構築することができた。
- ・理数意識調査や卒業生インタビュー調査から卒業生への質問紙を作成し、卒業生アンケートを行う準備ができた(次年度 4 月実施予定)。

### ○ 実施上の課題と今後の取組

- ・サイエンス研究会の低学年指導の充実が会の活性化のために必要であり、本年は数学・化学分野で体験講座を行ったが、物理や生物、地学分野でも開催する必要がある。
- ・今後の課題研究を充実させるために、総合学習と課題研究を一連の探究活動として捉えた、6 年一貫カリキュラムの検討と新科目「理数探究」に向けた検討が必要である。
- ・国際交流において、学校全体の国際交流行事との関係や英語科の指導体制の関わり方などの課題があり、外部講師の指導も含め研究部・学校経営委員会が検討し調整を行う。

## ②平成28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

#### 1. 中等教育における自然科学リテラシーの育成

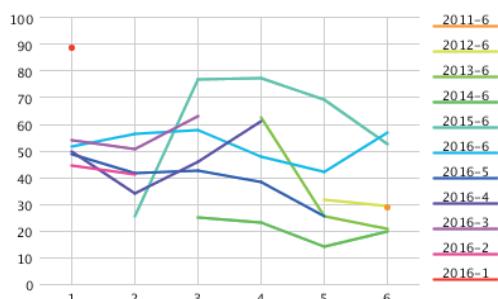
昨年に引き続き、数学科では、2、3年の「幾何」を中心に作図ツール(Cabri Geometry II)を活用した発見型の幾何学習、3年の「解析」では、グラフ電卓や関数ソフト(Grapes)を活用した実験型の関数学習を実施した。理科では、科学的プロセスを重視した学習内容と指導方法について継続して研究した。今回は、これまで6年間実施した理数意識調査の結果から、本校生徒全体や学年の特徴的なことがらと、本校の理数に関する教員の指導法についての考察・評価した。

その中でも、特に集団学年で数値がばらつく設問があり、その原因の一つが教師による授業スタイルと考えられる。教員が専門分野を持つ理科では、分野や科目によって専門科目教員が担当するため学年・年度間のバラツキが少ない。一方、数学では一人の教員が学年を担当し、教科担当者として持ち上がることが多い。そのため、教員個人の授業スタイルが受け持ち学年に浸透し、そのため学年・年度による違いがアンケート結果から読み取れた。このような本校の指導についての特徴を考察することができた。

#### 集団・学年でばらつくもの

Q36 (数学の授業で) 生徒は例題や問題について話し合いをする

Q36 avg0.45



#### 2. 4, 5年での理科・数学連携授業「サイエンス・イシューズ」の実践

理系女性教育開発共同機構の本学教員(4名)と本校の理数教員(13名)、SSH担当者(1名)で、中等教育カリキュラム改革を目的とした、理数研究会(月1回開催)を継続的に開催し、理科・数学の融合授業の研究をテーマに、6つのテーマに分かれて授業研究を行った。その成果として、本年度も共同機構との合同成果発表会「理数シンポジウム」を開催し、「光は進むべきルートがわかるのか?~数学化を通じた科学概念の本質的理解を目指して~」と題した、物理領域と数学領域を融合させた実験授業を公開した。研究協議において、理科と数学科の授業においての融合の可能性や「理数探究」に関する意見交換を行った。さらに、体験型のワークショップ「やってみよう理数探究」を開催し、「生物と数学」「化学と数学」「情報と科学」の3つの講座を実施した。参加者からは理科と数学の教員が連携し、理数融合授業を創り上げることの重要性を認識したという感想が多くかった。また、今回のシンポジウムには70名の参加があり、研究成果をさらに広めることができた。

また、年間指導計画策定については議論の経過において、通年型の授業を設置するよりも、学習時期に柔軟に対応できるトピック型の教材開発が適していると判断し、これまで提案してきた授業を実際の授業の中に取り入れていく計画を議論することができた。

#### 3. 課題研究用の「研究ノート」手引きの作成

課題研究において、生徒に使用させる研究ノートの導入部分について昨年に引き続いて検討を行い、理科の実験手引きだけではなく、有効数字の表示に関する手引き、論文の書き方、プレゼンテーションの方法などを含めた手引きを完成させたが、特に重点化したのは、テーマの見つけ方である。サイエンス研究会の生徒が自らテーマを設定し、具体的な実験方法を自分で考えることができるることを意図して研究ノートを作成した。本来であれば、本年度が試行であったが、来年度より課題研究での使用を試行する予定である。

#### 4. サイエンス研究会対象の「イノベーター・キャンプ」の実施

多分野融合研究を促進し異分野間の議論をする機会や科学的態度・姿勢を育成する場として、研究会の異学年を集めた集中プログラムを年間 12 回行った。特に今年度は新たに新入生向けのサイエンス研究会体験講座を化学班と数学班で実施し、その結果 1 年生の加入率が例年を大きく上回り 4 割を超えた。イノベーター・キャンプでは 2 年目の取り組みとして、今年度は年間計 12 回のプログラムを計画し、多分野の研究に取り組む生徒たちによる共同研究を重点化し、研修を継続して実施できた。また、本年も数学班が名古屋大学附属中・高等学校と交流を行うことができた。お互に訪問しながら探究活動を共に行い、同様の活動を地域に広げる計画を作成できた。これらに参加した研究会の生徒達は、探究活動やものづくり、プログラミングを通して、普段の活動班を超えてアイデアを共有し想像力を働かせる活動を多く見ることができた。この交流活動は広がりを見せ、他校からも参加者を招く形に発展させることができた。特に、ISSS における国外生徒との取り組みにおいては、トップレベルの生徒と共に課題に取り組むことで自身の見地を高めることができたと考える。これらの結果、8 月に神戸で行われた SSH 全国生徒研究発表会において、本校代表のサイエンス研究会生物班「植物の葉序の規則性」の研究が、奨励賞を受賞することができた。

#### 5. 前期・後期のサイエンス国際交流プログラムの実施

本年度は、奈良女子大学の教員の紹介から、数学班 5 名がベトナムの HSGS を訪問し、授業体験、科学オリンピック研修会への参加、数学に関する合同での探究活動を実施することが出来た。また、物理・生物班 10 名が韓国の KAIST で行われた 2 週間の研修プログラムに参加することができた。両校のプログラムは共に質の高いものであり、本事業が目指す世界的な視野で活躍する科学的な人材の育成をめざす取り組みであり、今後も継続できる関係を構築することができた。これら、ISSS における国外生徒との取り組みにおいて、参加者がトップレベルの生徒と共に研究を進めることで生徒自身が見地を高めることができた。

#### 6. 探究活動の一貫カリキュラムの研究

5 年において、学校設定科目「コロキウム」を実践し、SSH として 4 講座(数学 1、理科 2、技術 1)を行った。2016 年度の開講講座は、以下のとおりである。

番号	講座名	担当教員の専門科目	受講人数
4	物理のとびらー科学史から未来を読むー	理科	12
5	世の中は数学でできている	数学科	17
7	つながる科学	理科	18
8	デザインプロセス・コミュニケーション	技術科	18

また今年度は、4 年生を対象とする「課題研究 世界Ⅱ」を試行した。4 年生を 2 つのグループに分け、1 つは人文科学、もう 1 つが自然科学の課題研究を行い、半期で入れ替わる形で進めた。自然科学分野では、仮説の立て方、実験の組み立て方、データのとり方、データの扱い方などの課

題研究の基礎手法を共通課題から習得し、後半にグループに分かれ、設定した課題について探究活動を実践させた。その成果をポスターにまとめ、人文科学の生徒たちと合同発表会を行った。加えて、個人での成果レポートを課した。課題研究に必要な姿勢・態度を確認するとともに、個人による探究活動に必要な基礎手法を身に付けさせ、課題研究の導入とすることができた。

さらに、6年生理系選択者を対象とした新しい必修科目「SS課題研究」の次年度からの開講に向けた実施方法や単位認定に係る整備を進めると同時に授業計画を作成した。

## 7. 評価計画

卒業生追跡調査については、昨年度2回にわけて予備調査を行い、一部のサイエンス研究会に所属した卒業生を対象に、本校教員がインタビュー調査を実施した。いずれのインタビューからも、SSH校としての活動が生徒の未来にも大きな影響を与えていることが読み取れた。今年度はこれらの結果を踏まえて、全体に行うアンケート調査の質問紙について、調査項目の作成を行い、アンケートを行うことができた。

また、今年度の運営指導委員会を7月と2月に開催し、授業観察をテーマに本校の教育内容について委員による評価を受けた。そこでは、本校の学びに対する意欲的な姿勢を育てるなどについて、また理数研究会を中心に進めている理数融合授業の試みについて評価を受けるとともに、さらに発展させるための助言を頂いた。

### ② 研究開発の課題

#### 1. サイエンス研究会・イノベーターキャンプについて

今年度は、すべての班での導入プログラムを実施することができなかった。1年生の放課後の行事と調整しながら物理・生物・地学・情報班のプログラムを実施する必要がある。

#### 2. 4、5年での理科・数学連携授業「サイエンス・イシューズ」の本格的実践について

理数探究の情報収集を行いながら、これまでに蓄積した教科横断型の融合授業案を実際の授業に配置し実践することに加えて、カリキュラム内での位置付けについて議論を行う。

#### 3. 課題研究用の「研究ノート用手引き冊子」の試用について

総合学習や課題研究、サイエンス研究会などにおける試用を踏まえ、部分的改良の可能性を探る。

#### 4. 探究活動の一貫カリキュラムの研究について

今年度試行した「課題研究 世界Ⅱ」については、今年度の問題点を明確にし、改善を図る。また、5年「コロキウム」と6年「SS課題研究」では4年までの教科教育や総合学習などで身についた学問的内容や方法論を総合して探究活動を行う場として実践する。特に次年度は「SS課題研究」を開設し、課題研究の評価方法について、ループリックの作成やパフォーマンス評価などについての検討を行う。

#### 5. 前期・後期のサイエンス国際交流プログラムの実施について

サイエンス研究会の生徒を対象に、研究発表に加えて、研究交流を目的とした海外研修プログラムの開発を行う。また、その成果を他の生徒に広めるための報告会や生徒論文集への寄稿などを新たに進めたい。

#### 6. 「卒業生追跡調査」について

今年度実施したアンケート調査の結果を次年度分析する。分析については、専門家の大学教員などの指導を受けながら行う。その結果を学校全体で共有する。また、卒業生追跡調査については同窓会の支援を要請するなど、組織的に大規模な調査を行うための環境整備を進める。

## 第1章 研究開発の概要

### 第1節 学校の概要

#### (1) 学校名、校長名

学校名 奈良女子大学附属中等教育学校  
な ら ジ ょ し だいがく ふぞくちゅうとうきょういくがっこう

校長名 渡邊 利雄 (奈良女子大学大学院人間文化研究科 教授)

#### (2) 所在地、電話番号、FAX番号

所在地 奈良県奈良市東紀寺町1-60-1

電話番号 0742-26-2571

FAX番号 0742-20-3660

#### (3) 課程・学科・学年別生徒数、学級数及び教職員数

##### ① 課程・学科・学年別生徒数、学級数

全日制課程・普通科・各学年3クラス (合計18クラス)

	前期課程			後期課程			
	1年	2年	3年	4年	5年	6年	
男	57	65	60	57	63	58	360
女	64	58	60	64	64	65	375
計	121	123	120	121	127	123	735

##### ② 教職員数

校長	副校長	主幹 教諭	教諭	養護 教諭	非常勤 講師	教務 補佐	ALT	スクールカ ウンセラー	事務 職員	司書	計
1	2	3	38	2	18	7	2	1	4	0	78

## 第2節 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 研究の概略

「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 研究開発の実施規模

全校生徒を対象に実施する。

### 4 研究開発の仮説

#### (1) 自然科学リテラシー

第1期SSHから継続している自然科学リテラシーの概念は、PISAにおける次の概念に基づいて定義したものである。本SSHにおいても、この概念規定に基づいて研究を進める。

数学的リテラシー：数学が世界で果たす役割を見つけ、理解し、現在及び将来の個人の生活、職業生活、友人や家族や親族との社会生活、建設的で関心を持った思慮深い市民としての生活において確実な数学的根拠にもとづき判断を行い、数学に携わる能力

科学的リテラシー：自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意思決定

するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力

数学的リテラシーを数学科が、科学的リテラシーを理科・数学科が主に育成する。またこの2つを統合・活用する力として「問題解決能力」をとらえ、数学科・理科が中心となってこの力の育成を図る。「問題解決能力」については、「問題解決の道筋が瞬時には明白でなく、応用可能と思われるリテラシー領域あるいはカリキュラム領域が数学、科学、または読解のうちの単一の領域だけには存在していない、現実の領域横断的な状況に直面した場合に、認知プロセスを用いて、問題に対処し、解決することができる能力」と定義している。

したがって、数学的リテラシー・科学的リテラシーを活用して、問題解決が総合的にできる素養・力として自然科学リテラシーを定義している。

## (2) リベラルアーツ

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。

第2期SSHのリベラルアーツに関わる実践研究は、「なぜ学ぶのか」という本質的な問いを、生徒はもちろん教師にも投げかけ、大学での研究姿勢の基盤形成の意味をもつことを明らかにしており、今後の高大接続のあり方を考えたうえで、ますます重要な意味をもっている。本SSHにおいても「幅広い視野と高い科学観・自然観を有する生徒」を育成するうえでの重要な取組みとして設定し、さらに研究を進める。

## (3) 研究の仮説

1～4年においては、理数に偏らない総合的な考え方のカリキュラムの基で、全生徒に自然科学リテラシーを軸とした科学的思考力の育成を目指す教育を行うことにより、理数（自然科学）に興味や関心を持つ生徒を育成できる。

3～6年においてはリベラルアーツの涵養をめざし、学習面での高大接続を目指したテーマの、少人数の討論型授業を設置することにより、文理に捉われない幅広い視野と専門性を背景に、より高い科学観を持った理数（自然科学）に強い生徒を育成できる。

上記の取組に加えて、中高一貫6年間の探究活動を軸としたカリキュラムを編成することを通じ、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」を有する生徒を育成でき、その中からイノベーションに寄与する人材が育成できる。

さらに、前期課程生から始めるサイエンス研究会の活動を通じて、多分野融合研究において、自ら課題やプロジェクトを設定し、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

## 5 研究開発の内容・実施方法・検証評価

カリキュラムは、基本的に6年間を2年ずつに区切る2-2-2制をとり、それぞれの2年間のSSHに関する目標を、次のように設定する。

- 1、2年 理数に偏らない基礎・基本の徹底
- 3、4年 学問への興味・関心と学びへの意欲の育成
- 5、6年 高大接続を目指す先進的・総合的な視野を持つ理数教育

第1期、第2期のSSH指定を通して、以下のように自然科学リテラシーの育成を図ってきた。

### (1) 自然科学リテラシーの育成

- ①数学的リテラシーの育成
  - ・ICTを活用して、数学化サイクルを重視した授業の研究を行う。
- ②科学的リテラシーの育成
  - ・観察・実験を重視した授業を積み重ね、生徒が自ら仮説を立てて探究する課題研究を行う。
  - ③問題解決能力の育成
    - ・メディアリテラシーと読み解力をもとにして、独創力・論理的思考力・問題発見能力を伸ばす。

### (2) リベラルアーツ教育

- ①学校設定科目「コロキウム」の研究
  - ・教科の専門性に基づきながら、深い教養を持った生徒を育成する内容・方法、評価方法について大学教員と高大連携について連携を進めながら研究を行う。
- ②リベラルアーツの視点を取り入れた授業の研究
  - ・数学・理科の授業で「リベラルアーツ」の視点を取り入れた指導法を研究、開発する。

### (3) 「共創力」育成を目指した授業研究

- ①教科横断型・融合型の課題に取り組む授業研究
  - ・科学的素養を育成する授業方法の開発
  - ・グループ学習において、議論・表現能力の育成に効果的な授業研究を行う。
  - ・理科と数学の連携授業「サイエンス・イシューズ（Science Issues）」の研究を行う。
- ②1～6年生において、協働型学習・協働型探求を位置付け、研究・開発を行う。
  - ・1、2年においては「課題研究 寧楽Ⅰ・Ⅱ」に、3、4年においては「課題研究 世界Ⅰ・Ⅱ」に全生徒において実施する。
  - ・5年では、学校設定科目「コロキウム」において、観を育成する。
  - ・6年では、学校設定科目「SS課題研究」において、協働型研究に取り組む。

### (4) サイエンス研究会に対する支援と指導

- ①「サイエンス研究会」の活動推進
  - ・数学・自然科学に関する生徒の研究を推進する。
  - ・他校生徒との「サイエンス研究交流会」を生徒自身に企画・運営させる。
- ②多分野融合研究を促進したり、異分野間の議論を設定するイノベーター・キャンプの取り組み
  - ・1年～4年の希望者を対象に自然を体験させ、自然科学の方法を専門家から学ばせる。
  - ・「共創力」を育成するために、異文化・異分野・異学年の集団を合同で活動させる研究を行う。

### (5) 大学・研究所との連携・高大接続の研究

- ①自然科学の先端的講義の実施
  - ・より進んだ内容の講演会または連続講義を、大学教員・研究者を講師として行う。

- ②大学教員と連携した、高大接続を踏まえたカリキュラム研究
  - ・学習面での高大接続を実現するためのカリキュラム研究を、大学教員と連携して行う。

### ③課題研究の指導に関する連携

- ・SS課題研究において、大学教員・研究者と連携した指導方法の研究を行う。

### ④評価研究に関する大学との連携・接続

- ・これまでのSSH指定10年間の評価研究を大学の研究者との連携によって行う。

※本研究開発を進めるために、以下の機関と連携を深める。

奈良女子大学、奈良教育大学、京都大学、同志社大学（理工学部）、奈良県立医科大学  
ATR（国際電気通信基礎技術研究所）、NAIST（奈良先端科学技術大学院大学）

## （6）国際交流

### ①他国の生徒との共同研究や研究交流の実施

- ・サイエンス研究会対象に国際交流プログラム I S S S (International Salon of Super Science student) を継続実施する。
- ・英語科との連携を強め、英語で表現したり議論したりできる力を、長期的・段階的に身につけるプログラムを計画する。
- ・JSTの派遣事業や奈良女子大学の教員の授業、大学のE-learningなどに取り組む。

## （7）検証・評価

### ①「理数意識調査」の実施

- ・PISAで実施されている項目を参考に調査項目を作成し、本校の全生徒に対して実施する。

### ②卒業生追跡調査の実施

- ・卒業後どのような研究活動を行っているのかについて、質問紙調査やインタビューによる追跡調査を行い、人材育成の効果について実証的に明らかにする。

### ③研究発表会や授業研究会、研究交流の実施

## 6 研究開発組織の概要

### （1）各組織の役割

#### ①奈良女子大学・奈良女子大学事務局

奈良女子大学は、附属中等教育学校SSHを推進するための組織として、「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。さらに、高大連携を深化させるために、教育システム研究開発センターが中心となって、評価研究をコーディネイトする体制を構築し、卒業生追跡調査を実施する。また、奈良女子大学事務局（総務・企画課および財務課）が、副校長・研究部SSH主任と連携しながらSSHの経理処理を円滑に行う。

#### ②SSH運営指導委員会

SSH運営指導委員会は、専門的見地からSSH全体について指導、助言、評価を行う。大学教員・研究者・学識経験者・行政機関の職員等で組織する。

#### ③学校長・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。

#### ④研究部

「リベラルアーツ」「『共創力』育成の探究活動」「サイエンス研究会」「評価研究」「高大

接続」等の研究課題を推進するための企画・運営を統括する。

⑤理数研究会

「リベラルアーツ」「『共創力』育成の探究活動」「サイエンス研究会」「評価研究」「高大接続」等の研究課題を推進するための教育、研究を行う。

⑥教育課程委員会

教育課程委員会は、奈良女子大学の「中等教育改革プロジェクト」や教育システム研究開発センターなど関係部署と連携しつつ、特にSSHの研究面・カリキュラム面での全体的な計画・立案・運営に提言・支援を行う。

⑦ 国際交流委員会

国際交流委員会は、研究部国際と連携しつつ、特にSSHの国際交流事業での全体的な計画・立案・運営に提言・支援を行う。

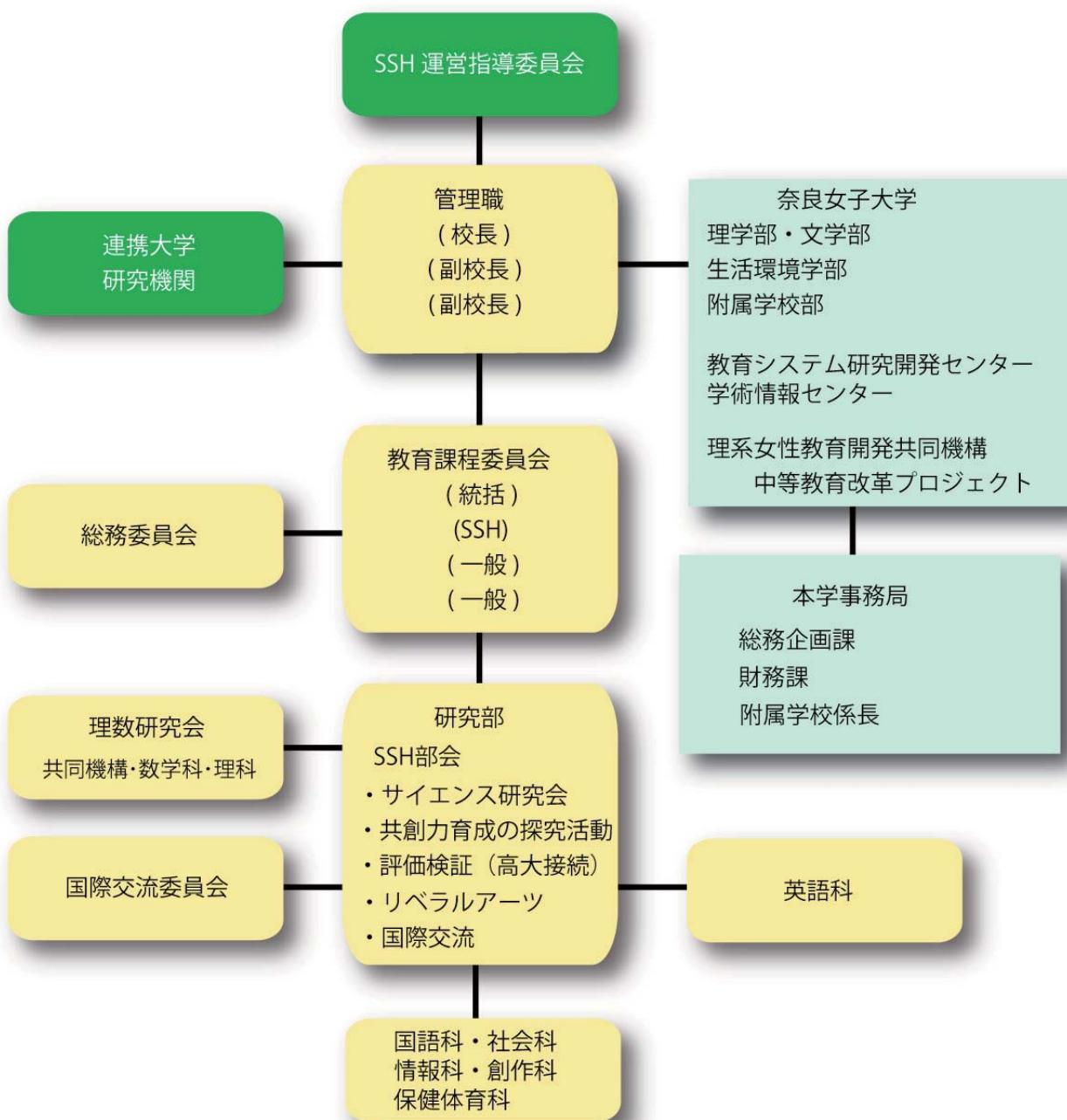
(2) SSH運営指導委員会

氏名	所属	職名
野間 春生	立命館大学	教授
石井 英真	京都大学	准教授
宮川 さとみ	大阪大学	特任講師
郷上 佳孝	佐藤薬品工業株式会社	研究員
長田 真範	奈良県教育委員会事務局	指導主事
西村 拓生（学内委員）	奈良女子大学	教授
山下 靖（学内委員）	奈良女子大学	教授
吉田 信也（学内委員）	奈良女子大学	教授
宮林 謙吉（学内委員）	奈良女子大学	教授
寺内 かえで（学内委員）	奈良女子大学	特任講師

(3) SSH研究部門と研究担当者

部門	所属	担当責任者
SSH研究主任	附属中等教育学校	長谷 圭城（創作科教諭）
①自然科学リテラシーの育成	附属中等教育学校	横 弥直浩（数学科教諭）
②リベラルアーツ教育	附属中等教育学校	佐藤 大典（数学科教諭）
③探究活動の一貫カリキュラム	附属中等教育学校	川口 慎二（数学科教諭）
④サイエンス・イシューズ	附属中等教育学校	櫻井 昭（理科教諭）
⑤サイエンス研究会に対する支援と指導	附属中等教育学校	藤野 智美（理科教諭）
⑥国際交流	附属中等教育学校	長谷 圭城（創作科教諭）
⑦高大接続	附属中等教育学校	長谷 圭城（創作科教諭）
⑧事業評価	附属中等教育学校	河合 士郎（数学科教諭）

(4) SSH研究組織図



## 第2章 研究開発の経緯

本校は2000年度に中等教育学校となったが、それ以前の1970年代から完全中高6年一貫教育を実践してきた。「自由・自主・自立」の校風のもと、生徒たちは6年間をのびのびと過ごしている。伝統ある学園祭では、中高一貫の特性を活かした6年間の縦のつながりを基軸として生徒が学園祭を自主的に運営し、3クラスの小規模性を生かした学年の横のつながりをもとに、教室展示・演劇・模擬店と活発な活動を展開している。しかし、個人は「個性的」である一方、他人と議論し協働して何かを積み上げていくような集団形成ができない生徒、ルールやマナーといった公共性に乏しい生徒も増えつつある。このような生徒に、どのようにして21世紀の担い手としてふさわしいシティズンシップを身につけさせ、またキャリア形成能力を育成するか、その指導法の研究が必要である。

一方、シティズンシップには自然科学的素養が不可欠である。この意味で、SSH指定（平成17～21年度）を受け「自己学習力と自然科学リテラシーを育成するカリキュラム」をテーマに掲げた本校の研究開発は、一定の成果を収めた。自然科学リテラシー育成を主眼に置いた指導方法・カリキュラムの研究は、様々な知識を組み合わせて問題を解決する力や粘り強く考える力など、応用的な問題や実際に直面する問題への対応力の向上において、成果を上げた。続く、第2期SSH指定（平成22～26年度）においては、研究成果を広く普及するとともに、外部からの評価を受けることを重視した。第1期の分析とその評価をふまえ、自然科学リテラシーを基盤としながら、自然科学・人文社会科学といった枠にとらわれずにそれぞれのものの見方や考え方を身につけることに重きを置く「21世紀における新しいリベラルアーツ教育」のカリキュラムの研究開発を行った。具体的には、理数の通常授業の中でリベラルアーツ涵養を目指した研究授業を行い、全教科の教員が取り組む学校設定科目「コロキウム」の3年間にわたる実践では、生徒自身が自然観や科学観を問い合わせながら大きな教育的意義を持った。またサイエンス研究会においては、「スーパーな生徒」を育てる取り組みを継続しながら、その裾野を広げる取り組みを実施した。

しかし、第1期、第2期のSSH研究では、生徒個人の技能・能力の育成や教養の涵養に重点が置かれたため、多様な他者との協働や「知の共有」という意味での弱さがあることが指摘された。この課題については、今後の科学技術研究において必要である多分野融合研究の分野を創造するうえで重要な点であり、第3期SSHの研究開発課題へと繋がった。

コアSSH、科学技術人材育成重点枠の指定を受け、国際交流事業が大きく進展したことも第2期の大きな特徴である。毎年、夏季に本校・奈良女子大学でサイエンスキャンプを実施し、海外生徒との自然科学を通じての学問交流・研究交流を通じて、「発見する力」、コミュニケーション能力、表現力の向上を図った。その際のワークショップにおいて、大学教員と本校教員がともに協同で教材開発を行ったことで、お互いの教育観が共有され、今後の研究活動での連携や高大接続を見通した入学選抜制度の研究など生かされることとなった。

続いて研究成果の発信や共有をめぐる課題としては、国内外を問わず他校や各種研究施設との双方向的な実践交流をどう実現するかが課題である。現在は、日本カリキュラム学会や日本数学教育学会等の各種学会、学習指導研究会（奈良県教育委員会主催）等の研究会での研究発表、本校公開研究会での授業研究・生徒のポスター発表、また理数教育や学問研究をめぐる講演やシンポジウムなどの発信方法が一般的である。しかしいずれも「一方向」ではないかという批判があり、多くの学校や研究施設などに有効に利用できる形であったかについては課題も残った。第3期SSHにおいては、研究成果を双方向的に共有していくことのできる、より有効な成果発信の方法を構想する。

## 第3章 研究内容、評価と課題

### 第1節 自然科学リテラシーの育成

#### ■研究仮説

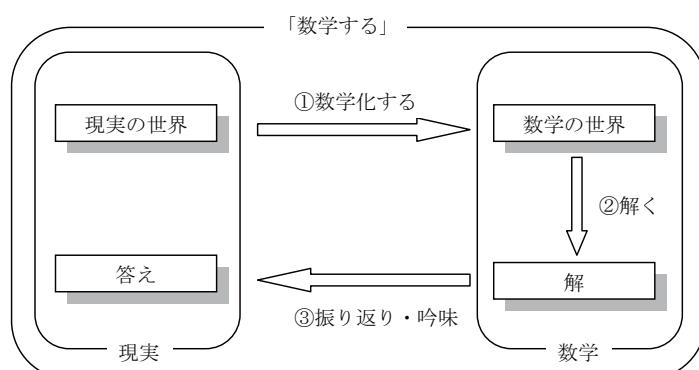
自然現象や現実社会を捉えるのに、科学がどのような手段を用い、その際に数学がいかに道具・言語として有用であったかを、中等教育の段階で体験・学習することが非常に大切である。数学・理科のそれぞれの教科における教材で、このようなことはある程度可能かもしれないが、数学と科学の一体性を感じながら、世界を解析する方法を学ぶには、そのための教材が必要であると考える。

本研究では、経済協力開発機構(OECD)の「生徒の学習到達度調査」(PISA)をもとに数学的リテラシーを捉えることにした。次が OECD の提唱する数学的リテラシーの定義である。

数学が世界で果たす役割を見つけ、理解し、現在及び将来の個人の生活、職業生活、友人や家族や親族との社会生活、建設的で関心を持った思慮深い市民としての生活において確実な数学的根拠にもとづき判断を行い、数学に携わる能力

本校での数学的リテラシーの捉え方は、この PISA の定義を基にしているが、授業を通して数学的リテラシー育成を考えるとき、もう少しこの定義を絞って扱うこととした。その定義が、「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」である。

ここでいう「数学的な活動」は、本校が以前から研究している「数学する」ということばでいい換えることができる。この「数学する」は、PISA が示す数学化サイクルと同様の考え方である。



また、本校における「科学的リテラシー」の定義は以下の通りである：自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意志決定するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力。

さらに本校では、テクノロジーの活用について、まずは手で計算・描画することで概念を把握し、その後テクノロジーを活用して探究を進めることが重要だと考えている。

この方針の下での最初の課題は、テクノロジー活用能力を如何に育成していくかであるが、本校では必要なときに必要な操作方法を学ぶ「現地調達方式」を基本とし、1つの教材を学習する中で、数学的・科学的な内容はもちろんのこと、テクノロジーの活用方法の一端も学ぶことができるような教材の開発を目指している。

#### ■実践

テーマ	海難救助の問題
日 時	2017年1月31日(火)
授業者	田中 綾恵(本校数学科短時間勤務教諭)

学 級	5年物理選択者 23名
目 標	身近に起こりうる海難救助問題をとりあげ、数学的にモデル化したうえで、最短時間となる経路がどこなのかを考える。

中学1年のときに、「牛を草原から川まで連れていって水を飲ませ、牛小屋に連れて帰る。このとき、牛は川のどこで水を飲ませればよいか?」という課題を幾何の授業で扱った。牛の移動距離を最小にする経路を求める問題である。5年(高校2年)では、海難救助の問題を取り上げた。海難救助の問題と比較するために「課題1」を取り上げた。

#### 課題1

A君が浜辺で日光浴をしていたところ、数メートル先(B地点)でボヤ騒ぎがあった。A君が海辺まで走り、持っていた袋に海水を入れて無事に火を消しに行くためには、どのルートを通ればよいか。

生徒に興味を持たせるように浜辺で水を汲んで、目的地に行くという最短距離(経路)を求める作図問題である。5年では、図形と方程式、ベクトル、微分積分を学習し、最小値を求めるにはいろいろな内容(問題解決の道具)を学習している。微分法の応用問題として、身近に起こりうる海難救助問題をとりあげ、数学的にモデル化したうえで、最短時間となる経路がどこなのかを考える。単なる数学的な操作としてではなく、現実の問題を解析する数学的な見方や考え方を実感できる内容である。

#### 課題2

浜辺で日光浴をしていたA君は、遠くで溺れている子ども(B君)が見えた。A君は、無我夢中で溺れているB君に向かって走り出し、無事に助けることができた。しかしあとで、どの地点で海に飛び込めば一番よかったのだろうかと、考えてみた。さて、その地点はどこだろう。

(1) 課題1と課題2は、よく似た問題に見えるが、どこが違うだろうか。

(2) 地点Pを求めなさい。

ただし、5年では微分の考えは使えるが、無理関数の微分の計算やグラフにすることはできない。そこで、関数ソフトを利用してグラフをかかせることにした。また、この時期に物理の授業では、光波の性質(光の屈折など)を学習する。数学で学習した数学的な見方や考え方方が、物理の現象にも有効であることに気づけたら、微分積分のよさも感じ取れると考える。

#### 【生徒の活動のようす】

- ・課題1では、初等幾何(中学1年)の問題としてほとんどの生徒が作図することができる。
- ・課題2では、問題を解決するには条件設定が必要で、どんな条件にするかをクラスで共通理解しながら、数学的モデル化をした。
- ・課題1では、速度を考えない最短距離の問題。課題2では、速度の条件が加わり最短時間の問題であることに多くの生徒は気づいた。
- ・課題2では、多くの生徒が距離と時間の関係を式にできた。そして、パソコン(関数ソフト)を用いてグラフをかき、最小値の意味を考えることができ微分のよさを感じ取った生徒もいた。

#### ■評価

この課題は、身近な事象から数学的モデル化をして、問題解決をする教材である。生徒の活動をみると、数学化サイクルを思考していく、リテラシー育成に適したものといえる。

事象を数学的に考察できると、理科の学習で光の屈折の理論が理解しやすくなり、理数融合を目指した授業にもつながる。本教材は、本年度のSSH成果発表会(2月17日(金)開催)で、研究授業・研究協議を行った。数学における理想化やモデル化と、理科における現象の扱いの差異について、参加者と議論を行うことができた。

## 第2節 リベラルアーツ教育

### ■研究仮説

Ⅱ期 SSH(平成22年度～平成26年度指定)では、自然科学の深い専門性を持ち、なおかつ幅広い視野で社会全体の問題を捉えられる生徒を育成するために、「リベラルアーツの涵養」を研究課題として研究開発を進めてきた。

この研究開発において、理科と数学科では、リベラルアーツの涵養に向けて、2つの異なる授業形態のもと研究する方針で議論を進めた。1つ目は学校設定科目「コロキウム」におけるリベラルアーツの涵養である。コロキウムに理科、数学科から科学観や数学観、生命観などをテーマとする講座を4講座開講し、講座の内容や展開、指導方法の研究を行うことを目的とした。2つ目は理科や数学の授業におけるリベラルアーツの涵養である。コロキウムのような特別な授業ではなく、教科書を用い、学習指導要領に則した内容を扱う授業において、リベラルアーツを涵養するに適した教材や指導法の研究を意図したものである。

また、Ⅱ期 SSHにおける研究開発における議論を経て、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た。

#### (1) 科学を学ぶを通して、学問の方法を身に付ける。→「合理的判断力」の育成

- ①既存の科学的知識、技能を組み合わせて、科学的思考や合理的判断をすることができる。
- ②自分の常識や知識を含めて、事象を科学的かつ批判的に捉え、追求することができる。
- ③直面する課題を検討し、その歴史的、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。
- ④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、解釈や理解を統合することができる。

#### (2) 科学を学ぶを通して、自己を客觀化できる。→「観」の形成

- ①自分がどのように課題を設け、そのようにアプローチしたかについて認識し、表現できる。
- ②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。
- ③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。
- ④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。

#### (3) 科学を学ぶを通して、自分を取り巻く世界に関わることができる。

#### →「地球的視野を持つ市民」の育成

- 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。
- 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。
- 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。
- ④科学の特質や限界を認識した上で、現実問題の解決に取り組むことができる。

これまでⅠ期 SSHで重視してきた自然科学リテラシーを育成する授業研究に加えて、上記の能力を育成する視点を取り入れた授業研究を行うことにより、リベラルアーツが涵養されると考える。ここでは、有名な賞金分配問題を通して、確率の概念が生まれていった経緯をたどり、確率における諸概念の発展をつかむことを目指した数学科の授業実践を報告する。

## ■実践

テーマ	「確率」という考え方
日 時	2017年2月14日(火)
授業者	川口 慎二(本校数学科教諭)
学 級	4年C組(40名)
目 標	有名な「賞金分配問題」を確率のさまざまな考え方を用いて、自分の意見を組み立て説明することができる。他者と意見や考え方を比較し、どのような分配方法が妥当であるかを検討、判断することができる。

次の問題は1494年にイタリアで刊行された書籍に載っている問題を、生徒の身近な状況に改題したものであり、「賞金分配問題」として知られている。

O氏とM氏の2人が、賞金のついたコイン投げの賭けをしていました。コイン投げは公平に行われ、表が出ればO氏の勝ちであり、裏が出ればM氏の勝ちとして、先に6回勝った方がこの賞金を全部受け取ります。賭けが進み、O氏が5勝、M氏が3勝したところで、この勝負を突如中止しなければならなくなりました。2人を納得させるには、どのように賞金を分配すればよいのでしょうか。

この課題について最初に個人で考察し、考えられる分配の方法を複数考えさせた。その後、グループにおいて、各自が最もよいと考える分配案を理由とともに紹介し、比較、検討する時間を設けた。その後、生徒はグループでの議論を踏まえて、自分ならどのような分配を行うかを記述させた。

## ■評価

以下に生徒による記述例を紹介する。生徒たちは確率を用いて、賞金分配の案を説明しようと試みていた。また、2人を説得させるという目的のため、丁寧な記述が目立った。

表裏で勝敗を対するため 双方の勝率は  $\frac{1}{2}$   
 A「Oから勝利」 $\frac{5}{8}$  (A「Mから勝利」 $\frac{3}{8}$ )

Oが5勝、Mが3勝の状態から Oが勝つのは  
 $X \times O, X \times O, O$  の  $3/8$  です  
 O…O…O…X…M…M…  
 Mが勝つのは  $X \times X$  の  $1/8$  です

Aとなる確率は  
 $p(A) = (\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}) + (\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}) + \frac{1}{2} = \frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} = \frac{7}{8}$

$\bar{A}$ となる確率は  
 $p(\bar{A}) = 1 - \frac{7}{8} = \frac{1}{8}$

Oが5勝、Mが3勝の状態から  
 Oが6勝する確率は  $\frac{1}{2}$ 、Mが6勝する確率は  $\frac{1}{2}$  なので  
 賞金は  $\frac{7}{8} : \frac{1}{8} = 7:1$  で分配すればよい

表 → Oの勝ち 6回勝ったら終わり  
 裏 → Mの勝ち

Oの勝率  $\frac{5}{8}$  Mの勝率  $\frac{3}{8}$

勝率  $\frac{5}{8}$  のOがあと3回のどれかで1回勝つ確率は、  
 (i) 1回目で勝つ  $\frac{5}{8}$   
 (ii) 2回目で勝つ  $\frac{3}{8} \times \frac{5}{8} = \frac{15}{64}$   
 (iii) 3回目で勝つ  $\frac{3}{8} \times \frac{3}{8} \times \frac{5}{8} = \frac{45}{64}$   
 (i)と(ii)と(iii)も足して、 $\frac{30}{64} + \frac{15}{64} + \frac{45}{64} = \frac{485}{64}$

勝率  $\frac{3}{8}$  のMが次に連続で3勝する確率は、  
 $(\frac{3}{8})^3 = \frac{27}{64}$

2人の勝つ確率から考えて、  
 $\frac{485}{64} : \frac{27}{64} = 485:27$

賞金は  $485:27$  で分けると良いと考える

この問題は多様な発想が可能な問題であり、多くの数学者の間でも考え方が分かれてきた。その議論の中から、確率の考え方や期待値の考え方が生まれてきた。生徒たちの記述を読むと、確率という既存の知識を応用して、どれが最も妥当な分配であるかを合理的に判断しようとする姿勢と、他者と話し合い、考えを比較させながら理解を深めていく様子が見られ、歴史的に有名な問題を扱うことの意義を見出すことができた。

### 第3節 探究活動の一貫カリキュラム

#### 3-3-1 課題研究

##### ■仮説

「課題研究」は、科学に関する課題を設定し、観察、実験などを通じて研究を行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに、創造性の基礎を培うものとされている。

本校における「課題研究」の指導は、総合的な学習(1~4年)、情報を「課題研究の方法習得」として位置づける。さらに、こうして習得した方法と各教科(理科、数学科など)で学んだ学問的内容を応用し、学校設定科目「コロキウム」(5年)、SS課題研究(6年理系)においては、自らの関心にそった課題研究を、社会的な意味も考察しつつ深めていくことをめざしている。

今期のSSH研究では、有機的に組み合わされた6年一貫の探究活動のカリキュラム(「課題研究の一貫カリキュラム」)を作成することが、研究目標である。また、この一貫カリキュラムにおいて、異分野・異教科間や大学との積極的な連携を行うことにより、「共創力」を備えた新しい価値観を生み出すイノベーターの創出が可能になると仮説を立てた。

【資料1 本校の「課題研究」に関連する領域(2016実績)】※SS課題研究は、2017年度より実施

学年	対象領域	名称	単位数	担当者
1年	世界遺産・古都奈良の文化財(自然環境・歴史)	寧楽I	2単位 (分散型)	クラス担任中心(+社会科1名)/数学科
2年		寧楽II	2単位 (分散型)	クラス担任中心(+社会科1名)/国語科
3年	ESD(持続可能な開発のための教育)	世界I	2単位 (時間割内)	社会科1・創作科1 保健体育科1・理科1
4年		世界II	2単位 (時間割内)	社会科1・英語科1(人文教養領域) 理科1・数学科1(自然科学領域)
3年	データの処理や課題研究の方法習得	情報の科学	1単位 (時間割内)	情報科担当教員
4年		情報の科学	1単位 (時間割内)	情報科担当教員
5年	リベラルアーツ(21世紀型の教養)	コロキウム	2単位 (時間割内)	全教科(希望教員)
6年	自然科学研究	SS課題研究	1単位 (時間割内)	理科・数学科教員

##### ■実践

実施1年目(昨年度)は、以前より実践してきた学校設定科目「コロキウム」の実践を、教科および総合的な学習と比較・分析した。その結果、一人ひとりの生徒が学び取ったことをじっくりと形象化し、意味付けること、そのような学習活動や学習指導を重点化することが、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに、創造性の基礎を培うものとなると結論づけた。

実施2年目(今年度)は、1,2年における「課題研究 宁楽I・II」の本格的な実施と、3,4年における「課題研究 世界I・II」の試行的実践を行なった。また、29年度から実施予定の、理系生徒を対象とした学校設定科目「SS課題研究」の形態・内容について、議論を進めた。以下に、各項目の位置づけと概要を説明する。

## (1) 「課題研究 寧楽Ⅰ・Ⅱ」(1, 2年)

「課題研究 寧楽Ⅰ・Ⅱ」は、「地域(世界遺産 古都奈良の文化財)」を素材として自然科学に関する集団的な協働型学習を組み込み実施するものである。「地域」へのフィールド探査を通じて、各自が抱いた疑問を、中学生なりの感性を大切にしつつ「情報処理・表現スキル」を駆使することで解決していく学習を特徴としている。「情報処理・表現スキル」とは、プレゼンテーションの方法から始まり、統計に関する基礎知識の活用法、プログラミングの基礎的手法、などを含んでいる。

### 【寧楽Ⅰの概要】

I期 (4~9月)	<情報収集と分析、表現スキルの習得> ・コンピュータの使い方 情報の収集や検索 レポート作成・発表	・コンピュータの基礎的な操作 ・必要な情報の収集と分析 ・ワープロソフトを用いて、レポートを作成する方法を学ぶ
短期集中期間 (9月の1週間)	<社会的・自然的課題への協働探究活動> ・世界遺産としての奈良の文化的意義について、歴史・文化・自然の各側面から、各自、各グループが設定した小テーマについて調べ、表現する ・さまざまな角度から、テーマをとらえる ・観察・調査の結果をまとめ、発表する	・I期で学んだ、表の整理やグラフの作成、情報の収集や検索などのスキルを、発表のなかで生かしてみる ・コミュニケーション能力・表現力・総合的にまとめる能力、自己評価能力育成
II期 (10~3月)	<「情報」に関する批判的・発展的考察> ・資料の散らばりと代表値 ヒストグラムと代表値 さまざまなグラフとその特徴 ・コンピュータの活用	・目的に応じて資料を収集し、その資料の傾向を読み取ることができる ・表計算ソフトを用いて、データを整理・加工する方法を学ぶ ・データに応じて適切なグラフを選択し、活用することができる

## (2) 「課題研究 世界Ⅰ・Ⅱ」(3, 4年)

「課題研究 世界Ⅰ」(3年週2単位)では、ESDをテーマとした協働的探究学習を実施した。持続不可能な社会の課題を知り、その原因と向き合い、それらの解決方法を考える学習や、豊かな自然とのちのつながりを感じ、地域に根ざした伝統文化や人びとと触れながら、人と自然、人と人との共存や多様な生き方を学ぶといった学習を実施した。

また同時に、課題に対する、仮説の立て方や実験・観察の計画、先行研究の調査、データの処理、考察の組み立て方などを、2年間かけて、「課題研究」の方法を重視して学ぶ場として位置づけ、実践することをめざした(詳しくは、次ページ以降を参照)。

### ■検証・評価

特に今年度は、以下の2点が成果として認められる。

(1) 寧楽Ⅰにおいて、自然科学領域を対象とした課題研究が増加したこと。昨年度までは、古都奈良の文化財を対象とした研究テーマは、歴史的内容(寺社・仏像など)が多くたが、自然環境と生態系の関係に注目した研究(鹿の活動範囲と奈良周辺の環境要因など)が増加した。中学生段階からの興味・関心の高まりや数値分析方法の習熟が読み取れる。

(2) 世界Ⅱにおいて、大学での学問研究の基礎的手法を学ばせることを目的とした「課題研究」が、特定の生徒のみでなく、全員対象で実践できた。6年での本格的な自然科学研究をめざす「SS課題研究」を実施する際の基盤づくりが進んだ。次年度以降、その関連性について考察したい。

### 3-3-2 課題研究 世界Ⅱ

#### ■概要

「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基礎の授業であり、4人の教員が自然科学的アプローチと人文社会学的アプローチに分かれて実施している。ここでは、自然科学アプローチについて報告する。

- (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着けさせる
- (2) 内容 自然科学分野での身近な疑問を、科学的調査法を用いながら探究し、発表する。
- (3) 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回、2時間連続授業)
- (4) 形態 グループ(2~3人)での探究活動が中心
- (5) 指導方法 学年(約120人)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、約60人の生徒を20程度の活動班に分け、教員2名で各班を指導する。
- (6) 評価方法 ポートフォリオ評価、ポスターセッションでの相互評価、論文評価

#### ■今年度の実践

2016年度の実施内容一覧は、以下のとおりである。

I期(グループ1)		II期(グループ2)	
月日	内容	月日	内容
4/27	オリエンテーション	11/16	オリエンテーション(テーマ設定)
5/11	探究活動入門(植物調査と統計処理)	11/30	探究活動I(文献調査・計画立案)
5/18	探究活動入門II	12/14	探究活動II(実験観察)
5/25	探究活動入門III(ポスター準備)	1/11	探究活動III(実験観察・データ分析)
6/8	探究活動入門IV(ポスター発表)	1/25	探究活動IV(実験観察・データ分析)
6/15	オリエンテーション2(テーマ設定)	2/1	探究活動V(データ分析・考察)
6/22	探究活動I(文献調査・計画立案)	2/8	探究活動VI(データ分析・考察)
6/29	探究活動II(実験観察)	2/15	探究活動VII(ポスター準備)
7/6	探究活動III(実験観察・データ分析)	2/22	合同発表会(ポスターセッション)
9/14	探究活動IV(データ分析・考察)		
9/21	探究活動V(ポスター準備)		
9/28	合同発表会(ポスターセッション)		

生徒に探究活動をさせるにあたり、I期では科学的調査法を学ぶための導入授業として、前半に探究活動に必要なスキルを身につけるための「探究活動入門」を設けた。この取り組みの具体的な内容としては、教員から調査する題材を提示し、仮説を生徒に自由に立てさせ、探究活動を体験させるものにした。I期後半は、生徒たち自身に調べる題材を選ばせる、つまり課題を設定することから行わせた。生徒から日ごろ疑問に思っている題材を募り、その中から担当教員が指導可能なものであり、かつ校内で調査・実験が可能であるものを選定し、再び生徒に題材を提示した。そして、提示された課題ごとに生徒が集まり、題材についてどのような切り口で調査していくかなど、具体的な探究計画を立案させ、同じ題材に興味をもった生徒から構成される探究活動班を形成させた。その後、活動班ごとに詳細な研究計画を立案させ、実験計画や仮説に対する実験方法の妥当性を再考させるなどの指導を行い、実験・観察活動へと進めていった。活動中は、事前にその日の活動計画を指導教員に提出させた。活動後には、活動内容と得られた情報などを記録した用紙を指導教員に提出させた。これらの

報告をもとに、複数班の活動内容を教員が把握し、指導を行うように心がけた。また、この用紙を提出させることによって、生徒に活動内容の振り返りをさせた。一連の探究活動の発表は、人文社会学系との合同発表会でポスターセッションを行った。発表会では、発表時間を10分(質疑応答を含む)とし、必ず5種類の発表を聴衆者は聞くこととした。そして、3つの観点(研究の組み立てについて、発表内容について、発表技術について)を設定し、それぞれの観点について3段階評価を行う形の生徒による相互評価を採用した。その後、評価用紙は発表班へ戻し、自己評価の一つに利用できるようにした。I期末には、研究についてのまとめを個人で論文として提出させるとともに、研究過程を記録したすべての用紙もファイルに綴じて提出させ、教員が行うポートフォリオ評価の1つの資料として利用した。II期は、I期に人文社会学的アプローチで探究活動に取り組んできた生徒が自然科学的アプローチによる探究活動に取り組んだ。生徒は、I期で探究活動の基本的スキルをすでに身につけていると考え、テーマ設定からスタートし、I期同様自分のやりたい研究テーマをもった者同士が集まり活動班を形成させた。そして、I期よりも探究活動の時間を多く設け、より科学的に検証するように指導した。以下は、I期、II期で生徒たちが取り組んだ探究活動のテーマ一覧である。

I期		II期	
班	テーマ	班	テーマ
A	動物は人間の表情を理解しているのか？！	A	ボールをより変化させるために
B	ロケットを飛ばしてみました。	B	糸電話
C	紙飛行機と揚力	C	美味しいダシの作り方
D	音を波形から考える。	D	シカの行動範囲とその要因
E	巨大紙飛行機の作製	E	ダイエットに効果的な色とは？
F	ペットボトルロケット	F	自分の力を發揮するために！～最適な睡眠時間～
G	食べものに含まれる砂糖量と菌の関係	G	美文字って何？
H	最短距離の問題	H	カラ・パーマ・熱が与える髪へのダメージ
I	なぜ鹿寄せでシカが寄ってくるのか	I	香りが人体に与える影響
J	レアなショウジョウバエをつくろう	J	新たなベースロード電源の検討
K	紙飛行機の重さと軌道	K	ハシのハシ～Bridge of Chopsticks～
L	ダンゴムシの交代性転向反応について	L	あなたの手は本当にキレイですか！？
M	スクリュー型は勝者なのか	M	視覚と味覚の関係
N	手洗いの真実	N	糸電話の材質
O	時間と場所における菌の量	O	味覚からの食べ合わせについて
P	人間の表情	P	ショウジョウバエの交配による特殊な個体の作成REVENGE
Q	人と犬のコミュニケーション	Q	日本と海外の“笑い”的ちがい～PPAPの何がおもしろい？～
R	購買の行列を解消するには	R	きれいなうずまきを作りたい！
S	紙飛行機の折り方と飛び方の関係	S	動物は言葉を理解しているのか？
T	ネズミの知能	T	香りによるリラックス効果に男女差はあるのか
		U	嘘は見破れるか

## ■検証・評価

今年度の探究世界Ⅱは、自然科学的アプローチと人文社会学的アプローチに学年を分けて、I期とII期で生徒を入れ替え、探究活動を行わせた初年度であった。生徒たちの意欲を高めるため、個人研究で実施しようとしたが、指導する教員が2名であり、班活動とせざるを得なかった。しかし、活動班の構成人数を3人以下と決めて取り組ませたこと、そして活動班の記録を個人でとらせ、毎時間提出させたことで、一人ひとりの意欲を高く保つことができたと思われる。また、合同発表会という形式をとり、生徒同士の相互評価を実施したため、II期ではI期の発表を見て、テーマを継続する活動班も見られた。また、II期での合同発表会の内容は、I期で一度経験したことが反映され、グラフや表など結果を分かりやすくまとめる班が多く、スキルの上達が見られた。半年の探究活動であり、結果を十分に出せず、仮説の検証まで至らない班も散見されたが、この活動は自然科学的調査法を体験して学ぶことを目的としているため、調査法での反省点を多く見つけ出せていることに意義があると考えている。

### 3-3-3 コロキウム

#### ■概要

学校設定科目「コロキウム」は、5年の全生徒対象の必履修科目であり、文理の枠組みを超えて、少人数の対話型の形式をとることで、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(discipline)を学ぶことをめざしている。以下に、教育課程上の特色を記す。

- (1) 設置理由 構想している内容に合致した教科・科目が既存の教科・科目に存在しないため。
- (2) 目標 文理の枠に捉われない、専門性に裏付けられた深みや広がりのある様々なテーマについて、討論型授業展開による少人数講座(ゼミ形式)を開設することにより、リベラルアーツを育成する。
- (3) 内容 少人数の必履修科目として、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など「科学」に対する知見を深める。
- (4) 履修学年・単位数 5年の必履修科目で、2単位を設定する。(週1回、2時間連続授業)
- (5) 形態 文理融合で8講座(1講座受講人数=平均15名)を開講し、生徒の選択を考慮して編成する。
- (6) 指導方法 本校教員が中心となり、適宜、大学教員・大学院生・研究者の協力を得る。
- (7) 評価方法 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」を重視する。

#### ■今年度の実践

2016年度の開講講座は、以下のとおりである。

番号	講座名	担当教員の専門科目	受講人数
1	「声」を辿る	保健体育科	13
2	日本とアメリカ：比較モダン	外部講師	18
3	女子大附属探訪－「自由」の源泉を探しに－	国語科	19
4	物理のとびら－科学史から未来を読む－	理科	12
5	世の中は数学でできている	数学科	17
6	「観光」から考える奈良の地域社会	地理歴史科	12
7	つながる科学	理科	18
8	デザインプロセス・コミュニケーション	技術科	18

色がついているものが自然科学系の講座であり、その具体的な実践内容について、以下記述する。

#### 講座4 「物理のとびら－科学史から未来を読む－」(理科 米田隆恒)

##### [ねらい]

講座の目標 ①専門性の追求と専門性からの自由 ②科学史から未来を読む ③研究を体験

①自ら見いだした課題を追求し、課題の持つ深さを知る。同時に、その課題が過去や未来、また、世界とどう関わるかを並行して考え続ける。②そのモデルケースとして過去の研究者に学ぶ。③後半は、自分自身が研究を行うことによって、研究のプロセスを知る。

##### [実践内容]

###### (1) 対話を通して課題を見いだす

他や自己との対話、自然や社会、歴史との対話を通し、「深く知りたい」と思うことによって課題はわき起こる。4人チームで4つのテーマをそれぞれ担当し、ラウンドテーブルで議論する。(i)歴史から未来を読む：熊本地震に際して、阪神・淡路大震災、東日本大震災の教訓は生かされたか。(ii) 16

世紀における自然科学の芽生え：16世紀の西欧で、大学ではなく市民の中で起こった近代科学の芽生えを調べる。それを自分の日常と重ねる。(iii)知っている知識の周辺を深める：2次方程式の解について、「知っている」という思考停止状態から抜けだす。(iv)物理のちょっと面白い問題に挑戦。

#### (2) 電源アダプタの分解と物理実験

ブラックボックスを解明する。電源アダプタをダイヤモンドカッターで分解し、構成部品(コイルやコンデンサー、ダイオード)の特性をそれぞれ実験し、知った上で、電源アダプタを再構成する。

#### (3) 研究の進め方や道具としてのコンピュータを学ぶ

武谷三男の三段階論を学び、自分が研究を進める際の自分の位置を認識できるようにする。研究を進める際の道具として、10進BASICおよびExcelとExcelマクロによるシミュレーション技法を学ぶ。簡単な数学では解けない課題に直面したとき、差分方程式の手法で解決を目指せるようにする。

#### (4) 個人研究(後半)

前半で体験したことを踏まえ、自然科学に関わるテーマを自ら見いだし、研究を進める。毎回、研究ノートを作成し、研究の足跡を残す。テーマ：心理学、生物学、物理学について進められている。

#### (5) 発表・評価

研究レポートを作成し、それに基づいて講座内で研究発表し、相互評価する。

### 講座5 「世の中は数学でできている」(数学科 佐藤大典)

#### [ねらい]

「数学」といえば、「難しい」「嫌い」「大学入試に必要だから仕方なく勉強している」など、ネガティブな印象を持つ生徒が多い。実は身近なところに「数学」が存在しているが、彼らはそれを知らない。この講座を通して「数学」を身近に感じ、「数学」の面白さや必要性を感じとることを目指す。

#### [実践内容]

#### (1) フェルミ推定

「日本にはピアノの調律师は何人いるか?」「日本国内にはパソコンが何台あるか?」など、見当もつかないような量を、いくつかの手掛かりをもとに論理的に推論し、短時間で概算する手法を学ぶ。

#### (2) クーポンコレクター問題

近年、スマホ向けソーシャルゲームにおいて、「コンプガチャ」が問題となっている。何種類かのアイテムを全種類揃えるには、一体いくらほど投資をすればよいのか。Excelを用いてシミュレーションする。そして、グループでさらなる課題を設定し、問題解決を図る。

#### (3) アソシエーション分析

コンビニやスーパーマーケットの商品の配置について考え、商品の販売機会が増えるような陳列にするにはどうすればよいか、さまざまな分析手法を用いて考える。

#### (4) バス・モデル

携帯ゲーム機の売り上げデータを分析し、バス・モデルを用いて売上予測を行う。

#### (5) 個人研究

研究レポートを作成し、それに基づいて講座内で研究発表し、相互評価する。

### 講座7 「つながる科学」(理科 藤野智美)

#### [ねらい]

通常の授業で学習する物理や化学の知識は、人間の生活を豊かにする様々な技術を生み出している。しかし、科目の特徴から、これらの知識の応用例としてイメージされるものは「工学」の特徴が強く、特定の人の専門分野である印象を残しやすい。一方、音楽や映像、美しい建造物など、私たちの日常を

彩る様々な文化にも、物理や化学の知識が多いに活用されている。

この講座では、科学の固定的なイメージから飛び出し、普段意識する機会が少ない「文化と科学のつながり」について、科学的な分析を交えながら探究することを目指す。

#### [実践内容]

##### (1) 映画の撮影方法を考える

- ・映画アポロ 13 の撮影方法の考察
- ・無重量状態を作り出す実験の立案とその検証

##### (2) 日常生活と運動方程式の関連性を考える

- ・遠心力と運動方程式の学習
- ・日常への遠心力の応用の考察

##### (3) 遠くまで飛ぶ物体を作る

- ・物体の飛行に関わる科学的な知識の習得
- ・飛行物体の制作活動とその検証

##### (4) 安全な暮らしを支える技術を考える

- ・トラス構造の理解と、学校内外の建造物への応用例の探究
- ・博物館の展示ケースなどの制震装置の学習
- ・地震の揺れに耐える建造物を支える科学的な要素の探究

##### (5) デジタルアートを作る

- ・プログラミングによるデジタルアートの作成

##### (6) 個人研究

- ・各自でテーマを設定し、個人研究を実施

#### 講座8 「デザインプロセス・コミュニケーション」(技術科 吉川裕之)

#### [ねらい]

この講座では、デザインプロセス（工学設計）の手法を用いながら、プロジェクト内でのコミュニケーションの進め方や、人生の中の「創る」ことの意味について考える機会になればと考えている。

知識的な学力・技能・技術を活かすためには、豊かな問題意識、想像力、チーム活動能力、他者の考えを理解し、取り込み、自分の主張を持ち、発信できるコミュニケーション能力、社会性といった包括的に「豊かな」力が必要である。これまで作り手側だけで担われていたデザインプロセスは、社会的に開かれたコミュニケーションプロセスへと変化しつつある。デザインプロセスという課程を体験することによって得られる力は、今後の科学技術社会に生きる者のための新しい科学技術リテラシーとして重要な要素を包括する。

#### [実践内容]

チームを編成し、課題を設定し競技形式で課題解決を目指す。チームは課題ごとに編成を変え、前のチームでの成果・情報を共有し合いながら進めていく。

##### (1) 機構の理解と創造

〈課題例〉 3Dプリンターを用い、パーツを製作し、与えられた運動を行う機構を製作せよ

##### (2) パラメータの設定と創造

〈課題例〉 動力を使わないで、速く4足歩行する模型を設計せよ

#### ■評価

今年度は、昨年度までの研究を踏襲し、実践・研究を行った。来年度からは「探究世界Ⅱ」で探究活動を学んだ生徒が受講することになる。さらには、来年度から実施される「SS課題研究」では、今年度のコロキウムで行った研究をさらに深化させようとする生徒もいる。このように、コロキウムが本校における「課題研究」の中核となっていく。来年度はさらなる検証が必要であろう。

## 第4節 研究ノートの作成

今年度は、サイエンス研究会の生徒用研究ノートを作成した。その内容は以下に示すとおりである。特に重点化したのは、「テーマの見つけ方」である。

### ■作成の意図

サイエンス研究会の生徒たちは1年生から期待をもって多数入会するが、テーマが決まっていなかったり、テーマが学校の設備を使って実験できないようなものが多い。顧問団としては1,2年の間はいろいろな班を回って自分のテーマ探しをするように指導している。また、興味のある班が見つかったら、見習いのつもりで先輩のしていることを見て、研究の進め方を学びなさいとアドバイスしている。しかし、年度によっては、高学年ばかりで、高度な実験をしており、1,2年生の相手をしてもらうことが難しい場合もある。また、3年生でクラブ活動を引退し、サイエンスの活動にじっくり取り組もうとする生徒たちもいる。そのような生徒たちが自分でテーマを設定して、具体的な実験方法を自分で考えるようにという意図で研究ノートを作成した。

### ■研究ノートの内容

以下の項目を掲載している。

1. 研究テーマの探し方
2. 研究の進め方
3. 研究成果の発表
4. 研究成果の評価
5. 実験レポートの書き方（概論と各論）
6. 化学実験を安全に行うために（詳細編）
7. 化学実験を安全に行う際のポイント
8. 有効数字について
9. 生物の飼育法
10. 報告書の書式例

本文の1、2は、テーマの探し方と研究の進め方を低学年向けにまとめている。

5～8は「資料」として掲載しており、新たな内容がまとまり次第、「資料」を随時増やしていく予定である。今回は特に安全を第一に考え、化学実験を中心に資料をまとめている。

なお、対象は、1年生（中学1年生）～4年生（高校1年生）までのサイエンス研究会の生徒としているが、実験レポートの書き方などは5, 6年生でも十分に参考になる資料となっている。

### ■研究ノートの試行

サイエンス研究会に登録している全生徒に持たせる予定である。その際、市販されている研究ノートも同時に持たせて、実験・観察および実習の記録は市販されているノートにさせる使用法を考えている。

## ■資料

研究ノート抜粋

秘伝 探究活動の進め方 ー研究ノートの上手な活用法ー

### ◆序文 ー研究ノートの利用のすすめー

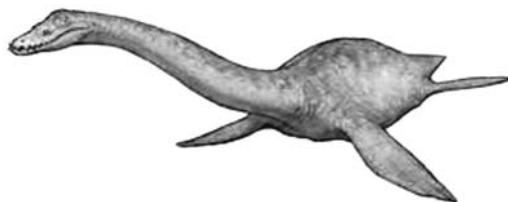
皆さんが生活をしていて、これは面白い、すごい、不思議だ、なぜ・どうしてと思うことは時々あると思います。その驚きや感動をメモすることから研究は始まると思います。そのちょっとしたことをメモしていくことが研究テーマの設定に重要となってきます。

研究を行う第一歩は、驚きや感動、疑問点をメモすることから始まります。この研究ノートをいつも目につきやすい所において、何かあればメモする習慣をつけて、研究の第一歩を踏み出しましょう。



### ◆高校生の発見 ーフタバスズキリュウー

フタバスズキリュウは 1968 年（昭和 43 年）に福島県いわき市大久町入間沢の大久川河岸に露出していた双葉層群玉山層入間沢部層（いりまざわぶそう）の *Inoceramus amakusensis* 帯から、当時高校生だった鈴木直（すずき ただし）によって背骨の一部が発見された。この化石の発見により、日本本土で中生代の大型爬虫類の化石が発見されることはないとされていた当時の定説が覆される結果となった。他のエラスモサウルス科の種に比べ、目と鼻の間がより離れていることや、脛骨が長いこと、鎖骨と間鎖骨の接合部分の形状などがフタバスズキリュウの識別点（他の種や属などと区別される特徴）であるとされる。中生代白亜紀の浅い海に生息していたクビナガリュウの一種である。



フタバスズキリュウ  
(恐竜のデジタル図鑑より引用)

### ◆研究テーマの探し方

普段の生活や学習の中での驚きや感動、疑問をメモすることが研究の第一歩であることは序文で述べました。ではそこからテーマをどのように設定していくのかを考えてみましょう。

メモした感動や疑問は、普通は学年が進むにつれてより深く理解できたり、疑問が解明されたりしていくものです。しかし、中にはますます疑問点が膨らんでいくものや、解明できたけれども、疑問点が残るときもあります。そんな気になることをテーマに選んで調べてみてはどうでしょうか。

一方、科学読み物を読んだり、道具を使ったりしたときにも、研究テーマのヒントがあることがあります。この道具の仕組みはどうなっているのだろうか、こんなことが分かっているなら別のことはどうなっているだろうかなどという具合です。

## ◆研究の進め方

### 1. テーマの設定

まず、何を調べるのか、疑問点は何かを整理し、実験の目的を明確にします。そのためには、テーマに関する文献を読んだり、聞き取り調査を行ったりします。場合によっては、予備実験・予備調査を行うことが必要な場合もあります。方向性が定まつたら、顧問の先生と相談してテーマを確定させましょう。



### 2. 仮説の設定

事前調査や予備実験などにもとづいて仮説を設定します。仮説とは、問題に対する解決の予測や見通しのことです。いわゆる予想ですが、根拠をしっかりと示さなければなりません。

### 3. 観察・実験の計画と実施

実験計画で大切なことは、何よりも「安全」を優先することです。安全な方法での実施を心がけましょう。野外で実施する場合も同様です。

実験計画の具体的な手立てとして、実験材料、薬品、器具、方法、データのとり方などについて詳細な計画をたてます。

#### (1) 実験材料

身の回りの日用品の中から見つけるのがベストですが、特別な部品は顧問の先生と相談して購入します。その際にも、できるだけ安価でいつも簡単に手に入るものにしましょう。

生物の材料は、自然に生育しているものがよいですが、念のために保護すべきものでないかを確認しておきましょう。自然に生育している適当なものがない場合は、スーパー等で購入することになります。その際、安価で大量に手に入るもので、かつ、季節に関係なく手に入るものを選ぶようにしましょう。

また、生物を飼育して実験の生データをとることも多いと思います。飼育する際に最も気をつけることは、家族の一員のように大切に育てることです。必ず1日に1回は生き物の調子を確認し、飼育表に気づいたことなどを記録しておきましょう。異変に気づいたら先輩や先生に相談して、適切な対処を行いましょう。



#### (2) 器具や薬品

文献で調べたものが用意できないこともあります。他の物で代用できないのか工夫することも大切なことです。無理な場合は、顧問の先生と相談し、必要ならば顧問の先生に購入をしてもらいましょう。

#### (3) 実験の方法とデータのとり方

生物の実験では、比較の基準となる対照実験を必ず行います。

また、数量的なデータを求めて測定を行うと誤差が生じることがあります。同じ条件のもとで測定を繰り返し、多くの測定値から平均値を求めることが重要です。

#### 4. 結果

観察・実験の結果は、詳しく正確に記録し、表やグラフに整理します。生物ではスケッチで記録することが大切ですが、写真なども活用するとよいでしょう。結果には、日時・天候・温度などのほか、途中で気づいたことや疑問に思ったことなどもその都度記録しておきます。これらの内容はすべて研究ノートに記録しておくと、後で何かと役にたちます。



#### 5. 考察

データから自然の法則や概念を導き出す作業であり、先入観を入れずに詳細に考察する必要があります。仮説が正しかったかの判断も必要となってきます。もし、仮説と一致しなかった場合は、仮説が誤りと即断せず、実験方法などを再検討し、場合によっては再実験をしてデータの信頼性を得てから、正誤の判断をするようにしましょう。



#### 6. 今後の課題

考察の過程で、新たな疑問や解決しなければならない問題が生じたり、実験過程で問題が生じたりしたら、今後の課題として、明記しておきましょう。詳細に明記しておくと、次の新たなテーマの一つになり得ます。

##### ◆研究成果の発表

研究成果は論文にまとめます。本校の書式がありますからそれに従ってまとめることがあります。論文にまとめることは、研究の成果と課題を明確にするために大変重要な作業であると思います。優れた論文は、各種大会に応募します。

また、発表のためにポスターやパワーポイントにまとめることもあります。文字の大きさや図・写真の配置などを工夫するとより分かりやすくなります。



##### ◆研究成果の評価

ポスター発表などを行うと、生徒や先生および一般の方から各種のコメントをいただくことになります。誉められたこともメモしておきますが、指摘された改善点は納得がいくまで聞いて丁寧にメモしておきましょう。

##### ◆実験レポート（報告書）の書き方

実験レポート（報告書）は次のようなタイトルで、A4版の用紙にまとめるとよいでしょう。

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| ① 研究テーマ        | ⑤ 結果            |
| ② 研究目的         | ⑥ 考察            |
| ③ 仮説の設定        | ⑦ まとめ（感想と今後の課題） |
| ④ 実験方法（準備物を含む） | ⑧ 参考文献          |

## 第5節 サイエンス・イシューズ

### 3-5-1 授業実践

#### ■研究の経緯

Ⅲ期 SSH では、教科横断型の課題設定のもと、連携して行う授業「サイエンス・イシューズ」を1つの大きなテーマとして研究開発を行っている。奈良女子大学理系女性教育開発共同機構とともに理数研究会(3-5-2 節参照)を立ち上げ、理数融合授業の開発を行ってきた。また、新学習指導要領にて設定される「理数探究」に向け、理科と数学の融合授業の開発に取り組んできた。その成果として、昨年度は、生物と数学の融合授業「数理生物学—個体の増殖を数学的に解き明かす授業ー」を公開した。

今年度は物理と数学の融合として、「光は進むべきルートがわかるのか?~数学化を通した科学概念の本質的理解を目指して~」と題した公開授業を行った。本節では、この公開授業について報告する。

#### ■仮説

今回は「光の屈折」を切り口として、数学化による物理現象の解明を試みる。屈折経路は、光が進むときにかかる時間が最短となる「光の最小作用の原理(フェルマーの原理)」に従う。屈折という現象を時間的な尺度で捉えるためには、現象を幾何学的にモデル化し、微分によって極値を求めるという数学的な解釈が必要となる。

そこで今回の授業では、数学と物理の授業の中で、切り口を変えて極値問題を扱い、「数学で学んだ知識が物理現象の解析に適用できるのではないか?」という気づきを与える。先行する数学の授業内では、「海難救助問題」を通して、進行速度が異なる媒質中での移動時間の極小値を考えている。その後、物理の授業の中で、「光の屈折経路が持つ意味」について考える。光の屈折が媒質中を進む光の速度の違いによって起こることをふまえて、数学の授業で思考した海難救助問題との類似性を発見できるかが鍵となる。

この2つの授業を通して、すでに生徒が学習している「幾何学的なモデル化」や「微分」という数学的なアプローチを、物理現象の解析に適用しようとする姿勢や態度が涵養され、実際に数学的手法を用いて現象を解析する能力が強化されると考える。

#### ■授業実践

##### 【授業 1】

日 時	平成 29 年 2 月 8 日(水)
場 所	本校 PC2 教室
ク ラ ス	5 年物理選択者 23 名(男子 15 名、女子 8 名)
授業者	田中 綾恵(本校數学科短時間勤務教諭)

##### 本時の指導目標(評価の観点)

- ・海難救助問題を、数学的に関数で表すことができないか考えることができる。(数学的な考え方)
- ・最短距離と最短時間の違いを理解することができる。(知識・理解)
- ・実際に最短距離や最短時間を求めることができる。(技能)

## 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
展開 1 (10 分)	<p><u>課題</u></p> <p>浜辺で日光浴をしていた A 君は、遠くで溺れている子ども（B 君）が見えた。A 君は、無我夢中で溺れている B 君に向かって走り出し、無事に助けることができた。しかしあとで、どの地点で海に飛び込めば一番よかったのだろうかと、考えてみた。さて、その地点はどこだろう。</p> <p>(1) 地点 P を求めなさい。</p>		
展開 2 (20 分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>問題をモデル化して考える。</li> <li>○最短距離ではなく、最短時間を求める問題だと気づく。</li> </ul>		<p>最短距離と最短時間の違いを理解することができる。【知】</p>
まとめ (5 分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>時間 <math>t</math> を距離 <math>x</math> の式で表し、<math>x</math> がどんなときに <math>t</math> は最小値をとるのかを考える。</li> <li>○三平方の定理を用いて、時間と距離に関する式を立式できる。</li> <li>・グラフから、極小値をとるときが、最小値となることが読み取れる。</li> </ul>	<p>☆速度も考慮したうえで、時間 <math>t</math> を距離 <math>x</math> の式で表すことができないか。</p> <p>・生徒の考えた式を全体に紹介し、関数を geogebra で示す。</p>	<p>時間と距離について、関数で表すことができる。【数】</p> <p>最短時間を求めることができる。【技】</p>

## 【授業 2】

日 時	平成 29 年 2 月 17 日(金)
場 所	本校多目的ホール(公開授業)
ク ラ ス	5 年物理選択者 23 名(男子 15 名、女子 8 名)
授業者	守本 寛治(本校理科教諭)

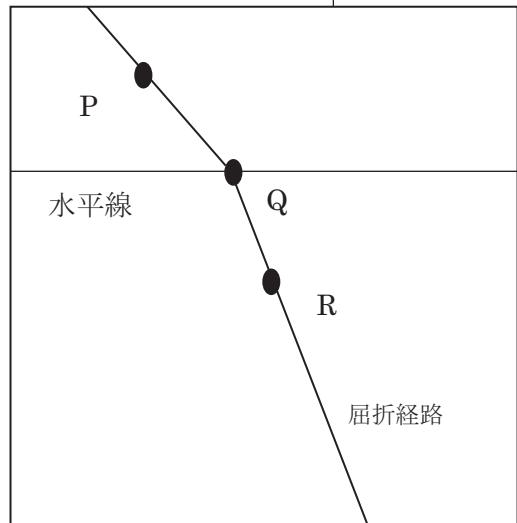
## 教材観

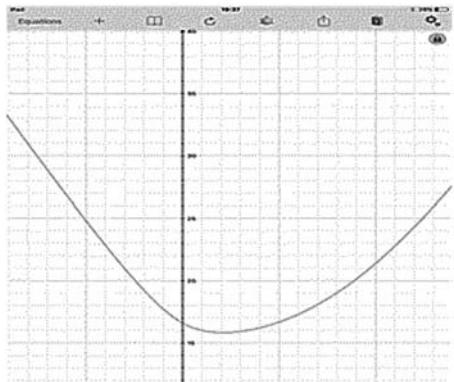
フェルマーの原理とは、「光は進むのにかかる時間が最小になる経路を通る」という幾何光学における概念であり、光の屈折経路を直線的に扱うことができる。実際の屈折経路は直線的に見えるため、目で見ている形を利用して解析ができる利点がある。さらに、フェルマーの原理を扱うことで発展的な学習が期待される。それは、「物理現象を表す関数の極値が特別な意味を持つ」という視点の獲得である。「目の前で見ている光の屈折経路は、光が進むのにかかる時間が極小となるルートになっている」

という事実を知ったとき、その本質の奥深さに感動するだろう。「モデル化」や「微分」という、数学化サイクルによって現象の本質的理解へと導くことができる点がこの教材の魅力の一つである。

### 本時の展開：公開授業「フェルマーの原理」

	生徒の学習活動	教師の活動と留意点	評価の観点
導入 (5分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スネルの法則について復習する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スネルの法則を「ホイヘンスの原理」から導いたことを思い出させる。</li> </ul>	スネルの法則を説明できる。
展開 1 (10分)	<p>[実験]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・光の屈折経路をグラフ用紙に再現する。             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 水槽にグラフ用紙をクリップで挟む。このとき、水槽の水平線とグラフ用紙の平行線が重なるようにする。</li> <li>2. 実験 1と同じ手順で、光の屈折経路をつくる。</li> <li>3. 以下の3点をグラフ用紙に写し、屈折経路をグラフ用紙上で再現する。                     <ul style="list-style-type: none"> <li>①光が空気中で通過している任意の点 P</li> <li>②屈折の境界点 Q</li> <li>③光が水中で通過している任意の点 R</li> </ul> </li> </ol> </li> <li>・実験で得られたグラフから、水と空気の相対屈折率をもとめる。</li> </ul>	<p>[実験]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・入射角、屈折角を定量的に測定させる。</li> <li>・境界点 Qを中心円を書き、入射角と屈折角の正弦の比を求めるように指示する。</li> </ul>	正しい実験手順をふみ、水の屈折率を測定できる。
展開 2 (25分)	<p>[教師の発問]</p> <p>光源から光を当てるとき、点 P から出た光が点 Q に到達する光の経路は 1 通りしかない。この経路はスネルの法則によって定義されているため、その法則に従う 1 通りの経路に決まることがわかる。</p> <p>『なぜ、光はこの経路で屈折するのだろうか？この経路には、光にとってどんな意味を持つのだろうか？』</p>		光の屈折経路がもつ特徴について、時間の観点から考えることができる。



	<p>[予想される生徒の答え]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ホイヘンスの原理から、速度が異なると光は屈折する。</li> <li>・速度が異なるということは、到達するまでの時間にも関係がある。</li> <li>・この経路は前に数学の授業で考えたことがある（見たことがある）。</li> <li>・光の経路は最短時間かもしれない。</li> </ul>		
展開 3 (20 分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・iPad を用いて、P,R を固定し、境界線上で Q を動かしたときの到達時間のグラフを書く。</li> <li>・グラフが最小値をとる位置が実験で得られた Q の位置と一致することを確かめる。</li> </ul>  <p>iPad の画面</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生徒に iPad をわたし、事前に学習した海難救助問題を思い出して、到達時間のグラフを書くように言う。</li> </ul>	GeoGebra を使って、光の屈折経路が最短時間であることを確かめられる。
まとめ (5 分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フェルマーの原理を学習する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フェルマーの原理を説明する。</li> </ul>	

## ■評価

公開授業の見学者からは、数学的・物理的考え方を組みあわすことにより、自分で立式してコンピューターを使い、最小値を出すという一連の流れを評価する感想が多く寄せられた。また、現実の事象から数学へ、数学から理科へ、数学化プロセスを意識させる授業であったという評価を受けた。一方、展開 2 の【教師の発問】が抽象的であったため、生徒の議論が活発にならなかったように思われるという指摘も受けた。この点については、問いかねは抽象的であったことが生徒の探究活動に繋がっていたという視点もあった。生徒の感想には、グラフを用いて計算したことにより、理論値と実験結果の一一致がつかみやすかったことや、光の不思議さを実感するものに加えて、微分や関数のグラフの有用性を実感するものなどが見られた。

今回の授業実践に向けて、理科と数学の教員による討議が時間をかけて行われた。このような理科と数学の連携を重視しながら、さらなる教材と授業方法の開発に努めていきたい。

### 3-5-2 理数研究会

#### ■理数研究会について

本校では、第1期SSH以来の科学リテラシー研究の成果をふまえ、テクノロジーを利用して、事象を具体的に取り扱うことのできるカリキュラムや指導方法の研究を行っている。またグループ学習の導入など、議論・表現の能力を引き出す方法論を探求する授業研究を続けている。

昨年度より、附属中等教育学校のSSH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た。

#### ■目的

第III期SSHの計画では、「サイエンス・イシューズ」という4、5年生での数学科と理科の連携授業についてカリキュラムを開発し実施する計画である。今年度の理数研究会では、奈良女子大学教員の指導・助言を受けつつ、理科と数学の融合授業の可能性について5つのテーマに分かれて研究を行った。あわせて、協働して課題解決を図る内容を取り入れた学習方法の研究についても議論を進めている。今年度は、これまでの理数融合授業の開発を進めるグループに加えて、次年度設置する「SS課題研究」の枠組みや進め方、評価方法などについて検討するグループと理系女子教育のためのテキスト開発を進めるグループを設けた。

#### ■構成メンバー

本校：理科・数学科教員、SSH主任

奈良女子大学理系女性教育開発共同機構：

吉田信也 教授、寺内かえで 特任講師、増田暢 特任助教、船越紫 特任助教、和田葉子 特任助教

#### ■成果

本年度も、実践報告会として共同機構との合同成果発表会「理数シンポジウム」(2016年2月17日)を開催することができた。そこでは「光は進むべきルートがわかるのか？－数学科を通した科学概念の本質的理解を目指して－」と題した、物理領域と数学領域を融合させた実験授業を公開し、その後のシンポジウムにおいては、理科と数学科の授業においての融合の可能性や次回指導要領の改訂で予想される新教科「数理探究」について、意見交換を行った。

また、理数シンポジウムの翌日には、本校公開研究会の一部として、「やってみよう理数探究」と題したワークショップを開催した。参加者に実際に授業を体験してもらい、題材や授業展開などに関する議論を行った。今年度は、「生物と数学」「化学と数学」「情報と科学」の3つのテーマを設けた。このワークショップでは、2年間の理数研究会における研究から生まれた理科と数学の融合授業の教材を広く公開し、多くの参加者の意見を受けてさらに質の高いものにすることを目的とした。どのワークショップも具体的な教材を提案できることに対し、高い評価を受けた。

#### ■研究テーマと班メンバー

班	担当教員	教科	テーマ
1	藤野・長谷	物理・美術	中等教育における新しい物理テキストの作成
2	横・守本・田中あ	数学・物理	物理と数学の融合授業
3	河合・矢野・井上	数・生・化	生物と数学の融合授業
4	山上・佐藤・田中ゆ	数学	プログラミング教育
5	川口・櫻井・中本	数学・生物	課題研究の在り方と評価－SS課題研究に向けて

## ■理数研究会開催日時と議題

回	開催日	議題
第1回	4/25(火)	1. 研究方針の確認 2. 今年度の研究テーマの設定
第2回	5/16(火)	1. 各班でテーマについて議論 2. 共同機構と附属中等教育学校の共催プログラムの連絡・確認
第3回	6/28(火)	1. 各班でテーマについて議論 2. 共同機構と附属中等教育学校の共催プログラムの連絡・確認
第4回	9/26(月)	1. 各班でテーマについて議論し、進捗状況を発表 2. 共同機構と附属中等教育学校の共催プログラムの連絡・確認
第5回	10/24(月)	1. 物理と数学の融合授業に関する提案発表 2. 共同機構と附属中等教育学校の共催プログラムの連絡・確認
第6回	11/29(火)	1. 物理と数学の融合授業に関する議論 2. 共同機構と附属中等教育学校の共催プログラムの連絡・確認等
第7回	12/13(火)	1. 物理と数学の融合授業に関する議論 2. 共同機構と附属中等教育学校の共催プログラムの連絡・確認等
第8回	1/30(月)	1. 理数シンポジウムに向けた授業案の検討 2. 公開研究会ワークショップの内容に関する討議 3. 公開研究会全体に関する討議 4. 共同機構と附属中等教育学校の共催プログラムの連絡・確認等
第9回	2/27(月)	1. 理数シンポジウム発表会についての総括 2. サイエンス・イシューズのカリキュラム化に関する議論 3. 本年度の総括と次年度の計画



理数研究会のようす

## ■次年度以降の課題

これまでの2年間に、理数研究会の議論を経て、複数の理数融合授業を提案することができた。また、「融合」授業に関する議論にも多くの時間を割くことができた。しかし、現在提案している授業はいずれも単発的な授業であり、今後継続的に実施することができるよう、カリキュラムの中に位置づけていくことが求められる。そのためには、現状での理科と数学のカリキュラムを見渡し、効果的な単元の配置と融合授業の設置を考えていく必要がある。

### 3-5-3 公開ワークショップ

今年度の本校 SSH 成果発表会では「21世紀の科学技術イノベーターを育てる—『理数探究』へのとりくみー」をテーマに公開授業と分科会が行われた。その中の分科会において、「やってみよう理数探究」と題した公開ワークショップを開催した。「生物と数学」「化学と数学」「情報と科学」の3つのテーマを設け、2年間の理数研究会における議論を経て生まれた理科と数学の融合授業の教材を広く公開し、多くの参加者の意見を受けてさらに質の高いものにすることを目指した。

		内容	担当教員	教科
1	生物と数学	生物の増殖を数学的に解析する授業	櫻井・河合	生物・数学
2	化学と数学	分子のかたちに注目した融合授業	川口・井上	数学・化学
3	情報と科学	Processingによるプログラミングの授業	山上・田中ゆ・佐藤	数学(情報)

本節では、それぞれのワークショップについて、ねらいと内容、教材等の一例をそれぞれ紹介する。

#### [1] 生物と数学

##### ■ねらい

このワークショップでは、実際に本校で取り組んだ理数融合授業の一部を体験してもらい、体験を通して生徒が生物学の中で数学を使おうとするためには、課題もしくは題材を教師がどう提示するよいか一緒に考えてもらう。

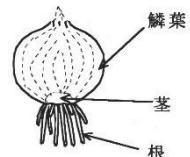
##### ■授業例 細胞の大きさと核の大きさの数学的比較

高等学校「生物基礎」では、生物の多様性と共通性の单元において、細胞の構造を学ぶ。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。しかし、それに対して核の大きさはあまり変わらないのが一般的である。はたしてこれが事実であるのか、生徒に仮説を立てさせ、実際に測定させ、比較させることを考えた。そして、この比較においてより正確に比較するためにはどうするのか、数学的要素を用いたいと考えた。

##### 【授業例①】 細胞の大きさと核の大きさの測定

##### 目的

鱗葉の細胞や核の大きさを測定する作業を通して、タマネギの成長のしかたについて考える。（※タマネギの食用にする白い部分を鱗葉という。）

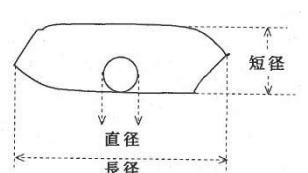


##### 仮説の設定

- (1) 鱗葉は内側と外側ではどちらの細胞が大きいか、または同じか。また、理由を答えよ。
- (2) 核の大きさは変わるものか。その理由も答えよ。

##### 方法

- ①鱗葉の外側から1, 2, 3, 4とし、それぞれ班内で分担を決める。中央付近に5mm四方の切れ込みを入れて表皮片をはぎ取り、酢酸オルセインで染色する。
- ②自分の分担の部分で適当な4つの細胞を選び、それぞれについて長径、短径、核の直径をミクロメーターで測定し、その平均を計算する。
- ③各自が計算したデータを班内で交換し、それぞれ結果を記入する。



## 結果

(1) 接眼ミクロメーターの1目盛りの長さ(μm)

倍率	倍	倍
1目盛りの長さ		

(2) タマネギの鱗葉の細胞と核の大きさ(μm) 測定場所 (○をつけよ) ... (1 2 3 4)

回数	倍率	短径(μm)	長径(μm)	核(μm)
①				
②				
③				
④				
平均				

## 考察

- (1) 細胞の内側と外側では細胞の大きさは同じか。それは、細胞の成長とどう関係があるか。
- (2) 細胞の大きさと核の大きさにはどんな関係があったか。

## 【授業例②】真の平均値の範囲を求める

### 目的

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。真の平均値の範囲とは、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。

### t 検定の利用

2組の標本について平均に有意差があるかどうかの検定などに用いられる、統計的仮説検定の一つ。

- (1) 鱗葉は内側と外側では、細胞の大きさに有意差はあるか。また、そう考えた理由を答えよ。
- (2) 核の大きさは変わらぬか。その理由も答えよ。

### 方法

計算には電卓やコンピュータを用いる。

- (1) 平均値( $\bar{x}$ =算術平均)を求める。

$$\text{平均値 } \bar{x} = \frac{\sum x_i}{N} \quad (x_i = \text{各測定値}, N = \text{個体数})$$

- (2) 標準偏差(s)を求める。

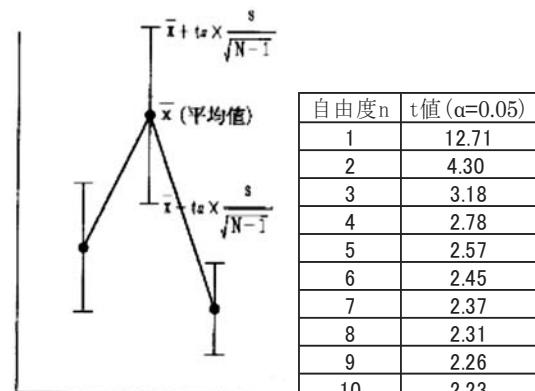
$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{N} - (\bar{x})^2}$$

- (3) 自由度を求める。 $n = N - 1$

- (4) 真の平均値の範囲( $\tilde{x}$ )を求める。

$$\tilde{x} = \bar{x} \pm t\alpha \times \frac{s}{\sqrt{N-1}} \quad (t\alpha \text{ は } t \text{ 分布表よりそれぞれの自由度 } n \text{ に対する値})$$

- (5) グラフに平均値の範囲を記入する。



## [2] 化学と数学

### ■ねらい

このワークショップでは、化学と数学の融合授業として、1つの授業例を提案する。その教材の改良や発展を考えることを通して、理数融合授業の教材作成を体験することをねらいとしている。数学の教員と理科の教員がともに専門性を生かしながら、教材あるいは授業展開を創り上げる「楽しさ」と「面白さ」を経験してもらう。

### ■授業例

分子の構造を学習する際に、メタンやアンモニアは多面体構造であることを扱う。例えば、メタン分子は中心にある炭素原子をとり囲む電子対の反発する力が最小になるように配列することから、正四面体構造であると推定できる（原子価殻電子対反発モデル(VSEPR モデル））が、H—C—H 間の角度が  $109.5^\circ$  になるという数値については教師から与えていた。しかし、原子の位置関係の考察において、三角比やベクトルを援用することにより、原子間の角度を算出し確認することができる。また、アンモニアや水などにも応用することができる。

メタン  $\text{CH}_4$  は正四面体の分子構造であり、その H—C—H 間の角度は、 $109.5^\circ$  である。これに対して、アンモニア  $\text{NH}_3$  分子は、メタンに比べて 1 つ H 原子が少なく、3 組の共有電子対と、1 組の非共有電子対をもつ。そして、N の電子対は計 4 組となり四面体構造をとる。このとき、非共有電子対と共有電子対の反発よりも、H—N—H 間の電子対の反発の方が弱いため、アンモニア分子は三角錐形となり、H—N—H 間の角は、メタンの場合の  $109.5^\circ$  より小さくなり、 $106.7^\circ$  となる。また、水  $\text{H}_2\text{O}$  分子はメタンに比べて 2 つの H 原子がなく、2 組の共有電子対と、2 組の非共有電子対をもつ。O の電子対も計 4 組となり四面体構造をとる。この場合、非共有電子対どうしの反発が一番大きいため、H—O—H 間の電子対の反発の方がさらに弱くなる。結果、水分子は折れ線形となり、H—O—H 間の角はさらに小さく  $104.5^\circ$  となる。

このように、メタンの H—C—H 間の角が  $109.5^\circ$  となることを理解したうえで、共有電子対、非共有電子対の配置から H—N—H 間、H—O—H 間の結合のようすをさらに理解することができるなど、ベクトルや三角比を援用が分子の構造を空間図形として幾何学的に理解することにつながる。

また、分子の立体図形への考察の一例として、分子の極性についてもベクトルの考え方を取り入れることによって、無極性分子、極性分子への理解を深めることができる。異元素どうしが結合する場合、電気陰性度の差から共有電子対は電気陰性度の大きい原子のほうにわずかに引き寄せられ、わずかな電荷の偏りが生じる。二酸化炭素のような直線型の分子構造であっても、その電荷の偏りが打ち消しあい、分子全体では無極性になることがベクトルで理解しやすくなる。メタンが無極性分子であることや、アンモニア、水が極性分子であること、ベクトルの考え方を応用することにより説明しやすくなる。

#### 【授業例】結合角に関する幾何学的な（三角比、ベクトルを用いた）学習

対象 5 年生（高校 2 年生）

単元名 物質と化学結合

単元の目標 さまざまな化学結合について学び、それによって変化する物質の性質を理解する。

教材観

イオン結合がどのようなものかを身近なものを例に挙げながら学ばせる。また、立体の構造のもつ数学的性質をもとに、分子の形や物質の性質を考察することができる。

単元の指導計画（全 10 時間） 「粒子の結びつきと物質の性質」

1. イオンからなる性質（2 時間）

- イオン結合、イオン結晶、イオン結晶の特徴、組成式
2. 分子の構成と分子からなる物質（2時間）
 

共有結合と電子、電子式、不対電子と非共有電子対、構造式と原子価、配位結合
  3. 分子の形（2時間）※本時はそのうち2時間目
  4. 分子の極性と分子間に働く力（2時間）
 

電気陰性度、極性分子、無極性分子、分子間に働く力
  5. 分子を作らない共有結合の物質（0.5時間）
  6. 金属の結晶（1.5時間）
 

金属結合、結晶構造、展性・延性

### 本時の学習

最外殻の電子対どうしは互いに負の電荷を持つので反発する。電子対どうしの反発で、互いに最も離れあう方角に伸びて分子をつくろうとすることから分子の構造を理解する。

### 本時の目標

電子式をもとに構造式を書き、その様子から、構造がどのようなものであるか判断できるようになる。その際、立体を数学的に捉え、分子間の角度について考察することができる。

**準備** 分子模型

### 本時の指導過程

過程	学習活動	指導上の留意点
導入 (10分)	<p>(前時の振り返り)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水素分子、塩化水素分子、二酸化炭素分子、水分子、硫化水素分子について電子式を考えながら構造式を書く。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電子式は周期表を元に価電子の数を考えることで書けるということを思い出させながら指導する。</li> </ul>
展開1 (10分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電子は負の電荷をもち、それぞれ反発し合うので、分子の構造は、できるだけそれらの電子の反発が小さくなるような状態になろうとする学ぶ。</li> <li>・電子対が1組あるいは2組の場合について理解する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・二原子分子(水素分子、塩化水素)と三原子分子(二酸化炭素)の例を元に電子対が1組あるいは2組の例を示す。</li> </ul>
展開2 (23分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電子対が3組および4組の場合について考え、議論させる。</li> <li>・電子の反発から安定な構造は平面四角形ではなく正四面体になることを理解する。</li> <li>・ベクトルを用いてH-C-H間角度について計算する。一般に、正四面体O-ABCの重心をGとすると、<math>\overrightarrow{OG} = \frac{1}{4}(\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{OB} + \overrightarrow{OC})</math>とかける。このとき、<math>\angle AGB = \theta</math>として、</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メタン分子を例に等価な電子対が4組の場合について電子の反発ができるだけ少なくなるような構造を考えると平面四角形ではなく正四面体になることに気付かせる。</li> <li>・ベクトルを用いて考えるとH-C-H間角度についても計算で導きだせることを示す。</li> <li>・電子反発から他の分子についても考えられることを示す。また非共</li> </ul>

	$\cos \theta = \frac{\overrightarrow{GA} \cdot \overrightarrow{GB}}{\ \overrightarrow{GA}\  \ \overrightarrow{GB}\ } = -\frac{1}{3} \doteq -0.333$ <p>よって、三角比表より、  <math>\theta \doteq 109.5^\circ</math> と算出することができる。</p> <p>・アンモニア分子や水分子など他の分子についても同様の方法で考えられることを理解する。</p>	有電子対と共有電子対との反発の違いについても示す。
まとめ (2分)	本時の授業を振り返る。	

### [3] 情報と科学

#### ■ねらい

このワークショップでは、最近高まるプログラミング教育の要請を背景に、プログラミング自体を扱う教科「情報」だけではなく、理科や数学の授業への活用を目指した題材を紹介し、実際に体験してもらうことを目的としている。

#### ■授業例 万有引力の法則のシミュレーション

プログラミングを用いて、理数や総合学習の課題に取り組む。

ケプラーは、惑星の軌道運動をそれまでにない精度で研究し、ケプラーの法則とよばれるものを発見しました。しかしながら、それらの法則がどうして成り立つか、その背後にある理由まで解明することはできませんでした。太陽と惑星との間にある種の力が働いていることには気づいていたのですが、それが地上の重力と同一のものであることを発見したのが、イギリスの物理学者であり天文学者のニュートンでした。

ニュートンは、慣性の法則など、物体に力がはたらいて運動するときの3つの法則をうち立てて、近代力学の基礎を築きました。そして、その法則が天体でも成り立っていること、ケプラーの法則と組み合わせて、万有引力の法則、すなわち「物体にはかならず引力が生じ、その力は物体の質量に比例し、かつ物体相互距離の2乗に反比例する」という法則を導いたのです。地上でも天上でも、およそありとあらゆる物体は引力（重力）の影響を受けているという着想は、リンゴの木からリンゴが落ちるのを見てひらめいたという話が伝えられていますが、真実かどうかは明確ではありません。

引用：天文学の歴史

<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0320a/contents/rekishi/answer07/index.html>

プログラム 3つの天体が万有引力で干渉しあう様子をシミュレーションしよう。

```

int n=3;

float[] x=new float[n];    float[] y=new float[n];
float[] vx=new float[n];   float[] vy=new float[n];
float[] m=new float[n];

void setup() {
  size(700, 700);
  x[0]=400;  y[0]=500;  m[0]=500;  vx[0]=0;  vy[0]=0;
  x[1]=500;  y[1]=500;  m[1]=10;   vx[1]=0;  vy[1]=-2;
  x[2]=600;  y[2]=350;  m[2]=15;   vx[2]=0;  vy[2]=1.5;
}

```

```

}

void draw() {
    fill(204, 5);
    rect(0, 0, width, height);
    for (int i=0; i<n; i++) {
        x[i]+=vx[i];
        y[i]+=vy[i];
        fill(0); ellipse(x[i], y[i], pow(m[i], 0.5)+1, pow(m[i], 0.5)+1);
    }
    for (int i=0; i<n; i++) {
        for (int j=0; j<n; j++) {
            if (i!=j) {
                float r=dist(x[i], y[i], x[j], y[j]);
                float a=m[j]/r/r;
                vx[i]+=a*(x[j]-x[i])/r;
                vy[i]+=a*(y[j]-y[i])/r;
            }
        }
    }
}

```

問 ある時刻に座標(x,y)にある物体が、速度ベクトル(vx,vy)で動いたとき、次の位置はどこか。

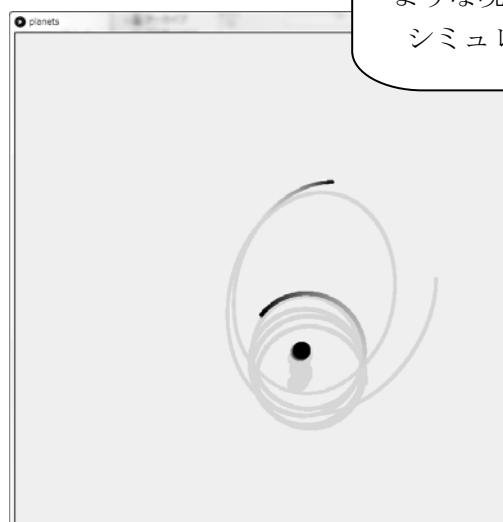
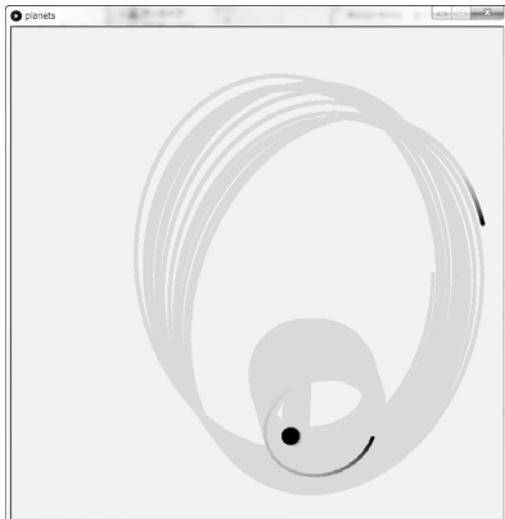
問 ある時刻に速度ベクトル(vx,vy)、加速度ベクトル(ax,ay)のとき、次の速度ベクトルは何か。

問 2つ物体が、万有引力によりかかる力（加速度ベクトル）は、どう表せるか。

物体1：位置 (x<sub>1</sub>,y<sub>1</sub>)、速度ベクトル(vx<sub>1</sub>,vy<sub>1</sub>)

物体2：位置 (x<sub>2</sub>,y<sub>2</sub>)、速度ベクトル(vx<sub>2</sub>,vy<sub>2</sub>)

問 いろいろな天体のシミュレーションをしよう。



学んだ法則をプログラミングすることによって、どのような現象が起こるのかをシミュレーションする。

問 この課題から得たものは何か。

## 第6節 サイエンス研究会に対する支援と指導

### 3-6-1 サイエンス研究会の指導

#### (1) 数学班の今年度の活動

##### ■主な研究テーマ

- ・「フィボナッチ数列の剩余に関する考察」(3年生1名)
- ・「魔方陣について」(4年生1名)
- ・「約数の総和について」(4年生1名)
- ・「グラフ理論」(4年生1名)
- ・「ベン図について」(4年生3名)
- ・「数学オリンピック問題の分析」(4年生5名)
- ・「数学オリンピック問題の一般化」(4年生1名)
- ・「三角形の収束」(4年生1名)
- ・「植物における数学的規則性」(5年生1名※生物班にも所属)
- ・「カブレカーチ換算に関する考察」(5年生1名)

##### ■発表活動・交流活動

- ・7月9日(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。
- ・8月5日(金) 数学選手権の予選に参加した。
- ・8月27日(土) 大阪府立大手前高等学校主催の「マス・フェスタ」において口頭発表、ポスター発表を行った。
- ・11月1日(火)~5日(土) 国際交流事業 ISSS に参加し、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) を訪問し、研究発表を行った。
- ・11月1日(日) 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月9日(月) 日本数学オリンピック予選に参加した。
- ・2月18日(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月18日(土) 本校数学班10名が名古屋大学文学部附属中学校・高等学校を訪問した。
- ・3月13日(日) SSH 奈良コンソーシアムにおいて、ポスター発表を行った。

発表会には積極的に参加し、発表スキルの向上を図るとともに、聴衆からの有意義なコメントを研究内容に反映させるよう努めた。本年度も名古屋大学教育学部附属中学校・高等学校との交流を相互に行なった。今後も参加校を増やすなど拡大していきたい。

##### ■日々の活動

今年度の数学班は、4年生が中心となって日々の活動を行っている。また、低学年の新規参加者が増加している。低学年は、各自の興味・関心に基づいて、数学に関する書籍を読み、基礎知識の習得と問い合わせを見つけ出す練習を行っている。その中から研究テーマを見つけ出していく途上である。

数学班の研究テーマは各自で異なるが、日々の活動では、1つの問い合わせを全員で議論し合うことが多い。相互の得意分野を生かして、研究活動を進めている。また、研究活動に加えて、オリジナルの問題を作成し、オープンスクールや学園祭、他校との交流会などの機会に披露するなど、数学の問題を考える楽しみを伝える活動にも継続的に力を注いでいる。また、数学オリンピックや数学選手権への参加を通じて、「競技数学」の楽しさを感じている。

## (2) 物理班の今年度の活動

### ■主な研究テーマ

- ・「画像認識システムの開発」(2年生3名)
- ・「心地よい音作り」(3年生1名)
- ・「あなたの毎日をサポートするヘルスケア腕時計」(4年生1名)
- ・「建造物の強度に関する研究」(4年生2名)
- ・「ドローンの製作」(5年生1名)

### ■発表活動

- ・7月9日(土) 本校オープンスクールにおいて、ロボットを使ったデモンストレーションを実施。
- ・11月12日(土)まほろば・けいはんなSSHサイエンスフェスティバルにおいてポスター発表を実施。
- ・2月18日(日) 本校公開研究会において、ポスター発表を実施。
- ・3月12日(日) SSH奈良コンソーシアムにおいて、ポスター発表を実施。

今年度の発表活動では、低学年の部員が初めての発表にチャレンジするなど、新しい世代の活躍が目立った。昨年度は研究活動のみであった2年生も、研究内容が深化する傾向を見せており、その成果を発表できるようになった。発表を通して、自らの研究を振り返る機会を得るとともに、様々な指摘を受け、新しい視点を獲得することができることを生徒自身が実感した一年であった。

### ■日々の活動

今年度の物理班は、低学年の活動の充実や高学年の新入部員の加入など、変化が見られた。長年にわたり物理班を牽引してきた生徒が卒業し、同時に指導教員も交代するなど、部員にとっても大きな変化となる一年であった。5年生は自身の研究活動をプラスアップしている。低学年の頃から培った研究手法が定着している印象があり、自分自身で考察できる力がついている。

4年生の生徒は、これまでの研究活動を振り返り、新たに研究テーマを設定し直している。アイデアは豊富でユニークであるが、それを具体的な研究技術と結びつけることができるかが課題である。加えて、新たに入部してきた4年生もいた。建築関係の進路を考えており、関連する分野の研究を進めたいと考えるようになったようである。近年、後期課程になってからの入部はほぼなかったが、進路選択について考え始める時期であるからこそその入部であろうと思う。

2年生の生徒は、研究テーマの模索を終え、「画像認識システムの開発」という研究テーマを見いだした。この生徒たちは、もともとはブレッド・ボードを用いた災害用の救助ロボットの開発を目指していた。現在はロボットに画像を認識させるシステムを開発する必要性から、プログラミングによる画像認識システムの開発に取り組んでいる。もともとプログラミングに興味のある生徒がチームで研究をすすめているが、プログラミングのスキルにばらつきがあるため、意見の衝突が見られる場面もあった。特にスキルの向上を目指す側に対して、相談相手となり、モチベーションの維持をはたらきかけることが重要であると感じた。次年度以降もその成長に期待したい。

## (3) 化学班の今年度の活動

### ■新入生対象の体験授業

化学班は、上級生に研究メンバーがおらず、1年生からの新入部員をどのように集めるかが、大きな課題の一つであった。そのため、5月および7月に化学に興味を持たせるべく、「-196℃の世界を体験してみよう」というタイトルで、液体窒素を用いた体験授業を放課後に開催した。

### ■体験授業を通して

2回行った体験授業は、体験する1年生のメンバー約40名を2グループに分け、内容的には同じ

ものを行った。液体窒素を透明ジュワーびんに入れ、次の実験を行った。

- ①シャボン玉を液体窒素に吹き付けると？ ②紙を水で湿らせて液体窒素に入れると？
- ③ゴム管を液体窒素に入れると？ ④花を液体窒素に入れると？
- ⑤スーパーボールを液体窒素に入れ、床に落とすと？ ⑥ふくらんだ風船を液体窒素に入れると？
- ⑦ソフトテニスのボールを液体窒素に入れ、床に落とすと？
- ⑧バナナを液体窒素で凍らせ、針を打つことができるか？
- ⑨液体窒素を机の上にまくとどうなる？
- ⑩酸素を吹き込んだ試験管を液体窒素に入れると？ ⑪マシュマロを液体窒素に入れると？

いずれの実験も、どのような結果になるかをまず予測させ、自分の考えた予測と実際の結果がどのようになるかを比較検討させた。

液体窒素というものの名前を聞いたことがあり、一部の実験ではTVなどで見たことがある生徒も何人かはいたが、いずれの生徒も初めての体験が多く、実験後に書かせた感想では「驚いた」「予想もできなかった」「化学の世界に興味を持った」など前向きな回答が数多く見られた。

### ■今後の課題

化学的な知識のほとんどない生徒達に、今回の演示体験授業によって、化学の世界というものに十分な動機付けができたことと思われる所以、今後はそこに理論的な肉付けを行い、自分たち自身で化学の様々な疑問や課題を見つけさせ、問題解決能力を養い、研究の世界にまで足を踏み入れてくれることを期待したい。

## (4) 生物班の今年度の活動

### ■主な研究テーマ

- ・「植物の葉序」(5年生1名)
- ・「植物の成長速度と波長」(5年生1名)
- ・「DNAを用いた植物の雌雄判別」(5年生1名, 2年生3名)
- ・「マツタケ研究」(5年生1名, 3年生1名)
- ・「猿沢池の水質調査」(5年生2名, 2年生3名)
- ・「粘菌迷路」(4年生2名)
- ・「ハムスターの行動」(3年生3名)
- ・「植物の生育を調べる装置の考案」(3年生5名)

### ■発表活動

- ・7月9日(土) 本校オープンスクールにおいて、生物班の日常の研究を小学生にポスター発表で紹介した。
- ・8月10日(水) 平成28年度SSH全国生徒研究発表会に参加し、奨励賞を受賞した。
- ・9月25日(日) 京都大学サイエンスフェスタ奈良県予選に参加し、奈良県代表に選出された。
- ・10月29日(土) 近畿大学薬学部にて行われた国際学会のポスターセッションに参加した。
- ・11月12日(土) まほろば・けいはんなSSHサイエンスフェスティバルに参加し、ポスター発表を行った。
- ・2月18日(日) 本校公開研究会において、ポスター発表を行った。
- ・3月12日(日) SSH奈良コンソーシアムに参加し、ポスター発表を行った。
- ・3月18日(土) 京都大学サイエンスフェスタに参加し、口頭発表を行った。

今年度の発表活動は、継続研究してきた生徒が研究成果を発表し、その成果を評価されることが多かった。また、研究を始めた低学年の生徒に積極的に研究発表に取り組ませ、発表スキルを身につけさせるとともに、自分の研究をまとめる機会とさせた。

#### ■日々の活動

生物班は顧問2人で受け持つており、各顧問のもと生徒自ら活動形態を確立しながら研究活動に取り組んでいる。「ハムスターの行動」、「猿沢池の水質調査」、「植物の生育を調べる装置の考案」を研究する生徒は、運動系・学芸系クラブと両立している生徒ばかりで、土曜日を中心に活動しており、「マツタケ菌の研究」「DNAを用いた植物の雌雄判別」「粘菌迷路」「植物の背長速度と波長」を研究する生徒は、活動曜日を決め、それぞれ活動している。

3年生で構成された研究班は、研究手法の確立を目指し、実験手法を変更したり実験材料を得るために土台作りを行ったりした。4,5年生が主に活動している研究班では、研究結果の蓄積が見え始め、まとめた研究成果を発表できる段階に達することができた。また、発表を通してより研究内容が精選され、深化させるための検討を続けている。

「猿沢池の水質調査」は今年で8年目を迎える。研究に携わる生徒は異なるが、継続して調査してきたデータは蓄積されている。これらのデータをどのように扱うかが今後の課題となっている。

最後に、今年度は生物の研究を希望した1年生が13名程いたため、1年生の生物実験体験を企画し実施した。実施した実験は、「細胞融合実験」「大腸菌の形質転換実験」そして「ザリガニ飼育」である。体験をもとに、どこまで自分たちができるのか知ることができたため、次年度は、自分たちのテーマを見つけ研究を進めていく予定である。

### (5) 地学班の研究活動

#### ■主な研究テーマ

- ・「望遠鏡の作成」(3年生1名、2年生2名)

#### ■発表活動

- ・7月9日(土) 本校オープンスクールにおいて、活動内容の報告を実施
- ・11月12日(土)まほろば・けいはんなSSHサイエンスフェスティバルにおいてポスター発表を実施
- ・2月18日(日) 本校公開研究会において、ポスター発表を実施
- ・3月12日(日) SSH奈良コンソーシアムにおいて、ポスター発表を実施

2、3年生を中心に、初めての発表活動に取り組む一年となった。ポスターの作成等、慣れない活動も多かったが、経験を重ねる度に技術が向上している印象を受ける。校外での発表においては、貴重な指摘を受ける機会に恵まれ、その後の研究活動の充実につながっている。

#### ■日々の活動

今年度の地学班では、天体観測用の望遠鏡の作成に向けた基礎研究に取り組んだ。昨年度の研究テーマの模索期間を終え、腰を据えて1つの研究に取り組んだ。

2年生は、望遠鏡に使用するレンズに注目し、像のでき方について理論値と実験値の誤差を解析した。数学的なスキルの問題など学習が難航する場面も見られたが、地道な努力を重ね、理解度が深まったと感じる。解析技術もこの一年で向上し、仮説の立て方とその検証にも精密さが伺えるようになった。加えて、学校内外での発表によっていただいた指摘によって、研究の新しい視点を獲得することもできるなど、様々な経験を積み重ねた一年となった。次年度以降の活躍にも期待したい。

### 3-6-2 イノベーター・キャンプ

#### ■仮説

本校Ⅲ期 SSH の研究課題は、

「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

である。この課題に対し、

「前期課程生から始めるサイエンス研究会の活動を通じて、多分野融合研究において、自ら課題やプロジェクトを設定し、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能力を持ったリーダーとしてのイノベーターが育成できる。」

という仮説を立て、研究活動に取り組んでいる。この仮説のもと、昨年度より、サイエンス研究会の生徒を対象とした新規事業「イノベーター・キャンプ」を放課後や休業期間を利用して開催している。この取り組みでは、多分野融合研究を意識し、異文化・分野間の議論を行う科学的态度や姿勢を身に付けることを目的とした活動を取り入れている。

イノベーター・キャンプのねらいは、以下の 2 つに大きく分けられる。

① イノベーターに必要な姿勢・態度を身に付ける。

- ・知識や技術を現実の社会に応用しようとする姿勢
- ・新たなものを創り出すために必要な発想力
- ・多様なアプローチを試みる姿勢
- ・特定分野に偏らず幅広い分野に関心をもつ姿勢
- ・研究に求められる倫理

② イノベーターに必要なスキルを獲得する。

- ・コミュニケーションスキル(議論できる力、協働できる力)
- ・プレゼンテーションスキル(プレゼンの構成力、話し方、ポスターの作り方)
- ・プログラミングスキル
- ・コンピュータ活用能力
- ・統計処理能力

#### ■実践

今年度は、以下の年間計画に従って、イノベーター・キャンプを実施した。全 12 回のプログラムを計画し、サイエンス研究会を対象として開催した。今年度は、新入生向けの体験講座やベトナム・韓国での ISSS(International Salon of Super Science student : アイトリップルエス)などの新規事業を行った点が特徴的であり、低学年および高学年の両方で活動の幅が広がった。⑤「サイエンスベースキャンプ」、⑥「サイエンス海の学校」、⑦「サイエンス山の学校」、⑧「ベトナム ISSS」、⑩大韓民国 ISSS については、後節にて詳細を報告する。

回	内容	実施日	対象
①	校内発表会に向けて ・プレゼンテーション入門	5/20 (金)	3 年生以上希望者 20 名
②	新入生体験講座①	5/17(火)	1 年生 57 名(新規部員)
③	新入生体験講座②	6/14(火)	1 年生 57 名(新規部員)
④	校内発表会	6/18 (土)	サイエンス研究会全員
⑤	サイエンスベースキャンプ ・共通課題の討議 ・プログラミング講座	7/27(水)～7/28(木)	2 年生以上希望者 21 名

⑥	サイエンス海の学校 ・京都大学瀬戸臨海実験所での生物採集と観察	8/20(土)～8/22(月)	1,2年生希望者 20名
⑦	サイエンス山の学校 ・下市町での地域連携型での科学合宿活動	9/22(木)～9/24(土)	3,4年生希望者 12名
⑧	ベトナム ISSS ・サイエンス研究会数学班による研修	11/1(火)～11/5(土)	4,5年生希望者 10名
⑨	大韓民国 ISSS 事前学習会 ・事前課題への取り組み	12/26(月)～12/27(火)	4,5年生希望者 10名
⑩	大韓民国 ISSS ・韓国生徒との共同研究	1/4(水)～1/14(土)	4,5年生希望者 10名
⑪	京都大学サイエンスフェスティバル ・代表生徒による成果発表	3/18(土)	2～5年生希望者 10名
⑫	ポスター作成講習会 ・イラストレーターの使い方	3/20(月)	2年生以上希望者 20名

今年度は新たに新入生向けのサイエンス研究会体験講座を実施した。研究テーマを決める前段階として、各班の活動内容を知ってもらう機会を設けることが目的であり、多くの新入生が具体的な研究内容を体験する機会となった。一方、今年度は数学班・化学班の体験講座の実施はできたが、その他の班については体験講座を実施できなかった。次年度以降の課題としたい。

### ■評価

イノベーター・キャンプ 2年目の取り組みとして、今年度は年間計 12回のプログラムを計画、実施した。これらのプログラムを通して、次の 2つの成果が挙げられる。

#### ① 低学年層への参加機会の拡大

昨年度の取り組みでは、低学年を動員するプログラムが不足しているという課題が残った。この課題に対して、新たに新入生向けの体験講座を実施するなど、機会の拡大を実現することができた。講座への高い参加率やアンケートの結果からも、これらのプログラムのニーズが高いことがわかる。また、校内外での発表活動においても低学年の生徒の活躍が見られ、新たな生徒の育成につながったと考える。

#### ② 多分野融合の視点の育成と共同研究の機会の拡大

昨年度に引き続き、多分野の研究に取り組む生徒たちによる共同研究を重点化し、ベースキャンプなどの研修を継続して実施できた。ものづくりやプログラミングを通して、普段の活動班を超えてアイデアを共有できたように感じる。加えて、国外の生徒との共同研究を実施するなど、共創力を磨く機会を積極的に設けることができた。特に、ISSS における国外生徒との取り組みにおいては、トップレベルの生徒と共に課題に取り組むことで自身の見地を高めることができたと考える。

次年度以降は、今年度に得られた成果を維持しながら、各プログラムの内容や展開の改善を図るとともに、プログラム自体の充実を目指していきたい。加えて、サイエンス研究会の多分野間の交流をさらに促進するプログラムについても検討を行いたい。

### 3-6-3 サイエンス・ベースキャンプ

#### ■概要

日 時	2016年7月26日(火)～7月27日(水)
場 所	本校多目的ホール、PC教室
参加者	サイエンス研究会21名 (2年生10名、3年生6名、4年生3名、5年生2名／男子17名、女子4名)
目 標	異分野を研究する生徒が協働で課題解決にあたることで、普段とは異なる視点や考え方を見出すことを目指す。具体的には、次の5つの目標を設定する。 <ul style="list-style-type: none"><li>・課題をさまざまな方向から考えようとする。</li><li>・自分の考えや発想を積極的に提案する。</li><li>・他者の考えをしっかり聞き、質問や意見ができる。</li><li>・メンバーそれぞれの強みや得意分野、思考パターンを組み合わせ課題の解決を図る。</li><li>・プログラミングの基本を身に付ける。</li></ul>

#### ■日程

7月26日(火)		7月27日(水)	
12:45	学校集合	9:00～12:00	プログラミング講習
13:00～13:30	アイスブレイク	12:00～13:00	昼食
13:30～14:50	共通課題①	13:00～15:30	プログラミング実習
14:50～15:00	休憩	15:30～16:30	成果発表会
15:00～16:30	共通課題②	16:30～17:00	閉会行事
16:30	解散	17:00	解散

#### ■活動内容

##### (1) アイスブレイク

同じ班のメンバーと自己紹介やキャンプに参加した理由、普段の研究内容について紹介しあい、顔合わせを行った。普段は別々の専門分野の研究を行っているため、互いの研究分野について初めて知る場面も多く、積極的な質問を行う場面が見られた。

##### (2) 共通課題

以下の2つのタイプの共通課題を設定し、各班でテーマを設定して議論し結論をまとめた。

###### ①柔軟な思考を求める課題

Google社やMicrosoft社の入社試験問題を取り上げ、論理的かつ柔軟な思考で課題解決にあたる能力を求めた。生徒たちは班のメンバーと相談しながら課題解決にあたっていた。低学年の生徒は知識が少ない分、大胆な発想をする様子が見られたことや、高学年の生徒が数学的な力を生かして課題解決にあたり、低学年に指導していた点などが印象的であった。

###### 【テーマの例】

- ・3を3回使って、0から10までの数字を答えとして導く数式を求めよ。あらゆる記号を使って構わない。
- ・マッチ棒6本を使って、4つの正三角形ができるように並べよ。

###### ②科学的な思考を使ってものづくりを行う問題

科学的な思考はものづくりの場面でも大変重視される。今回は「長時間回るコマの設計」を課題として与え、班で考えたアイデアを生かしてコマを作る場面を設定した。円盤の大きさなど、条件を変えることでどのような変化が生じるかを検討する様子が見られた。実習の最後には、長時間回るコマの設計に必要な視点を各班から発表し、情報を共有した。

### (3)プログラミング実習

本校情報科の教諭が講師となり、Processingによるプログラミング実習を実施した。例として与えられたソースコードの論理構造を分析し、プログラムをどのように書き換えると表示される画面がどう変化するかを考察した。その後、自分たちが考えたプログラムを使ってアニメーションやゲーム作成を行った。プログラミングを初めて体験する生徒も多かったが、Processingはソースコードが比較的短いこと、直観的な操作が可能なことなどから、初心者にとっては取りかかりやすい言語であった印象がある。知識の豊富な生徒が上手にサポートすることで、個性豊かな作品を作り上げた。以下に示すアンケートの結果からも、プログラミングの楽しさを体感してもらえたことが伺える。

#### ■アンケート結果と生徒の感想(抜粋)

生徒の振り返りにおいて、ベースキャンプの感想や意見を記述させた。

- ・1日目のアイスブレイクと共に課題では初対面の後輩とも話し、協力することができました。ベースキャンプには昨年も参加しましたが、アイスブレイクのときの「頭の体操」は学年関係なく取り組めるので異学年との交流には最適だと思います。共通課題も、昨年とは全く傾向が違ったので楽しかったです。(4年女子)
- ・2日目、プログラミング講座を行いました。僕は、パソコンなどほとんど触ったことがないような人間だったので、未知の領域で、ほとんどついていくのに必死でしたが、先輩や、物理班の人はずらすらと作り上げていき、実力の差を感じました。これから時代は、プログラミングやその知識が必須のものになるといわれています。そのような現状の中、このような機会を得られたことは幸運であり、自分の未来を見つめなおすいい機会となったと感じました。これから勉強を続け、いつか、マスターできるようになればいいと思いました。(2年男子)
- ・去年は、もともと出来上がっているプログラムを自分なりに変更することで、機械の光り方が変わるという簡単な作業でしたが、今回は、ゼロからプログラムを組んで正方形や円を動かす難しい作業でした。今日行ったことでプログラムを理解することができ、自分たちが普段遊んでいるゲームやパソコンを作るのにはたくさんのプログラムが必要になって、それを作るのにはたくさんの時間を要することがわかりました。(3年男子)
- ・今回のベースキャンプを通じてこれからは一つのことだけでなく、たくさんのことについて、長けていないとだめだということがわかりました。理解する能力や正確に物を作る能力などたくさんのことが必要です。しかし僕は、この中でも発見する能力が大切だと思います。コマにしてもよく回る法則を発見しなければならないし、プログラミングでも間違っているところややりたいことを実現するコマンドを発見しなければなりませんでした。僕は普段はあまり発見することをしてこなかったので、注意深く物事を見てみようと思います。(3年男子)

### 3-6-4 サイエンス海の学校

#### ■実施概要

日 時	2016年8月20日(土)～8月22日(月)
場 所	和歌山県西牟婁郡白浜町周辺
講 師	久保田 信(京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所准教授)
参加人数	生徒20名(1年10名、2年10名)、教員(養護教諭1名を含む)3名、TA1名

#### ■講座内容

##### (1) 事前学習

目的意識を高め、実習が充実するために、自然に関するレポートを参加者全員に課した。その発表会を8月19日(金)に生物教室で行った。海の生物に関するものが多かったが、地質や観光に関するものまで幅広い内容であった。

##### (2) 現地での実習

1日目の午後は、久保田先生のミニ講義の後、実験所周辺の臨海実習を行った。石の下に潜む小動物の観察に時間をとるなど、指導者が変わったこともあり、違う観点での実習を行うことができた。実習室に戻って、ウニやナマコの解剖、ヤドカリの実験などをグループに分かれて行った。

2日目の午前は、水族館見学を2班に分かれて行った。水族館ではバックヤードも見せてもらい、講師の久保田先生から説明を受けた。午後は、各班でレポート作成を行った。

3日目の午前は、ホテルにて実習のまとめを行った。どの班も協力してまとめる作業を行い、模造紙に実習の成果をまとめることができた。その後、各自がまとめたレポートの発表会を行った。

今年度の各班のテーマを以下に示す。

- 1班 ヤドカリが殻を失ったときの対応
- 2班 ナマコの生態・ヤドカリ・カニの護身手段・ウニの棘の形状の違い
- 3班 ヤドカリの宿探し
- 4班 ニセクロナマコの研究

##### (3) 成果の発表 学園祭と公開研究会において、海の学校の成果をポスター発表した。

#### ■成果と評価

##### (1) 生徒のアンケートの結果より

海の学校の参加の動機は、興味をもったからという理由がほとんどであった。しかし、今年は講師の先生が変更になり、実習の内容も変更したため、内容はやや難しかった。そのため、「理解できた」が昨年は80%であったが、今年は45%に減少した。

##### (2) 担当者所見

今年は応募方法を変え、サイエンス研究会で実績のある生徒の応募とした。例年通り、熱心に取り組んでいたが、一般生徒を募集したときとそれほど大きな変化はないように感じた。対象生徒をサイエンス研究会の生徒に絞るのか、一般の生徒も含めるのか、次年度以降の課題である。

### 3-6-5 サイエンス川の学校

#### ■実践概要

本プログラムは、中学年(3, 4年)希望者を対象とした、フィールド探査の方法論を学ぶ研究合宿であり、川での体験や講義・実習を通して「自然のありよう」や「自然と人間の共生関係」を体験的に学ぶことを目的としている。1, 2年生希望者対象の「サイエンス海の学校」と連続性を持っており、特に奈良女子大学(理系女性教育開発機構、共生科学研究センター)および下市町との連携のもとに実施している。

#### ■実施概要

日 時	2016年9月22日(木・祝日)～9月24日(土)
調査対象	奈良県下市町周辺の地質および河川の水質
講 師	高田 将志(奈良女子大学教授・共生科学研究センター長) 吉田 信也(奈良女子大学全学共通・教授) 和田 葉子(奈良女子大学理系女性教育開発共同機構・特任助教) 山田 誠(総合地球環境学研究所・プロジェクト研究員)
参加人数	生徒12名(3年生8名、4年生4名)、引率教員3名
調査活動	① FW地点を地図や各種主題図で把握する ② 河床礫・岩盤の地質調査(丹生川、吉野川の2ヶ所) ③ 水質調査(丹生川、秋野川)と室内での水質分析実験・データ整理 ④ 2日間の調査から読み取れることから、さらに課題を見つけ、その課題について、検証していく作業およびポスター発表 ⑤ 「夜のサイエンス」タブレット端末を利用した星空観賞会

#### ■生徒の調査活動

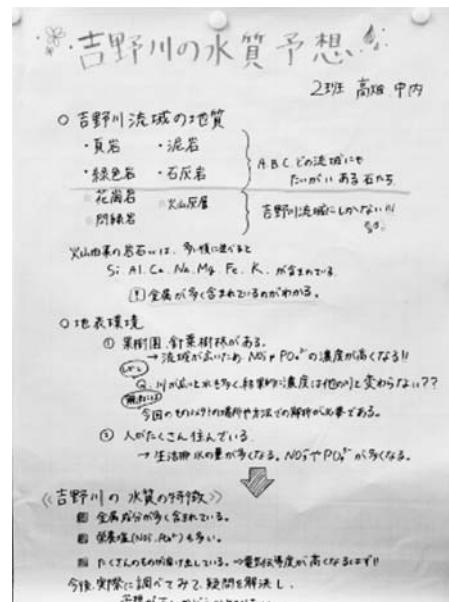
上記調査活動④について、一例を挙げて紹介する。

(左ポスターは3年2名の発表)

このチームの発表は、今回増水により調査できなかった吉野川の水質を、他の河川の調査結果・考察と吉野川の地質調査から推測し、仮説を立てたというものであった。根拠としたのは、吉野川流域の地質から特徴的な岩石を分類したデータと、土地利用図等から周辺環境を割りだしたデータである。その2つから、「金属類が多く含まれる」「栄養塩が多い」という予想を立てた。その予想をもとに、「吉野川の水の電気伝導度は高いのではないか」という仮説を立てている。

#### ■活動の考察と評価

昨年の森林調査に対して、地質調査を中心とした活動が今年度の特徴であった。2年間を1つのサイクルとして、河川の水質調査を軸に、その周辺の森林・地質・生物の調査方法の習得をめざす科学合宿プランづくりにメドがついた。また昨年度は、方法習得に力点が置かれ、生徒たちがそれを応用する場面はなかったが、今年は最終日をその場に当てたことで、より深まった活動になった。



## 第7節 国際交流

### 3-7-1 SSH海外研修① ベトナムISSS

#### ■実施概要

日 時	2016年11月1日(火)～11月5日(土)
場 所	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)
参加人数	生徒5名(4年生3名、5年生2名／男子5名)、教員2名

#### ■目的

HSGSは、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。HSGSと交流(授業体験、科学オリンピック研修会への参加、数学に関する合同での探究活動)を行うことで、世界的な視野で活躍する科学的な人材の育成をめざす。

#### ■日程

11月1日(火) AM	近鉄奈良駅集合 関西空港からベトナム(ハノイ空港)へ
PM	数学の授業観察、Welcome party
11月2日(水) AM	数学オリンピックの授業に参加(Olympiad Math's Class) HSGSで昼食
PM	代数の授業に参加(Algebra class) 幾何の授業に参加(Geometry class)
11月3日(木) AM	解析(微積分)の授業に参加(Algebra class) 代数・幾何(ベクトル)の授業に参加(Geometry class)
PM	HSGSで昼食 ハノイ市内の見学(Water Puppet Showなど) HSGSとの会食
11月4日(金) AM	生徒研究交流(Students' Math's Exploration) 教師学校紹介(Conference for Olympiad Math's Teaching) ベトナム国家博物館・パナソニッククリスピア見学
PM	ベトナム民族学博物館見学 Farewell party
11月5日(土) AM	ハノイ空港から関西空港へ

#### ■実施内容

ベトナム全国から選抜されたHSGSの生徒たちは、国際数学オリンピックのベトナム代表選抜に向け、4回の校内選抜を経て10人に絞られる。我々が参加した選抜者対象の授業は、A4用紙の10問の問題(次頁参照)をひたすら解く内容であった。HSGSの生徒の隣に本校の生徒が座り、時おり言葉を交わしながら、問題と向き合った。しばらくすると、いくつかの問題の解答を生徒が板書した。HSGSの生徒にとって、いくつかは比較的優しい問題であったようだが、日本の高校における学習内容を越えていた。午前中いっぱいをその時間に費やし、十分な時間をかけて強化に取り組んでいる。

一般の生徒を対象とした授業であっても、ベクトルや微積分の導入時に、本校なら数時間はかけるだろう内容を1時間で扱っていた。そして、HSGSの生徒たちは、それが当

然のように課題に挑み続けていた。休み時間になると、元気な話し声や屈託のない笑顔を見ることができたが、先生が教室に入った途端、教室が静まり一気に授業に集中する様に感心した。4日目の研究交流では、本校の生徒が英語で日ごろの研究発表を行い、質疑も行うことができた。

#### ペル方程式の問題

**Problem 8** Prove that for any positive integer  $n$ , there exists only  $n$  degree polynomial  $f(x)$ , satisfying  $f(0) = 1$  and  $(x+1)[f(x)]^2 - 1$  is an odd function.

**Problem 9** Suppose  $p$  is a prime number. The sequence  $\{a_n\}_{n \geq 1}$  is defined by  $a_1 = 1, a_2 = p$  and  $a_{n+1} = 2pa_n - a_{n-1}, n \geq 2$ . Prove that  $\frac{a_{p+1} + 1}{p+1}$  is a perfect square for all  $n$ .

**Problem 10** Let  $a, b$  be positive integers.  $a, b$  and  $a.b$  are not perfect squares. Prove that at most one of following equations  $ax^2 - by^2 = 1$  and  $ax^2 - by^2 = -1$  has solutions in positive integers.



#### ■今後の課題

11月初旬のベトナムは、過ごしやすい季節であった。HSGSの先生方の全面的な協力のもと、授業に参加させてもらうことができた。これは、SAKURA Science Campで構築された協力関係の成果であると考えられる。授業内容に関しては、レベルが高く、本校の学習内容よりも難しく発展的な問題が多くあった。一方で、実質3日間でも授業を欠くことになって、引率教員の授業の確保の問題や生徒の欠課授業に対する支援が十分でなかったなどの問題が生じた。

次年度も同様の交流を予定している。参加する生徒は今回と同じ4, 5年生を考えているが、HSGSの授業に参加するには、高校の学習内容をほぼ終えていなければ対応できない。本校では数学オリンピックの予選には出場するものの、本戦出場を果たす生徒が出ていなかったが、この国際交流に参加した生徒の1名が今年度本選出場を果たしたことから、このプログラムの効果が少しずつ現れるであろうと期待できる。次年度は、本交流プログラムへの参加候補者をできるだけ早く決定し、事前の準備・指導を行う必要がある。

### 3-7-2 SSH海外研修② 大韓民国ISSS

#### ■実施概要

日 時	2017年1月4日(水)～1月14日(土)
場 所	Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)
参加人数	生徒10名(4年生7名、5年生3名／男子6名、女子4名)、引率教員2名

#### ■目的

KAISTは、太田市に位置する科学研究に特化した大学であり、理系大学として韓国で最も人気の高い大学である。韓国では、複数の大学に英才教育院と呼ばれる機関を設置し、小学生から高校生までの幅広い年齢層に対して、高度な理数教育プログラムを実施し能力の育成を図っている。KAISTの英才教育院が主催する「Pre-Undergraduate Research Participation Program」(以下、Pre-URP)は、韓国内の5つの理系大学から25の研究室が参加したサイエンスキャンプである。本年はサイエンス研究会生徒の物理・生物班の10名をこのキャンプへ派遣し、本校の生徒が韓国の理数に関する優れた能力を持つ生徒と、科学的な分野に重点をおいた共通の課題への探求活動や先端の科学技術分野の実験などの学習を行って、国際的な場面において、自己の研究を表現したり議論したりできる力の育成を目指した。

#### ■日程

1月4日(水) AM	近鉄奈良駅集合 関西空港へ移動、仁川空港へ
PM	KAISTへ移動 顔合わせ、スタッフとの会食、研究室のメンバーとの対面
1月5日(木) 終日	研究計画の発表会1(事前学習に基づき、韓国生徒が作成)
1月6日(金) 終日	研究室に分かれての研究活動(KAIST)
夜	世宗市教育委員会関係者との打ち合わせ(教員のみ)
1月7日(土) 終日	研究室に分かれての研究活動(KAIST)
夜	公州大学校英才教育院関係者との打ち合わせ(教員のみ)
1月8日(日) 終日	City Tour(公州・太田市内) 武寧古墳・国立公州博物館(公州市) 太田市内散策(太田市)
夜	研究室に分かれての研究活動(KAIST)
1月9日(月)～11(水) 終日	研究室に分かれての研究活動(KAIST)
1月12日(木) 終日	成果発表会に向けた発表準備・発表練習(KAIST)
1月13日(金) 終日	研究成果発表会(KAIST)
	研究室別のFarewell Party(KASIT)
1月14日(土) AM	仁川空港へ移動、関西空港へ 近鉄奈良駅にて解散

## ■実施内容

本校からは、5年3名、4年7名の生徒と途中交代した2名の引率教員が参加した。今回が2回目実施の本キャンプの目的は、大学の研究室で行われている最先端の科学技術を実際の研究活動を通して高校生に体験させることであり、韓国国内の科学高校や英才教育高校から選抜された100名を超える生徒が参加していた。海外からの高校生を参加させるのは初めての試みであり、本校生徒が参加した研究室の院生や助手の指導はすべて英語であったが、全員が参加する研究者講演(2回)は韓国語であるなど残念な点もあった。

各大学の25の研究室のテーマに、希望に応じて生徒2名づつ5班に分かれ、韓国生徒と合わせ4名で研究室に配属となった。本校では事前にテーマの希望調査を行い、希望分野の2人1組を作り、その組で第3希望まで参加テーマを絞りKAISTの事務局に調整を任せた。その結果、以下のテーマの研究室へ参加することになった。

- ・所得分配の理解のための数学的接近法
- ・持続可能な水素原料生産のための太陽光水分解
- ・スマートフォンを利用した心音聴診技法の研究
- ・視覚と聴覚情報の処理過程を調節する神経回路網の活性測定
- ・正面画像のイメージ分析を通じた3次元形態のイメージ作成

2週間に渡るキャンプの内容は、事前学習に基づいた研究計画の立案や、実験の実施、研究内容の評価および発表活動などであった。指導者、韓国側の参加者のレベルは総じて高く意欲的であり、高い課題にも熱心に取り組んでいた。本校の生徒にとっては、それらを学内の寮で宿泊し、研究中心の大学院生の生活を疑似体験できたことも、今後の研究にとって、意識の向上につながった。

## ■今後の課題

今年度は、招待された時期が直近であったため、派遣生徒については教員側から推薦という形式を用いた。出発が1月3日ということや2週間の長期間の合宿であったため参加をためらう生徒も見られた。今後は、計画的に派遣生徒を決定することで、事前課題を十分に学習する時間を確保させたい。



## 第8節 高大接続

### 3-8-1 講演会の記録

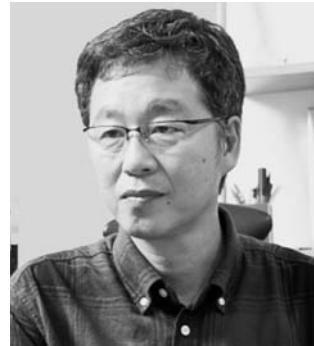
#### ■サイエンス基礎講座

テーマ	生き物の体にお絵かきする方法
日 時	2016年7月4日(火)13:40~
場 所	なら百年会館 大ホール
講 師	近藤 滋 氏 (大阪大学生命機能研究科 研究科長 教授)
参加人数	生徒 738名(1年生~6年生)、保護者 7名
構 成	講演会・質疑応答

#### 講師紹介

近藤 滋 先生

大阪大学 生命機能研究科長



#### 講演概要

～生き物の形や模様のできる原理の探求～  
主に魚を使って、シマ模様やヒョウ柄など、皮膚の模様ができる原理は、アラン・チューリングの「化学反応で波が生物のパターンを作る」という仮説で説明できる。今後は三次元パターンの形成、特に骨の形ができる仕組みへと研究を進めたい。

#### ■サイエンス先端講座

テーマ	地震被害から木造文化財を守る
日 時	2016年12月16日(金) 13:40~
場 所	奈良女子大学講堂
講 師	瀧野 敦夫 氏 (本学 生活環境学部住環境学科 講師)
参加人数	494名(3年生~5年生)、保護者 3名
構 成	講演会・質疑応答

#### 講師紹介

瀧野 敦夫 先生

生活環境学部住環境学科 講師 工学博士



#### 講演概要

兵庫県南部地震、東北地方太平洋沖地震、熊本地震など地震大国である日本には極大地震が頻繁に発生しています。地震を受けるとなぜ建物が壊れるのか、そのメカニズムを解説するとともに、奈良にも多く現存する木造文化財(例えば寺院建築など)の耐震性に関する特徴やその補強方法について実例を交えて紹介します。

### 3-8-2 奈良女子大学研究室訪問

#### ■実施概要

日 時	2016年12月21日(月) 9:30~12:00
場 所	奈良女子大学 理学部・生活環境学部
参加人数	1年生27名、2年生34名、生徒合計61名、引率教員7名
概 要	1. 全体会 2. 1時間目(50分)の研究室訪問 3. 2時間目(50分)の研究室訪問

#### ■実施内容

前期課程(中学校)1, 2年生対象のプログラムである。各研究室で、様々な実験装置や大学にしかない施設・設備を見学し、実際に研究者から研究内容を聞き、理数・生活環境に関する研究の面白さ、素晴らしさを体験する。事前に生徒から訪問したい研究室の希望を調査し、人数調整のうえ、訪問する研究室を決めている。50分の2時間を設定して、2つの研究室を訪問することができる。

学部	領域(講座)	研究室	1時間目	2時間目
理学部	数学	篠田研究室	7	
		嶺村研究室		6
	物理学	凝縮系物理学研究室(吉岡英生)	6	
		高エネルギー物理学研究室(宮林謙吉)		10
	化学	有機合成化学研究室	9	
		有機金属・錯体化学研究室		10
	生物科学	安田恵子 研究室	9	
		岩口伸一 研究室		10
	環境科学	数理生命システム研究室(高須夫悟)	4	
		生態系環境学研究室(佐藤宏明)		8
生活環境学部	食物栄養学科	中田研究室	5	3
	情報衣環境学科	城研究室+吉田研究室	7	2
	住環境学科	室崎研究室(住生活学研究室)	5	4
	心身健康学科	藤原研究室	9	8

(数字は参加人数)

#### ■生徒のアンケート結果 研究室訪問の後、生徒に次の(1)~(3)の質問をした。

(1) 今回この研究室訪問に参加したきっかけは何ですか。		(2) 参加してよかったです	
①家族にすすめられたから	12名	よかったです	54名
②先生にすすめられたから	2名	なんとなくよかったです	7名
③友達が参加するから	2名	少しつまらなかつた	0名
④なんとなくおもしろそうだと思ったから	24名	つまらなかつた	0名
⑤ポスター・案内プリント等から興味をもった	10名		
⑥その他	6名		

#### (3) 参加してどのような事を考えましたか。感想や意見を書いてください。

- 一つのことを深く追求していくのはとても面白い。またいろいろな方向から見ることによって新しいことが発見できる楽しさがあると思った。
- 思わず出会いから今の研究をされてたりして、びっくりした。将来人に役立つことがたくさん研究されていて、自分もやってみたいと思った。

#### ■考察

本プログラムは、参加生徒の満足度が大変高い。特に、「難しくてわからないことも多い」が、そのことが逆に学問の世界への興味を高め、学問の社会的な意義にまで言及している生徒も多かった。ホンモノに出会う体験が、高校生段階での興味のベースを形成していくことになると考えている。

## 第9節 運営指導委員会記録

実施日	2016年7月11日(月) 10:00~15:00
対象	第1回運営指導委員会
出席	郷上 佳孝（佐藤薬品工業株式会社） 宮川 さとみ（大阪大学大学院医学系研究科） －学内委員－ 山下 靖（奈良女子大学理学部） 吉田 信也（奈良女子大学全学共通・理系女性教育開発共同機構） 寺内 かえで（奈良女子大学理系女性教育開発共同機構）
構成	①今年度のSSHの取り組みについて ②本校理科・数学科のカリキュラムの特徴について ③本日の公開授業について 5年物理・・・振り子の運動の解析（単振動） 1年数学・・・17段目の不思議（文字式の利用）

### ■指導助言

**郷上委員**：物理については実験が大事であり、失敗を学ぶ意味がある。ただし、失敗の原因が見通せ るよう、条件の調整をするなど結果の出る実験を進めた方が良い。数学については、生徒の興味関心を引き出す面白い題材だった。考えさせる点では、面白い授業だったが学習のねらいが明確になるようなまとめが必要だと感じた。

**宮川委員**：授業案における授業展開と実際の活動時間のずれから実験時間が短くなった点が残念だっ た。65分の中で実験時間の割り振りなどを検討する余地がある。低学年では、途中でリラックスで きるような工夫が必要ではないか。65分を長いと捉えず、授業展開と内容の調整が必要である。

**山下委員**：予備実験において道具の確認が不十分だったのでないか。重力加速度を生徒が求めたい と思う課題であったんだろうかを再考する必要がある。数学は、多様なアプローチができる良い問題 であった。いきなり最終結論を考えさせるのではなく、もう少し細かいステップを問うても良かった。

**吉田委員**：内容を詰め込みすぎずに、目標と活動内容を整理した方が良く、実験の位置づけを明確に する必要がある。数学の授業において文字をどうして使わないので、生徒が文字を使わないのであ れば、文字を使う必要性を感じさせる問い合わせが必要になる。

実施日	2017年2月18日(土) 9:30~14:30
対象	第2回運営指導委員会
出席	野間 春生（立命館大学情報理工学部） 郷上 佳孝（佐藤薬品工業株式会社） 宮川 さとみ（大阪大学大学院医学系研究科）

	<p>—学内委員—</p> <p>西村 拓生（奈良女子大学大学院人間文化研究科）</p> <p>宮林 謙吉（奈良女子大学理学部）</p> <p>山下 靖（奈良女子大学理学部）</p> <p>吉田 信也（奈良女子大学全学共通・理系女性教育開発共同機構）</p> <p>寺内 かえで（奈良女子大学理系女性教育開発共同機構）</p>
構 成	<p>①成果発表会の公開理数融合授業について</p> <p>②理数シンポジウムでのワークショップについて</p> <p>③サイエンス研究会ポスター発表について</p>

### ■概要説明

長谷：今回の公開授業では、サイエンス・イシューズ（教科横断型の課題、異教科の連携授業、課題研究）を公開しました。現在、「理数探究」という新しい教科が文科省から発表されています。それに向けて、連携授業が有効的にできるか、カリキュラムにどう位置付けるか、などについて本校でも検討を進めています。本校では理科と数学の教員が相互にカリキュラム内容を理解し相談しあえる環境ができていることが他校にない特徴であるといえます。今日見ていただいた取り組みを課題研究の位置づけにするのか、分散型の教科の中に入れつつ将来の探究活動に活かすための導入として使うのかなど、ご助言をいただきて、今後の研究を進めたいと考えています。

### ■指導助言

郷上委員：とても良い公開授業でかなり挑戦的な授業の形であった。それに対して、たくさんの意見を得られ、活発なディスカッションも交わされて、改善点がたくさん見つかったのは良かったのではないか。

WS の生物と数学では、昨年の公開授業の継続で、生徒がどのように考えて結果を出しているのか楽しみにしていた。実験についてパラメーターを考えて増殖曲線を照合し、実際に予想していたところや違っていたところなど、結果を見て色々な考察ができたのでは。自分で色んなパラメーターを考えて（仮説）、実験していくことはすべてにおいて共通大事なところだと思うので、生物・数学含め取り入れて研究できることは素晴らしい。

WS の化学と数学は、大学だと有機化学という授業があるが、いろんなことを考えずにやると丸暗記の科目になりやすいので、そのあたりの解消にもなるのではないか。元素を化学と数学の両方の立場や見方から考えることは、生徒を教える際の切り口になるのではないか。

ポスターセッションについては、粘菌の研究をしているグループの生徒が特に印象的だった。粘菌の健康状態が匂いでわかるというくらい、とても粘菌を愛しているところに感心した。実験するにあたって対象に興味をもち“好き”でいることはとても大切なことだと思う。もう少し、研究や栽培の結果に対して原因を考えるにあたり、分子生物学の考え方を取り入れていったらよい。

野間委員：プログラミング教育の「プログラム的思考」とは何だろう。「プログラム的思考」はコンピュータに限定されることではなく、例えば料理なんかはプログラムの塊だ。段取りを決め、一汁一菜を温かいものは温かく、冷たいものは冷たく。きちんとタイミングよく揃えるために、あらかじめ頭の中で手順をつくって、それに合わせて提供することはプログラムそのもので、必ずしもコンピュー

タにこだわる必要はないとは私は考えている。プログラムを使った思考が面白いところは、コードという言葉を使うことで形になるというところ。昨今のインターネットを使えば、距離と年齢が関係なくなり、インターネットの上で協働してプログラムをつくるということは世の中では当たり前になっている。そうなると、見えないものを形にできて、それを覚えて、共有できるということは、集団で知識をつくりあげるということ。そのような「プログラム的思考」の醍醐味を今後、導入されはどうか。プログラム教育で懸念を感じている点は、大学でプログラムコンテストを開催した際に、優勝した中学生はプログラム塾の参加者だった。レゴの塾などもあって、レゴを使ったロボットコンテストの世界大会に関しても日本から参加していたチームは塾の参加者が目立った。塾で教えるプログラムは本当にそれでいいのかなと、プログラムに限らず数学やその他の科目も一緒だと思うが、塾のいいところと悪いところがあると思うので、この先どうゆう住み分けをしていけば良いのか模索している。

ポスター発表では、バーチャルリアリティやクアッドコプターの開発について話を聞いた。どちらもあの学年でここまでできるのは凄いなと感心した。同時に、先生方の指導が熱心なのだろうと感じた。一方で、技術的にはとてもつまらないことで躊躇しているところも見受けられた。本人も苦手意識やできなかつたという回答があったが、専門家に聞けばすぐに解決するところ。ICTの世界はその技術を知っているか知らないかで決まってしまうところがあるので、大学やIT系の企業と連携をしてはどうか。

附属の先生方は、子どもたちの興味や好奇心の出し方が大変うまいと感じた。

**宮川委員**：WS情報と科学については、好奇心のある生徒をこのような環境に置くのは大切である。生徒たちは、一回経験すると自分でつくってみようと、次へ次へと進んでいけるだろう。しかし、全員必修の授業でそれができるかというとカリキュラムの中では難しいのではないか。実際は希望者を募って行うというのでも、プログラムの授業を続けていったほうが良いと感じた。

WS生物と数学では、今年の取り組みとして細胞の大きさと核の大きさの数学的比較を行った。細胞を見て、平均的に出してもその平均値でいいのかということを問題とし、生物の多様性を学ぶことと、数学の統計処理の学習とが融合していた。実際に、数学のt検定についても説明されていてよかったです。予備実験や理数の分野が融合した授業は、実験の準備が大変で、教員に負担がかかるのではと思うが、大学で学ぶ内容がこういった形で先取りされるのは良いことだ。

**石井委員**：早退につきコメントのみ

①理数融合の意味は、生徒にとってはもちろんだが、科目間を超えた教員同士の話し合いや繋がりが非常に重要である。附属で行っている理数融合に関する研究の教員同士の研究会は、とても大きな意味があり、その研究会の活動過程を外部に発信していくことが大事ではないか。

②新科目については、今は名称が「理数探究」だが、原案の段階では「数理探究」という案もあった。数学中心の探究活動は非常に困難である。いい実績例が少なく、理科中心の課題研究、探究活動になったという経緯がある。本日、附属で見せていただいたポスター発表会の生徒の研究内容について、他校に比べて数学の探究活動が非常に多いので、そのあたりを外部に発信していくことが大事ではないか。

**西村委員**：素朴な問い合わせを提起してみようと思う。改めて、融合の意味は何だろう。中高のカリキュラムでは教科の融合、大学レベルでいけば研究領域や学問分野などの融合。そのことの本質的な意味は

何だろうという問い合わせ。教育学的な古典的な問い合わせだが、実験することと科学的知見との関係、それがいったい学習活動の中でどのように共存するのだろうという問い合わせ。

融合を試みることは、教員にとっての意味はあるなど、本日の会に参加して強く感じた。本日は、生物と数学、化学と数学の WS を拝見したが、当事者が楽しそうにやっていることはそれだけで意味がある。改めて、それを表明していけば、SSH のいい成果になるのでは。生徒にとっては、特に t 検定をきっちり高校段階で知っておくことは重要であると思った。学問領域の融合は、大学では学際と 20 年くらい言われているが、最初から学際を狙ったカリキュラムは上手くいっていない。これは高等教育だけの事情なのか、同じことが中等教育段階であるのかどうなのか。限られた時間の中で、例えば、体験するとか実践するとか、そのプロセスで得られる科学的知見と知識を身につけるということの両方が大事だと思うのだが、それを中等教育段階でどのようなバランスでやつたらいいのかを考えなければいけない。

今回の研究開発（SSH）のテーマは科学技術イノベーターの育成ですよね。理系の専門性を持った人を育成するというイメージですから大学での専門性にどう結びついてくるのか、ひとつの考え方として、中等教育段階でしっかりと知識をつけたほうが良いという意見があるかもしれない。また、好奇心を養っておいたほうがいいという意見もあるかもしれない。そのあたりは逆に理系の先生に伺ってみたい点である。

21 世紀に必要とされる教養を備えた市民の育成をテーマにされていますが、Ⅱ期 SSH から“市民的教養としての理数”が主題になっています。今回の授業内で生徒に t 検定を教えることは、それに対する必須要素だといえる。実際に経験するのは、自然科学を踏まえて思考できる市民を育てるために重要なことだと考える。

**宮林委員**：教養教育に関してどう考えるかということについて。大学生を相手にしておりますと数学の問題は数学、物理の時間に習う知識や法則は物理の中でだけの問題として扱う。筆記試験である程度まとまった点をとるための訓練の弊害かもしれません、頭の中が縦割り行政のような思考方法になっている気がする。

化学の授業で学んだことはその教科の問題が出た時だけ使う、物理の授業で学んだことはその教科の問題が出た時だけ使うような思考方法をしていると、先端的になり未知の課題に挑戦しないといけなくなった時に、手がかりを掴む知恵の選択肢がものすごく限られる。重要な場面で突破力が発揮できない研究者になってしまふのではないか。そうなってしまうとものすごく生徒にとってかわいそうなことだと思う。

昨日の授業も屈折の法則をある点からある点までかかる時間の最小値問題というふうに見た経験が実はなかった。そういうものの見方があるということを見逃していた。以前、生徒の研究発表会を拝見したときに、生物分野の生徒も数学が得意な生徒と一緒に課題を考えるといいよと助言したことがあった。本日の公開授業では、それらが形になってカリキュラムの一部として出来上がっていたところが良かった。頭の中を分野でわけず、それまでに自分が見聞きしたこと、経験したこと、考えた事など、バックグラウンドを全部使って目の前の問題にチャレンジできる研究者になっていって欲しいと思う。もちろん、実験準備や説明の方法や生徒に対する問い合わせの立て方とか、記述的に細かいところを見ていくれば改善点はたくさんあるが、公開授業の計画全体のプロットそのものは間違っていない。

**山下先生**：科学において良い研究結果を出せる人はどうゆう人なのかなと考えてみると、良い結果を

出すには自分の能力にあった課題をうまく探し当てることが大切である。1の能力の人が1の課題をうまく探し当てると1の結果がでるかもしれないが、10の能力の人が100の課題に挑戦しても未解決で終わってしまうかもしれない。ちょうどいい問題をうまく探し当てるということは、運の要素も大きいが、一番教えにくいところ。そのあたりの課題の探し方を附属の授業では上手くやっておられると感じた。

生物と数学のWSは、生物と数学の問題を融合させることができ、比較的珍しい中で、非常に意味のあることだと考える。数学で関数が出てきて指数関数が出てきたところに、なぜ指数関数を勉強するのかという疑問に対して、関数を勉強する意味というのは生物だったら現象を記述するものだったり、物理現象を記述するものだったり、経済現象を記述するものだったりと一つの意味を与えるものになる。融合することによって、それぞれの分野を勉強することの意味付けができるし、数学の発展自体がそういう面もあるので、単独では意味のわからないものが融合することによってなぜこれが生まれてきたのか、という意味に辿り着くのが融合の一つの意味なのかなと感じた。

ポスター発表では、数学関係の研究が多いというのが特徴だと思った。高校生レベルだと難しくなりがちな課題選びもいい問題を選んでいる。現代の数学の先のほうまで続いている良い問題を選んでいるなと思った。

**吉田先生**：昨日の公開授業に関して、技術的には色々あったかもしれないが、いい授業で面白かったと思う。こうゆう授業が1年目の先生でもできるというのは、周りの先生たちの支えがあり、一緒にやってきたことが大きいのかなと思う。融合することで先生が成長すればいいのかなと思っている。月1回の理数研究会で分野を超えた先生たちで意見を出し合いながら授業を理科と数学でつくっていくというのは、先生の成長の一つのきっかけとなっているのではないだろうか。SSHになってからは、昔から比べると教科間の垣根もとれてきて、理科と数学で会議をはじめて、理数と一緒にやっていくこともできてきて、それで先生もどんどん成長しているのだなと感じた。先生が成長して色々な興味を持って一緒にやっていく中で、それをやっぱり生徒も見ているので、伝わるだろう。何ものにも捉われないで色々考えて発言していく生徒が育っていくと思うので、これからもどんどん先生方に成長していって欲しいなと思った。

融合などをやりながら、子どもたちに意義を教えること。物理なら物理、数学なら数学など公式とか色々なことを学ぶときに、その知識にどんな意味があるのか、もしくは連携というようなことをちゃんと伝えていって欲しいなと思う。そうでないと、覚えるだけ、公式を使うだけになってしまふ。意味を教えようと思ったら、理科と数学とか、もっと人文世界科学の垣根を越えて、先生自身が学んでいく必要があると感じる。その土台はきちんとできていると思うので、引き続き頑張って欲しい。

化学と数学のWSは、先生たちがグループで話されている姿を見て、2時間くらい使って、他の学校の先生たち同士で授業を一つつくるといったようなワークショップができればいいなと感じた。他の学校の先生方に、こういうふうにやれば理数融合授業ができますよ、難しいと思わなくともやれますよ、大丈夫ですよ、というメッセージを力強く発信して受け止めてもらえるような研究会を考えてもらえた面白いだろう。

## 第 10 節 事業評価

### 3-10-1 卒業生追跡調査

#### ■研究目的

第 1 期 SSH 指定以降、10 年間の研究開発が、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を行う。本年は調査方法を検討した結果、インタビューにおける設問を反映し、アンケートを実施することとした。また、回収後はその評価方法について検討する予定である。

また、本校生徒の理数に対する意識を調査するために、国際平均と日本平均との比較が可能な、PISA で実施されている項目を参考とした調査項目を作成し、本校の全生徒に対して「理数意識調査」を実施している。これにより、SSH の取り組みと生徒の意識の経年変化を調査する(後述)。

#### ■卒業生アンケート項目

アンケートは、過去 10 年間の 6 年生理系クラスから、サイエンス研究会(SSH 指定時から発足した科学クラブ)に所属した生徒については全員、これを含め学年あたり各 30 名ずつを無作為抽出し、約 300 人程度を対象として行う。サイエンス研究会における活動を最後まで続けた生徒は、この 10 年間で 76 名に及んでいる。回収率をあげるため、質問紙の配信・アンケート回収は web による方法を予定しており、2 月中に配信する。

##### 1. サイエンス研究会について

- ① サイエンス研究会とはどのように関わりましたか
- ② 活動のきっかけは何ですか(以下、該当者)
- ③ 研究課題はどのように決めましたか
- ④ 研究課題はいつごろ決めましたか
- ⑤ グループ研究はしましたか。した場合、どのようにうまく続いたか
- ⑥ 研究が深化した理由、またはうまくいかなかった理由
- ⑦ 苦労したこと、困ったこと
- ⑧ 研究活動と顧問との関わり
- ⑨ プレゼンテーションをどのように学んだか。上達できたか
- ⑩ サイエンス研究会に入って得たもの

##### 2. スーパー・サイエンス・ハイスクール全体について(全員解答してください)

- ① 全校対象の SSH 行事で参加した経験があるものは何ですか。その影響について
- ② あなたの進路は。また、今後の夢があれば教えてください
- ③ SSH で経験したことが、大学で役立ったり、応用されたりすることはありましたか
- ④ SSH の国際交流について、経験や成果があれば教えてください
- ⑤ SSH は、日ごろの授業にどのように反映していると感じますか
- ⑥ SSH を振り返って、特に印象に残っていること
- ⑦ SSH に対して考えること。経験してよかったですか

これらの設問は、2015 年 12 月 30 日および 2016 年 1 月 11 日に行い、昨年度の研究開発実施報告書に抜粋して掲載した卒業生インタビュー(2 時間程度のかなり長時間におよんだものから、テープ起こしをして参考にした)をもとに、SSH が生徒に与えた影響が具体的にわかるようなものを想定した。

サイエンス研究会に所属した生徒と、一般の生徒とで差異が見られるかについても注目したい。

### 3-10-2 理数意識調査

#### ■調査の概要

第Ⅰ期と第Ⅱ期に続いて、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みるために、本校生徒の理数に対する意識調査を行ってきた。本調査は2011年度から毎年9月1日に実施している。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方について
- ③数学の授業について
- ④理科についてのあなたの考え方について
- 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科学を通した国際交流について

今回は、これまで6年間実施したこの調査の結果から、本校生徒全体や学年の特徴的なことがらと、本校の理数に関する教員の指導法についての考察と評価について述べる。

#### ■理数意識調査の結果と分析

右のグラフは、6年間分の11グループ（同一集団約120名）の推移を表している。集計は4つの選択肢のうち肯定回答の2つの、有効回答に対する割合(%)を求めた。すると、次のような3つのパターンが見られた。

傾向を読むために、6学年・6年度の36グループの平均値を用いて、次のように定義した。

- (A)：どの学年・年度もほぼ同じ傾向にある項目
- (B)：学年進行で変動がある項目
  - 同一学年のレンジが20ポイント以上になるもの
  - (C)：学年集団の間でばらつく項目
    - 同一学年のレンジが25ポイント(%)の差)以上になる学年が3つ以上、または、レンジが30ポイント以上になる学年が1つ以上ある

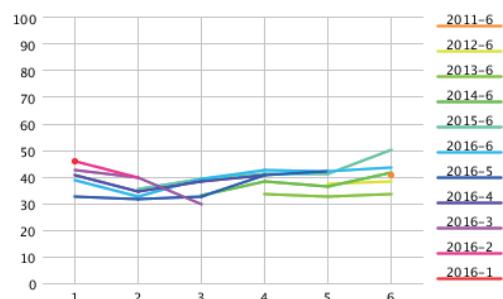
学年や年度によって平均値が変わらない項目(A)は、教員の指導法による影響は少ないと考えられる。しかし、学年進行とともに上昇・減少する項目(B)や、同一学年であっても集団により平均値がばらつく項目(C)は、何かが影響していると考えられる。

その一つとしては、教師による授業スタイルが一つの要因として考えられる。教員が専門分野を持つ理科では、分野や科目によって専門科目教員が担当するため学年・年度間のばらつきが少ない。一

#### (A)どの学年・年度もほぼ同じ

Q111 私は、科学を必要とする職業に就きたい

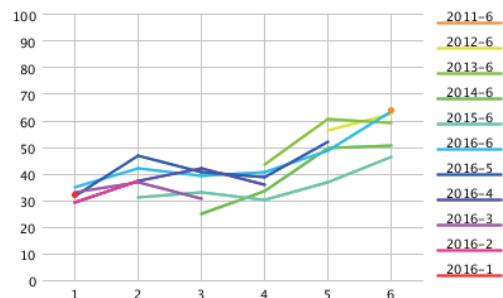
Q111 avg0.39



#### (B)学年進行に伴い変動がある

Q88 遺伝子組み換え生物の利用（についてどのくらい知っていますか）

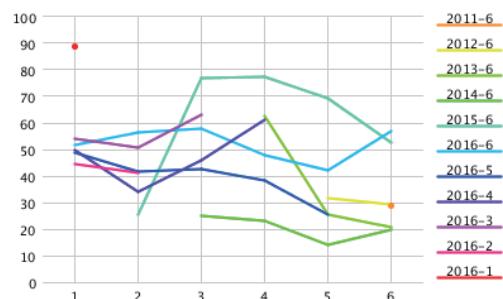
Q88 avg0.42



#### (C)学年集団によりばらつくもの

Q36 (数学の授業で) 生徒は例題や問題について話し合いをする

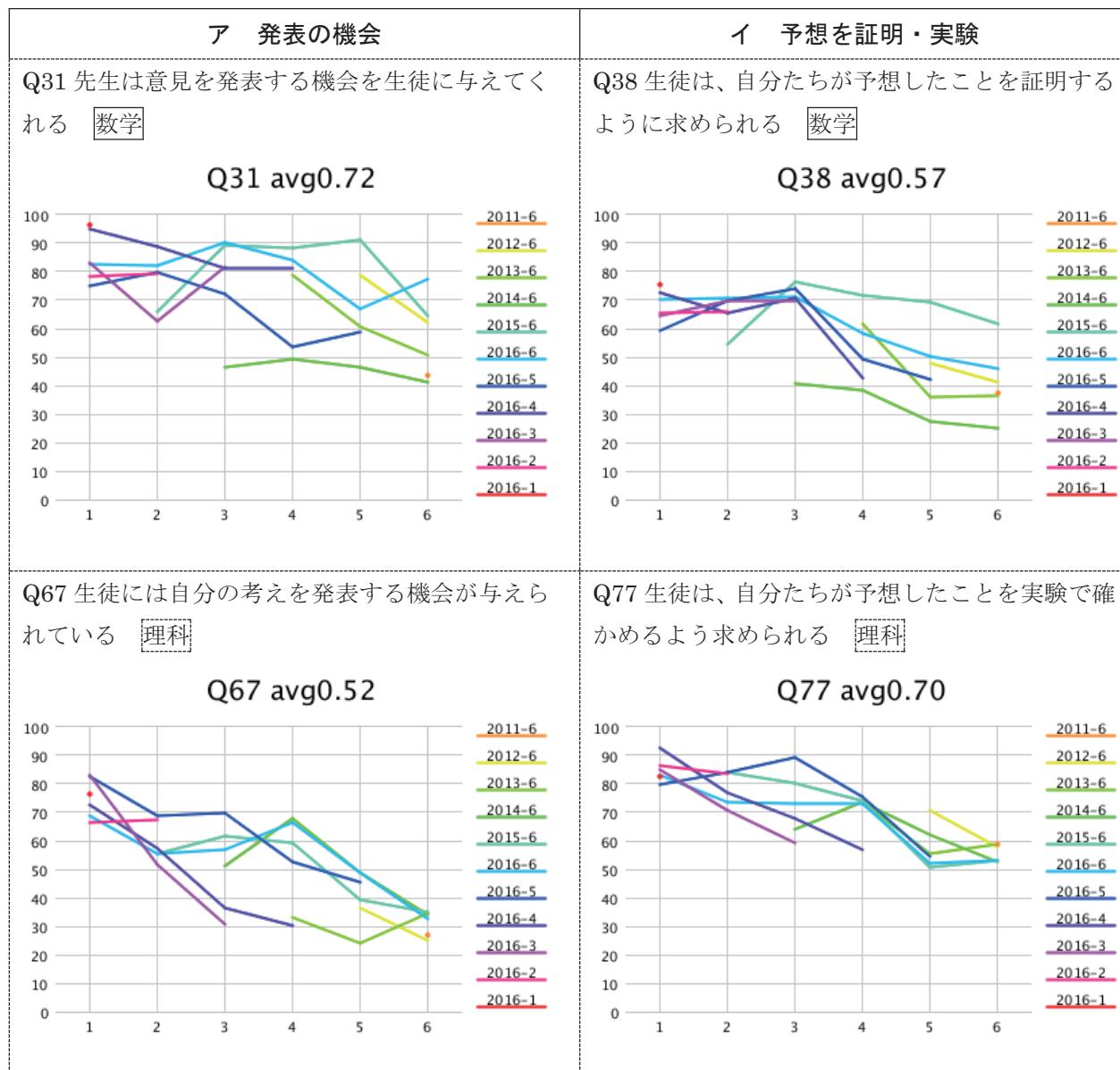
Q36 avg0.45



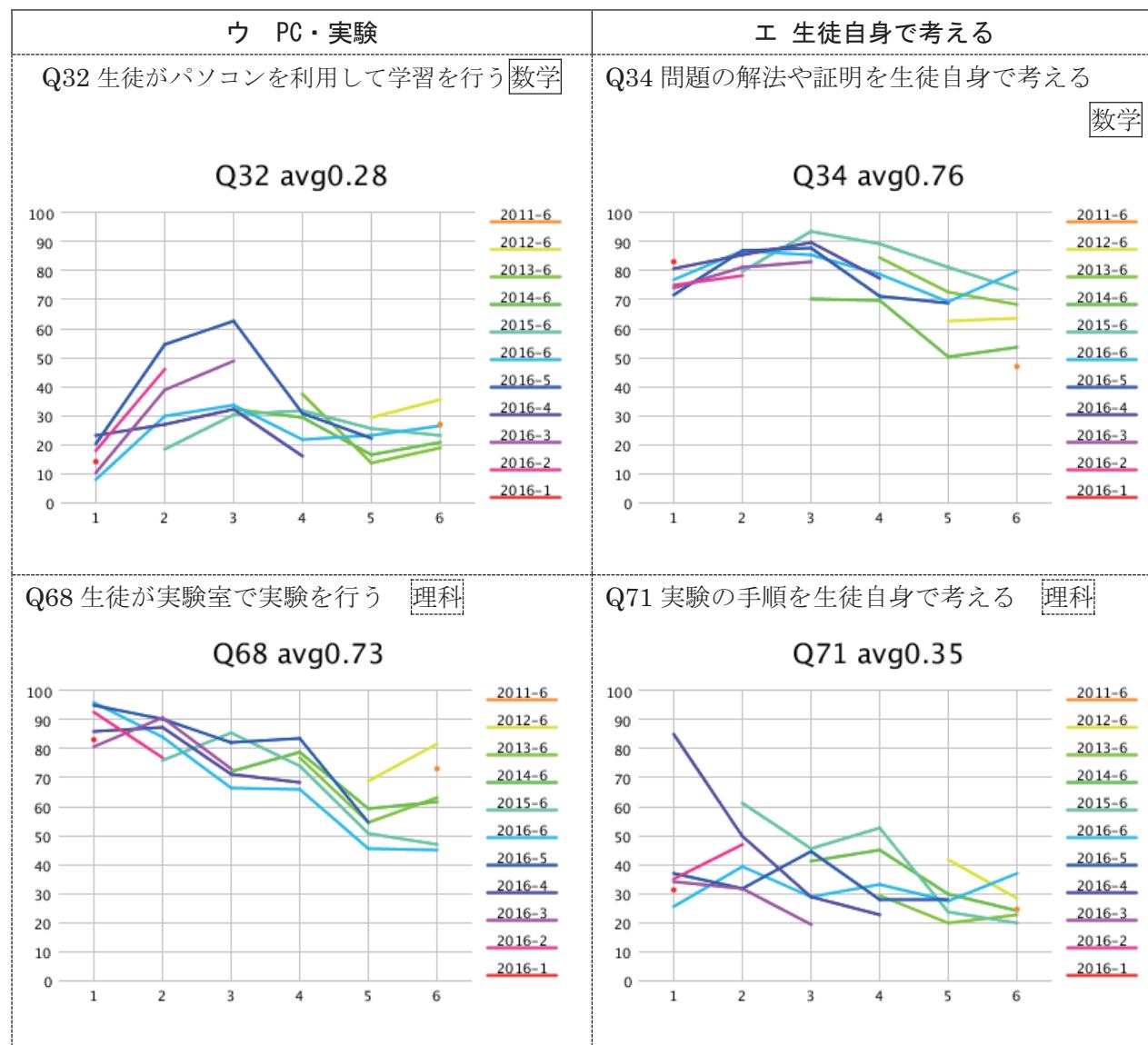
方、数学では一人の教員が学年を担当し、教科担当者として持ち上がることが多い。そのため、教員個人の授業スタイルが受け持つ学年に浸透し、そのため学年・年度による違いがアンケート結果に顕著に表れたと考えられる。

セクション	A どの学年・年度も同じ	B 学年で変動	C ばらつく
①あなた自身	5	0	0
②数学についての考え方	16	2	8
③数学の授業	1	0	7
④理科についての考え方	25	0	10
⑤理科の授業	12	1	7
⑥環境	22	1	1
⑦職業と科学	4	0	0

※⑧はアンケート未実施の年度があるため、また、Q115は自由記述のため分析対象から除外する。



ここでは、理数の授業それぞれについて、同じ内容の質問項目の中で差異の大きなものについて考察する。ただし、6年次の文理選択と質問項目118項目の相関を調べたが、科学に関する職業についての項目で差異が出た以外は、相関関係は見られなかった。



### (1) 授業において発表する機会に関する項目

#### [データの特徴]

発表する機会に対する生徒の意識は、数学では学年集団間の差が大きいが、学年進行に伴う変化は小さい。一方、理科は学年集団間のばらつきは比較的小さいが、どの学年集団についても学年が進行するにつれて、低下する傾向にある。

#### [分析]

数学の授業では一方的な講義だけではなく、生徒の意見を取り入れながら授業を進めることが多いが、各学年集団を複数年度にわたり担当する担当者の授業スタイルの影響が大きいと考えられる。一方理科では、学年が進行するにつれ、学習すべき内容が高度化し増加する中で実験時間を確保するために、実験活動以外の活動については、発表形式より講義形式が多く採られるため、発表機会に関する意識が低下していると考えられる。

## (2) 授業において予想を証明・実験する機会に関する項目

### [データの特徴]

理科、数学とも5割以上の生徒が授業内で予想を証明・実験する機会が設けられていると認識しているが、学年が進むにつれてその割合が減少傾向にある。

### [分析]

発表する機会同様に、学年進行とともに理科、数学とも学習内容が多くなることから、時間をかけて、実証的に学習する機会が十分に確保できていない。また、内容が抽象化することもあり、実験や証明だけではなく、思考する場面が増加することも要因と考えられる。ただし、講義形式の授業であっても予想や仮説を立てる活動を部分的に取り入れたり、実験時間を確保したりするなどの努力は行っており、今後も意識的に証明や実験などの活動を保証することが重要である。

## (3) 授業におけるPC利用や実験の機会に関する項目

### [データの特徴]

数学の授業でのパソコン利用に関する生徒の意識は、低学年では高く、後期課程なるにつれ利用頻度が低くなるため低下する。理科の実験については、低学年での授業において、実験の頻度は7割前後あるが、学年進行とともに減少傾向にある。

### [分析]

本校の理科は以前から実験を重視し、実験教室が4室(物理教室・化学教室・生物教室・地学教室)ある。PC教室は2室あり、2,3年の幾何分野ではPC教室での授業が時間割内に固定され、割り当てられている。その他の授業では、国語や情報、総合的な学習の時間など、数学以外の教科でもPC教室を使用するため、時間割に設定できず、利用頻度が低下する。

## (4) 授業における生徒の主体的活動の機会について

### [データの特徴]

数学の授業の中で、解法を生徒自身で考える機会については、約7割以上の生徒が意識をしているのに対し、理科の実験を生徒自身で考える機会に対する意識は、5割を切る傾向にある。

### [分析]

数学は、教科の特性上、生徒自身が主体的に問題を解くことが主たる活動であるため高い数値に繋がっていると考えられる。また、課題に個人で取り組む時間を確保しているため、生徒にとって主体的に活動している意識が強く出たと考えられる。理科の授業では多くの実験をするが、学年進行とともに実験方法が高度になり、実験結果の考察は生徒自身が行うものの、実験そのものを自主的に計画し実施する機会は少ないことが理由として考えられる。

## ■今後の課題

2016年度から4年次の総合学習「世界Ⅱ」で、実験・調査のための自然科学的アプローチを取り入れた探究活動を実施している。そして、2017年度から「SS課題研究」を6年次で開講し、予想・実験や証明・発表を行う。

このような授業を通して、自ら問い合わせ立て、その問い合わせを解決するための科学的方法を立案し、実際に実験・観察をすることを通して、仮説の妥当性を検証する生徒を育てていきたい。そのためには、本調査の6年間にわたる結果の分析を有効に活用し、各教師の授業スタイルの長所を共有していくことが必要である。また、本校は次年度から65分授業を行う。65分授業に適した教材や指導方法を理数全体で議論しながら、カリキュラム改善につなげていきたい。

## 2016年度(平成28年度) 教育課程

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(3)	国語総合(4)	国語総合(5)	現代文(2)		現代文(2)								
2					古典(2)		古典(2)								
3		情報と表現(1)			古典講説(1)		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)							
4					日本史B(3) 世界史B(3) 地理B(3) *(3)	物理(3) 生物(3) *(3)									
5	社会(3) 地理的分野	社会(3) 歴史的分野	現代社会 I (2)				古典講説(1)	化学(4) 物理(4) 生物(4) *(4)or(8)							
6			現代史 I (2)	日本史B(3) 世界史B(3) 地理B(3) *(3)											
7				世界史B(3) 地理B(3) 倫理・政経(3) △(0)or(3)											
8	理科基礎 I (4) 数学基礎 II (5) 代数分野 幾何分野	数学基礎 II (5) 代数分野 幾何分野	数学探究 I A(3)	現代史 II (2)	世界史B(3) 地理B(3) 倫理・政経(3) *(3)	物理(3) 生物(3) *(3)		化学(4) 物理(4) 生物(4) *(4)or(8)							
9															
10					数学探究 II A(3)	化学基礎(2)	日本史特講(2) 世界史特講(2) 地理特講(2) △(0)or(2)								
11				数学探究 II B(2)											
12															
13		理科基礎 II (4)	自然探究 I (3)	数学探究 II B(2)	地学基礎(2) 音楽 II (2) 美術 II (2) △(0)or(2)	化学基礎(2) 化学(2)	化学演習(2) 地学演習(2) △(0)or(2)								
14															
15				自然探究 II 物理基礎(2) 生物基礎(2) (4)	解析 I (4)	解析 I (4)	物理演習(2) 生物演習(2) △(0)or(2)								
16		音楽(2)													
17															
18															
19		美術(2)	技術総合・家庭総合(2)	音楽 I (2) 美術 I (2) 書道 I (2) 工芸 I (2) *(2)	音楽 I (2) 美術 I (2) 書道 I (2) 工芸 I (2) *(2)	代数・幾何(3) △(0)or(3)	数学演習 I ・ II (2) △(0)or(1)or(2)	解析 II 特講(2) △(0)or(2)							
20															
21				体育(3)	家庭総合(2)	代数・幾何(3)	数学特講(2) 音楽 III (2) 美術 III (2) 大学教養特講(1) △(0)or(1)or(2)								
22															
23															
24				体育(2)	体育(2)	Reading(2) △(0)or(2)	現代文特講(2) △(0)or(2)								
25		Introductory English I (3)	保健(1)	Topic Studies I (2) Reading	保健(1)	Topic Studies III (3)	Topic Studies IV (3)								
26															
27			Introductory English II (3)	Topic Studies I (1) Writing	Topic Studies II (3) Reading										
28															
29	Introductory English I (1) Speaking	BasicEnglish II (1)	Topic Studies I (1) Speaking	Topic Studies II (1) Writing	Topic Studies III (3)	Reading(2) △(0)or(2)	理科特講(2) 数学特講(2) △(0)or(2)								
30															
31	道徳(1)	Introductory English II (1) Speaking	情報の科学(1)	Topic Studies II (1) Speaking	Topic Studies IV (3)	Writing(1)	HR(1)	HR(1)							
32	HR(1)														
33	寧楽 I (2)	HR(1)	世界 I (2)	探究・世界 II (2)	コロキウム(2)	Writing(2) △(0)or(2)	HR(1)	HR(1)							
34															
短期集中		探究・奈良 II (1)	CG I (1)	AG(1)	AG(1)	AG(1) △(0)or(1)	テマ研究(1) △(0)or(1)	テマ研究(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)									

\* 必修選択 △自由選択

※2016年度は移行期のため、2年「探究・奈良 II」、4年「探究・世界 II」である

# 学習指導要領改訂と 高大接続改革

特集

現在、中央教育審議会教育課程部会では、次期学習指導要領改訂に向けた議論を進めている。平成27(2015)年8月の「論点整理」、その後の各学校設置等別・教科別ワークグループでの議論を経て、その方向性が明らかになりつつある。

次期学習指導要領の特徴は、これから求められる資質・能力を「知識・技能」「思考力・判断力・表現力等」「学びに向かう力・人間性等」の「三つの柱」に沿って整理し、こうした資質・能力を育むために、「何を学ぶか」だけでなく「何ができるようになるか」「どのように学ぶか」という視点からも改善することだ。質・能力を教科構造的な視点から育むことができるよう、カリキュラム・マネジメントを通じて教科間の連携を図っていくことも強調されている。また、今回は高等学校教育の改革がポイントであり、高校の教科・科目の再構成が行われ、新設される科目もある。

Part 1では、それらの特徴について、教育課程部会教育課程企画特別部会の検討内容から報告する。

Part 2では、高大接続システム改革会議「最終報告」で次期学習指導要領下(平成36(2024)年度-)における大学入学希望者学力評価テスト(仮称)において、「適切な出題科目を設定する」と言及されている教科・科目について、科目的概要と、関連する高校の取り組みを紹介する。具体的には、自国・動向とグローバルな動向を判断的・相対的に捉えて考察する「歴史統合」、持続可能な社会づくりに必須となる地域規模の諸課題や、地域課題を解決する力を育む「地理統合」、数学と理科の知識や技能を総合的に活用して探求活動を行う「理数探究基礎」、「理数探究Ⅰ」、「小・中・高の全ての教科・科目を通じて育む「情報活用能力」「問題発見・解決能力」を育成するための中核の科目として位置付けられる『情報Ⅰ』『情報Ⅱ』である。

なお、今回の記事は、8月15日現在の情報を基に構成している。8月末には「審議まとめ」が、今年度中に答申が公表される予定なので、最新の情報はそちらをご確認いただきたい。

各教科・科目名はいずれも仮称

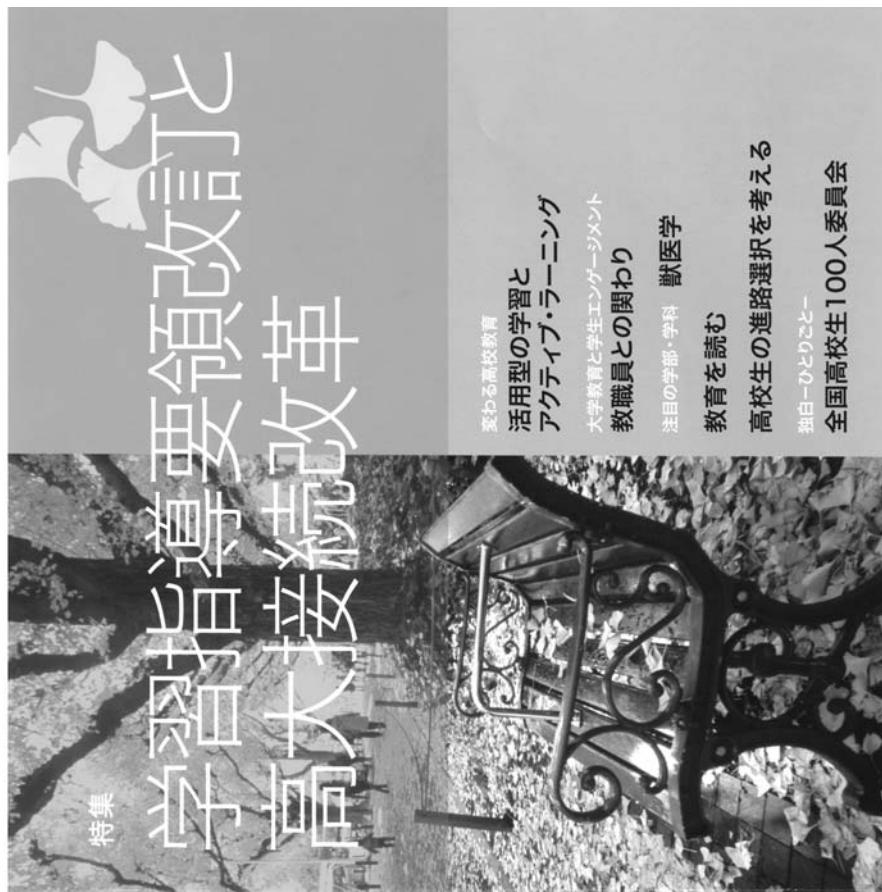
## CONTENTS

<b>Part 1</b>	概説	p3
学習指導要領改訂に向けた検討状況		.....
<b>Part 2</b>		新設科目の特徴
概要		.....
[歴史統合]	事例 神戸大学附属中等教育学校	.....
[地理統合]	概要	p7
[理数探究基礎]	事例 奈良女子大学附属中等教育学校	.....
[理数探究Ⅰ]	概要	p8
[情報Ⅰ]	事例	.....
[情報Ⅱ]	東京都立町田高等学校	.....
	概要	p12
	事例	.....
	概要	p13
	事例	.....
	概要	p17
	事例	.....
	概要	p18

これからの高校と大学での学び、そして高大接続を考える

# Guideline

9  
2016 September



河合塾  
全国進学情報センター

河合塾ホームページ <http://www.kawai-juku.ac.jp/>  
Kei-Netホームページ <http://www.keinet.ne.jp/>

理数教育の改革をめざし「理数研究会」が発足  
理科と数学の融合授業の開発に取り組む



「共創力」を備えた科学技術イノベーション

の増加は、環境要因によって制限を受ける。ここでよく知られているのが成長曲線という個体群の成長を表すグラフだ。この一連の授業では、生徒が毎日「ソクリムシ」の個体数を実際に数え、成長曲線をグラフ上にプロットした。その一方で割合と個体数の関係に着目させ、グラフを数式モデルで表現できるかどうかの考察を行った。さらに、実際の個体数の増加の様子が、数学的解析によれば、**SHIの中でも10年前から「数理科学」という学校認定科目（自由選択）を設置し、グラフ電卓（関数電卓）や数処理システム（Mathematica等）など、ICTを活用した数理教育を展開してきた実績を踏まえて、理科と数理科学の教科が協働して、データに基づいた問題解決型学習を検討しています**（SSH主任・長谷川誠先生）

融合授業により広がる学びの可能性  
奈良女子大学附属中等教育学校では、2011年奈良女子大学の男女共学教育開発共同懇親会にて、月1回「理数研究会」を開催していく。定期評議会は附属中等教育学校から理科と数学科の教員が参加した。

図表2 >理数研究会の研究テーマ

- ▶ 1班 理数生物学・個体の構造を数学的に解き明かす授業――
  - ▶ 2班 化学と数学・物質の構造に潜む数学的性質――
  - ▶ 3班 生活の思考を助けるプログラミングの授業――
  - ▶ 4班 リバーシュア教育を実践した授業への見直し――
  - ▶ 5班 シミュレーションの可能性とは? 謙しさとは?――
  - ▶ 6班 数理的授業計画における、数学的概念・数学的ツールの学びの適切さ――

リテラシーを高めることが、今後ますます重要になってくると予測されています。この単元は、原則として数学系と理科・生物の教員によるチームワークで行います。2時間目に、数学の教員が成長曲線の数学的意味を解説しました。5年生では範囲外の微分方程式を扱ったうえ、立式までの手順を考えもらいましたが、方程式の解の曲線は教員が提示しました。数学の授業でも自然現象を扱うことはあります。

Kaufmännische Guidelines 2016 9

卷之三

第3期SSH懇親会より「共創力」を育む6年一貫カリキュラムの部分を抜粋して掲載

部分を抜いて掲載

### ＜図表3＞单元の指導計画

	第1時	生物の成長曲線（生物学的意味）
	第2時	成長曲線の数学的意味
1. 個体動態（6時間）	第3時	個体数の計測のかたさ（カウントの方法、実習）
	第4時	条件の違いによる結果を予測し、一週間の実験計画を立てる（公開授業）
	第5時	実験結果をもとにした数学的情報、ソウリムシの成長曲線を実際に描く
2. 個体群内の相互作用（1時間）	第6時	動物の社会（野性）
	第7時	動物の社会（野性）
	第8時	種間関係（競争と共生）
3. 個体群間の相互作用（2時間）	第9時	間接効果
	第10時	他種との共存
4. 生物群集（2時間）	第11時	環境形成作用

（2016年2月「理数シンポジウム」の冊子より）

こうした融合授業がスムーズに展開できているのは、これまで紹介したような取り組みに加え、来年度、い

いいくつかの理由があると、長谷先生は語る。

「従来の45分×7回を、65分×5回に縮めることで、TSSHに初めて採用された」ときが、格内で理数会議が

す。実験やミニュレーション、グループ学習などによる実践的学習法を用いて、児童の学習意欲を高め、児童の個性を尊重する教育を行なっています。

体積 76.32L/m<sup>3</sup> を実現させたもの) は、+4.2% の理系の生体重です。また、6 年生(高 3) の理系の生体重

「ISS 調査研究会」(半期)を必修にします。テーマについて、研究を進めますが、理題や内容の情報共有を行っています。また、話し合いを重ねることで各教員の得意な分野もよくわかっています。

が中心になることが予想されます。例えば、SSH 全国生徒研究発表会で発表する生徒たちが、また、5 年生（算 2）では、「コロキウム」がそうした風通しのよさによって、協力しやすくなっているのです。

は生物のテーマである葉の付き方をミニ

の明るさを遮り、手本には「こよ」トの開発も根野に入っています。実は、当トについて対話型で考察するなど、異分野の講座を担当する時は、必ずそれを開拓していくのです。例えは、教子の秋山ひづる、竹子百合子などに於いて、手本には「こよ」として開拓していくのです。実は、当トの開発も根野に入っています。実は、当

究会<sup>(1)</sup>に参加している生徒だけ、「SSS」が集まって組織している

一方で、課題もある。奈良女子大学附属中等教育学校は、1学年120名と生徒数が少ないため、教員数も少く、それ以外の生徒も研究への意欲が旺盛な選抜させる予定でした。しかし、数学科、

に伝えたいという意見が数多く寄せられ、(SSH主任、阪本先生)レポートをまとめた。

このように奈良女子大学附属中等教育学園は、これまでに多くの生徒を社会へ送り出している。

「そのほか、今年2月の公開授業で扱った「個体行動論」は、通常は2時間程度で終える単元です。それに6時間融合授業を含んだ「総合学習、コロキウム研究」など6年間を見通した探究活動の一

ムを編成することで、「共創力」を有するためがめざしている。

にしましたが、実験の時間は修学年のほうを確保やす

(注) サイエンス研究会-SSHに指定された第1期以来、理数に興味・関心のある生徒によるサイエンス研究会を行った。

Kawaijuku Guideline 2016.9

い一方、数学の内容から考えると5年生が適切です。理科「新学期が開始」や授業はどの学年で実施するのが適切かを比較しました。得られたデータを統計処理し、多いのかを比較しました。

自由に選択したテーマと実験計画書を提出してもらい、その中から20テーマを選定して、グループ実験を進めます。数学の教員が数学・物理系、生物の教員が生物・医学系のテーマを中心に行なっています。生徒は「マウス筋肉細胞」や「酵母の遺伝子」、「酵母細胞と液体石鹼による死活検査」などと題する「問題」を提出します。そこで、検査を受けるべきではありません。さらに、当初施設料金のよくなき内容を「サイエンス・シミューズ」という科目として設置することを想定していましたが、科目として設置したほうがよいのかも難しい問題です。則り、設置したほうがいいのかも難しい問題です。それはが蓄積されていなければ、検査会開催に関することもが蓄積されていません。けれども、開発されるコンテンツは配当年度が異なる可能性もあり、特定の学年で初めて実施するのは難しいと思われます。無理に通年の科目にすると、単に課題研究のデータを教えることに陥るのではないかと心配です。

かといい気持ちよい、いよいよ」(SSH主干・長谷川先生)

年間計画の圧迫や、過切な配当年次、  
過年学科目の難しさなど、さまざまな課題も  
こうした融合授業がスムーズに展開できているのは、  
いくつかの理由があると、長谷川先生は語る。  
「SSHは初めて採択されたときに、校内での研究会議が  
うまく進まなかったときに、理科の教員が一堂に会  
うることで意見交換をしていました。それが単元を  
教えていくのではなく、どのように教え、どのような形で  
や内容の情報共有を行っています。また、話合いを重  
ねることで各教員の得意な分野もよくわかつています。  
それから、どうぞうした風通しのよさによって、協力しやすくなっています。  
また、5年生（高3）では、「コロキウム」という学習設定科目を設けており、毎年8名の教員が講  
義室を中心に對話型で学習するなど、異分野の問題を相手に  
対話型で学習することになります。他教科の教員との協働的に、教員  
が教科間で連携していくことも強みだと考えています」

一方で、課題もある。奈良女子大学附属中等教育学校  
では、1学年120名と生徒数が少ないため、教員数も少  
ない。例えば、理科は6名の教員で中高の授業を担当  
することになり、それに融合授業が加わると負担も増大することに  
なる。

「そのほか、今年2月の公開授業で扱った「個体群動態」  
は、通常は2時間程度で終える単元です。それに6時間  
かかると、授業時間数が不足し年度間隔が開けてしまいます。  
また配当年次も課題です。今回は5年生（高2）を対象  
にしましたが、実験の時間は医学のほうが多い傾向を  
みだしている。

授業時間を65分に変更  
6年生で「課題研究」を導入

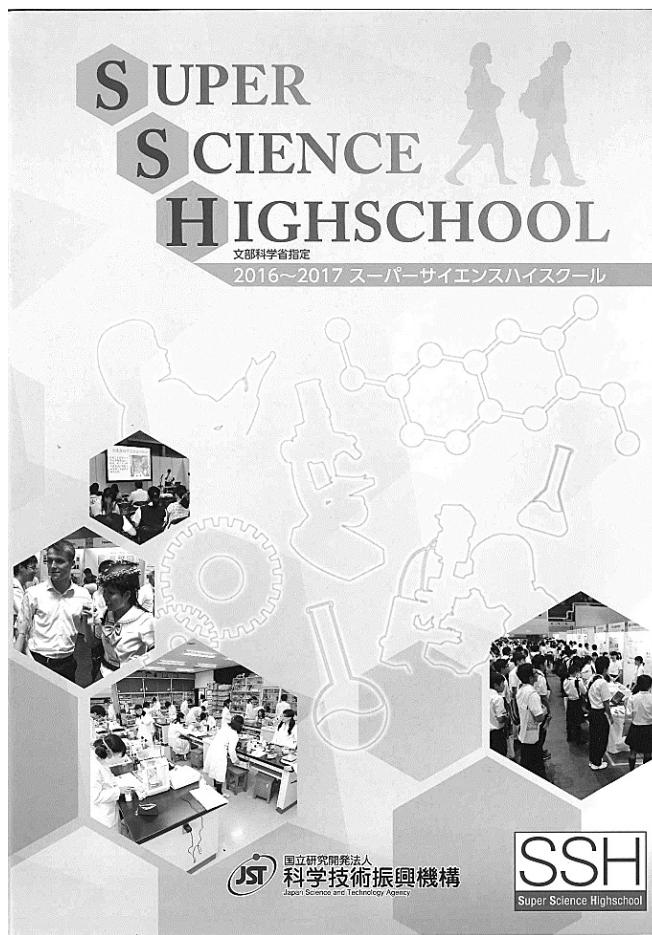
これまで紹介したような取り組みに加え、来年度、い  
くつかのカリキュラム改革が予定されている。  
「從来の45分×7回限を、65分×5時間に変更しま  
す。実験やミニレーニング、グループ学習などを組み  
要素活動など、45分で企画するのに必要な時間に對して  
です。また、6年生（高3）の理系の生徒全員に対して  
SS認證研究（半期）を必修にします。自分で決めた  
テーマについて、研究を進めますが、理數融合型の研究  
が中心になることがあります。例えば、今年度の  
SSH全国生徒研究発表会で発表する生徒は、もともと  
研究をつけており、得た結果をシミュレーションす  
る研究を主にしています。実は、当初は、科学研  
究の開拓も視野に入れていました。実験は、科学研  
究が好きな生徒が集まって組織している「サイエンス研  
究会」に参加している生徒だけ、「SS認證研究」を  
選択する予定でした。しかし、数学、理科の教員から  
、それ以外の生徒も研究への意欲が旺盛だから、それ  
に応じました」と話しました。(SSH主幹・長谷川先生)

このよう奈良女子大学附属中等教育学校では、理數  
融合授業を含んだ「総合学習」「コロキウム」「SS認證  
研究」など6年間を見通した探究活動の一貫カリキュラ  
ムを構成することで、「創造力」を有する生徒の育成を  
めざしている。

(注)サイエンス研究会-SSHに開催された第1回以来、理数による興味・関心のある生涯に対するサイエンス研究会を組織し、課外活動を行っている。現在は、物理、化学、生物学、地学、数学のそれぞれの趣に分かれ、研究テーマ別に活動を行っている。

— 71 —

## 取材・雑誌掲載などの記録②SSHパンフレット



## SSH指定校の先進的な取り組み

SSH指定校では、各学校で作成した計画に基づき、独自のカリキュラムによる授業の展開や、大学・研究機関との連携による授業、地域の特色を活かした課題研究などに積極的に取り組み、普段の高校生活では出会えない人の出会い、交流、研修による体験、発表等を行っています。SSH指定校の中から、8校の取り組みをご紹介します。



### 開発型

#### 北海道札幌開成高等学校 | 國際交流・國際性の育成

SSH+ラスクが平成25年から行っている北海道開成高等学校での英語によるボスター発表(課題研究)に参り、平成27年春にはタイ・日本高校サインコンシェフにも参加しました。タイと日本のトップサイエンススクールの学生と教員による質問応答を行い、実践を通して実験の仕事と国際交流の楽しさを学びました。文化の違いを通じて国際力を育んでいくことが出来ました。タイでも相棒と一緒に研究者を行って、他の生や研究者との交流を通して、環境保全や世界で通用する科学技術について考えるきっかけを得ることができました。



### み

#### 北杜市立甲陵高等学校 | 地域特長を活かした課題研究

同校のSSHとしての活動は、所轄の北杜市の自然環境を活かして太陽・空気・水のテーマにて、地元の協力を見て進展しています。特に学校企画料金の「サイエンスアート(SA)」では地域の方々の力を活用しています。「S A」では市役所や地元商店街など地場の方々の力を借りながら、北杜市を代表するアーティスト一人一人が行う研究の手話を紹介します。サイエンスアートの授業に投入も充実しています。また取り入れて、1年生全員で研究に取り組んでいます。こうした研究活動の中で新たな発見の魅力が発見され、地域への意識も高まっています。



### 実践型

#### 山形県立米沢興譲館高等学校 | 高度な先端技術の体験講座

2015年度の活動として、山形大学有機レクトロニクス(EL)研究センターと連携し、「サイエンスエキスカウプ」による実験室見学を行いました。また、山形市立米沢興譲館高等学校では、東京理科大附属米沢中学校で一冊めの著書を販売する取組となりました。参加者は次世代用ディスプレイや照明明るさ光源として注目されている有機EL端子を実際に触り、電気を通して光らせる等、自作の端子で有機ELが点灯した時は感動いた等、体験教室を通して、「自分で作ってみると機械の仕組みが分かった」と思いました。この授業は、全国の科学好きな仲間達との交流を深めながら科学の面白さを育んでいます。



#### 沖縄県 琉球大学豊陽高等学校 | 部活動での取り組み

同校のSSH部活動は、SSH推進会員から活動している「琉球科学団体」とSSH指定校に登録している「PLCC」の活動が、生物系研究会からなります。琉球科学団体は、様々なものを作り研究会を用意する創造的でモデル実験手法を開発し、研究会活動を進めていきます。ISSクラブは琉球大学等と連携し、より広範な研究活動に取り組んでいます。同校共に各校大会等や学会等に積極的に参加することで、創造性や研究解決力だけでなく、人材を獲得しています。どちらの活動成果も、SSH生徒研究奨励会をはじめ様々な大会で高い評価を受けました。



### 重点枠

#### 横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 | 中核拠点

同校は、「サイエンスの知識と技術を活かして、世界で幅広く活躍する人材の育成」のために、国際的SSH指定校と連携し、米国ワシントンDCの高校で英語による研究発表を行ない、NASAやNIH(国立衛生研究所)などの国際的機関で研究発表する日本人研究者による研修会も実施しています。また、ヨーロッパ、アメリカ、オーストラリア等の海外での研究発表を行ない、費用を多く負担してこれまで多くの海外での研究発表は、同校で開催するysFIRST国際科学フォーラムにおいて、国内の連携校、カナダの連携校やシングガーディーの高校とともに、英語による発表やディスカッションを行っており有り住んでいます。



#### 京都府 学校法人立命館 立命館高等学校 | 海外連携

高校生が社会へ出る時に、活躍の舞台は開拓しなくて世界へ広がっています。早くから世界へ目を向け、科学の力で人類に貢献する使命感を養うことが必要です。同校では、毎年秋にJapan Super Science Fairを開催するなど、これまでに世界に47カ国77カ国で、海外で国際会議や研究会で33回以上発表するなど、国際的で研究発表による交流を中心に行なっています。ロボットや電子工作、各種問題解決に関する多くの科学カテゴリビーチーにむちを組んだグループで取り組みました。科学の面白さ、友達を育み、次代に残す科学者の私たちが国境や文化を超えた国際科学交流の輪を広げることができました。



平成 28 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 2 年次

2017 年（平成 29 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 渡 邊 利 雄  
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/>

