



## 聞くに聞けない 課題研究の 32 の疑問 への現場からの助言

教科書はきれいに整理されて書かれていて、そのまま指導に使えるかと思ったけれど、実際には思ったようにうまくいかず困っている。探究の指導を始めてみたけれど、教科書には書いていない課題や疑問が出てきて悩んでいる。よく聞く疑問に対して具体的に参考になる考え方や方法をまとめました。

兵庫県立姫路東高等学校

高



## はじめに

兵庫県立姫路東高等学校 SSH 推進部長／主幹教諭

責任著者 川 勝 和 哉

課題研究が「理数探究」という正規の授業として学習指導要領に取り入れられて2年がたちました。「理数探究基礎」の教科書も出版され、また課題研究の実施のための参考書や指導書、「探究シート」と呼ばれる教材も多く作られました。それらの購入希望は高いようで、とにかくどのようにして課題研究の授業に取り組んだらよいのかわからず、藁をもつかむ思いで、多くの教員がHow toを欲しているという状況のようです。

その結果2つの視点で悩ましい問題が生じています。ひとつは、探究といわれても何からどう手を付けてよいのかわからないから、やはり指導書が必要である、という現実的な問題です。課題研究は、探究の中で中心的な位置を占める教育内容です。教員も課題研究に初めて取り組むのですから、自身の経験がどこまで役に立つのか不安で、とにかく「道しるべ」が欲しいという気持ちでしょう。もうひとつは、探究という内容の性質上「こうすれば指導できる」というHow to そのものが存在しないか、存在していても探究の考え方からすると対極にあって相容れないものなのではないかという考え方です。結論から言うと、探究はこれまでの学校教育と180度視点を変えたもので、まったく新しい教育の大転換だという認識をもって、教員一人ひとりが工夫と経験によって積み上げていくものだという考え方が本質的で理想論です。

また、大学の研究者に課題研究について問うと、学問的な説明が返ってくるばかりで、実際の研究現場でどう対応するのかという、本当に欲しい具体的なヒントは得られない、という経験は多くの教員がもっているのではないのでしょうか。

2014年に2度目の野依教育奨励賞を受けた時、野依良治博士から「今後は探究活動を社会に広めていく活動を積極的に行う役割が与えられたのだと考えてください」という言葉をいただきました。それ以来、様々な探究活動に関わる中で、多くの質問を受け、考えてきました。今回、本校の探究担当者として課題研究に取り組む中で、それらをまとめることにしました。本冊子は、課題研究の一連の流れをまとめたものではありません。すでに探究の指導の経験がある教員から寄せられる疑問に答える形で書き進めています。ですから、課題研究にこれから関わろうという教員には、すでに多く出版されている入門書などをお読みいただきたいと思います。もちろん、ここに記されていることが「正解」ということはなく、内容を参考にして一人ひとりの解決策を見つける参考になればと思います。

# 目 次

1. この冊子の目的～ほかの書籍とはどこが違うのか	1
2. 課題研究指導の原点	1
3. 探究に関するそもそもの疑問	
質問 1：課題研究はどうしてしなければならないのか	2
質問 2：どうして教員は課題研究に関わることを苦しく感じるのか	3
質問 3：どうして生徒は課題研究に取り組み始めるとき苦しく感じるのか	4
質問 4：文系は課題研究をしなくてもよいのか	4
質問 5：課題研究のテーマの決め方がわからない	5
質問 6：生徒のテーマが非現実的で困る	8
質問 7：専門領域ではないから課題研究の指導ができない	8
質問 8：課題研究は個人ですかグループですか	10
質問 9：課題研究ではどの程度のレベルを求めるのか	10
質問 10：研究倫理と科学倫理とは何か	12
質問 11：課題研究の最初の始め方がわからない	13
質問 12：先行研究はどの程度調べたら良いのか	14
質問 13：課題研究の際間、生徒は遊んでいるようにしか見えない	15
質問 14：実施途中でテーマを変えたいというので困る	15
質問 15：高大連携を活用して課題研究を進めたいが注意すべき点は何か	16
質問 16：卒業生を活用して課題研究を進めたい	17
質問 17：高大連携では連携協定を結ぶ必要があるか	17
質問 18：実験中に気を付けることは何か	18
質問 19：研究ノートを毎回記録させる必要はあるか	19
質問 20：成果の公表はどこまでしなければならないのか	19
質問 21：成果をまとめるときに注意することは何か	20
質問 22：研究論文をまとめるときのポイントは何か	20
質問 23：ポスターをまとめて発表するときのポイントは何か	23
質問 24：口頭発表の資料をまとめ発表するときのポイントは何か	26
質問 25：担当教員は謝辞に書くのか	27
質問 26：溢れる生徒研究の発表会の中で何をどのように選択するか	27
質問 27：プレゼンテーションのポイントは何か	29
質問 28：研究発表会や審査会の引率は誰が行くのが良いか	29
質問 29：課題研究の評価はどのようにつければよいのか	30
質問 30：課題研究の今後の課題には何があるか	31
質問 31：生成 AI を活用するうえでの注意点は何か	32
質問 32：アントレプレナーシップ教育とは何か	33
4. おわりに	35
参考文献	36

## 1. この冊子の目的～ほかの書籍とはどこが違うのか

私の課題研究の指導の長い経験の中で、日ごろから強く感じていることがあります。それは、教科書や指導書の通りにしていたのでは、現場で課題研究の具体的な指導はできないということです。その理由は明快です。それらの書籍は、「最終的に」論文やプレゼンテーションの成果を得るためにはどのように進めていけばよいのか、という思考の方向性でまとめられているからです。たとえば、研究計画を立てる項目では、何月何日までに成果を出すためには逆算してどのようなことをしなければならぬのか、といった思考でまとめられています。しかし実際には、途中でテーマが変わったり、方向性が変わったりして、期限までに成果を出すことが難しくなることがほとんどです。そこで、具体的にはどのように「右往左往しながら」、「締め切りに追われずに」、「何を持って課題研究の成果を得たとするのか」について考えなければなりません。最終の目的から逆算して研究方法を考えるとすることは、従来通りの答えのある課題をどう解くか、という思考となんら変わらないのです。

このことは、グリーンネル（2009）も「失敗を省略し成功につながった部分のみを実際の順序とは無関係に論理優先で再配列したフロー」と評しています。また同書の中で、1965年のノーベル医学生理学賞を受賞したF.Jacobは、「論文を書くとい

うことは、研究過程での混乱と興奮に秩序を与えることで、実際にどのように研究が進み、どのような経過でデータが出たかという順序とは無関係に、それらを論理的秩序に組み替えてまとめる作業です。論理的秩序というのは、もし結論が最初からわかっていたらこうしただろうという流れです」と述べていて、教科書はまさに、この論文を書くフローを示しているので、実際の流れと乖離しているというわけです。しかし、不幸にも教科書通りにいかないのは自分のせいだと誤解して悩むケースが非常に多いようです。これらは、原田ほか（2021）に詳しく説明してありますから、時間に余裕があれば目を通してみてください。

同様に、課題研究の指導「法」がわからないから教えてほしい、という質問もよく受けます。しかしこれも、いわゆる「解法」を求めているわけで、探究本来の思考の方向性とは逆行しています。探究を成功させたいと真に考えるのであれば、これらの点に寛容に、しかも感受性豊かに対応すべきです。

そういうわけですから、私が長い間探究を指導してきた中で得た発想をまとめたいと思います。この冊子には「ハウ・トゥー」はありません。現場の声にこたえる形で理念に沿って助言する、というものです。探究の指導法は教員の数ほどあるのです。

## 2. 課題研究指導の原点

責任執筆者の川勝は平成17年（2005年）4月から、高等学校の課題研究や科学部の研究の指導にあたってきました。当時は、「探究」とか「課題研究」とか言っても、「それは一体何だい？」という時代で、課題研究なるものをしなければならなくなるそうだよ、と聞くと、「文部科学省はわれわ

れにいろいろと押し付けてくる」、「そんなわけのわからないものはほっておけばいいんだ」という教員が大半でした。私が課題研究の必要性を理解したのは、「とりあえず始めてみよう」とやり始めてから1年後だったと記憶しています。学校の教員のほぼ全員が反対だったことをよく覚えていま

す。あるいは、反対はしないけれども、参加はしない、どうぞ自由に、という雰囲気蔓延していました。

私が驚いたのは、課題研究に取り組む生徒の積極性でした。教員が二の足を踏んでいる中で、生徒は生き生きと活動しました。それは一方的な座学の授業では見せたことのない表情でした。結局、課題研究を推進したのは生徒だったわけです。そのうちに、教科指導の中で多くの教員が、生徒に主体的に考える思考力が身についてきたことを実感するようになっていきました。進路にも良い影

響が見え始め、課題研究に積極的に関わろうとする教員が増えていきました。当初は特定の教員の「個の力」に頼る形で始まった課題研究は、次第に集団としての広がりを見せていったわけです。こうなるまでには長い時間が必要でした。それだけ課題研究は教員にとって高いハードルであると言えるわけですから、課題研究の指導に悩むのも無理はなく、またそれは通り抜けるべき過程なのでしょう。教員の能力の有無の問題ではありません。

### 3. 探究に関するそもそもの疑問

それではここから、現在探究の指導を只中にある現場の若い教員から私に寄せられる疑問や不安

に対して、ひとつひとつ丁寧に助言をまとめていきます。解決の参考になることを願っています。

質問1：課題研究はどうしてしなければならないのか

→ 社会の中で生きる力を育てるため

これは根本的な質問ですが、実は課題研究指導の初心者からある程度の経験者まで、とにかく一番多く寄せられる質問でもあります。学習指導要領で「探究」を授業として取り上げなければならなくなったから、と言ってしまうのは簡単ですが、その意義を理解しないで、「やれと言われたからやる」というのでは、効果が半減しますし、そもそも教員のやる気もいまひとつでしょう。

従来の日本の教育は、教員が生徒に一方的に教授するという形式で進められてきました。社会の多様化によって、生徒の個性を大切にすることが求められるようになって、教員の思い通りにならない生徒が現れてきましたが、それでも生徒は授業中に教員の授業に集中して取り組むことが求められ続けてきました。そこからはみ出す生徒は、「ダメな子」、「悪い子」とされ、社会が多様化する

中でも学校は社会の動きに適応できず、小さな変革があったとしても、ずっと同じことを繰り返してきました。「悪い子」は実は教員にとって「やりにくい子」、「都合の悪い子」だったのかもしれませんが。

日本の教育水準が世界の先進国に比べて次第に落ちていくにつれ、他の先進国に倣って取り入れることになったのが探究でした。教員が課題を与えて生徒はそれを解く、という一方向ではなく、生徒が主体的に課題を立て、それをどのように解決すればよいのかを考え、他者との議論を通じて生徒なりの解決に向かう、というものです。そこには「答えがない」か、あるいは「答えがあるかどうか分からない」課題であることが、従来と大きく異なる点です。そもそも、社会に出てしまえば、答えがある課題なんてどこにある？ということな

ので、探究の教育は「社会の中で生きる力を育てる教育」ともいえるでしょう。

この活動を通じて、主体的な問題設定と問題解決能力および論理的思考力や他者と議論する力、プレゼンテーションする力を育成することができ、答えなど準備されていない社会の中で生き抜き、活躍できる人材を育てることができると考えられ

ています。たしかに私の経験でも、課題研究に主体的に、積極的に取り組んだ生徒は、その後、研究者になったり、企業の経営者になったりと、社会をリードする人材になっていると感じます。自分の考えを持たず、課題を与えられるのをただ待っている者は、社会の中で自分の能力を発揮して自分らしく生き抜くことが難しいでしょう。

## 質問2：どうして教員は課題研究に関わることを苦しく感じるのか

→ 新たな教育法の「追加」だから

課題研究に関わることが苦しいと感じたり、煩わしいと感じたりすることがあるのであれば、それは教員にとって課題研究の指導（実は指導という言葉はあまり使いたくありませんので、以後は助言という言葉を使います）では、これまで行ってきた教授方法による授業がまるで役に立たないからかもしれません。これは言い過ぎかもしれませんが、少なくとも課題研究においては、授業に対する考え方は180度転換していると思います。教員はこれまで、過去の研究者らによって突き止められた、おそらく答えはこれであるとわかっている課題を生徒に課し、その解にどのように至ればよいのかという解き方もわかっている課題を教えてきました。もちろん、そのようにして生徒が基礎知識を獲得したり、訓練を通じて思考力を養う活動は必要です。いくら課題研究が答えがわからない探究活動だからといっても、実験や観察をもとにして考察する際には、基礎的な知識を身に付けている必要があります。

もうひとつは、最終的に解決できなくてもかまわない、という課題研究の特性が、これまでの教育の視点と異なるからかもしれません。課題研究を担当している教員と話をしていると、「成果を出さなければならない」という強い強迫観念のようなものを感じることがあります。課題研究を行っ

た結果、「答え」が得られなくても、生徒自身が主体的に課題を設定して解決する力、つまり思考力や議論する力などが育成できればよいわけですから、これまで答えに到達することを目的としてきた教員にとっては、まるで手ごたえのない活動に思えるでしょう。もちろん、課題研究の過程のどこかにはオリジナリティーを求めることが必要ですが、これもまた、従来の教授法からすれば、解法のオリジナリティーなど考えたことがなかったかもしれません。いずれにしても、従来教員が身につけてきた教授法の多くが否定されたように感じられることから、苦しい思いや反発したい思いが生まれてくるのだと思います。

そのように考えないで、従来の教授法に、思考手順が逆方向の、新たな学びの方法が加わったと考えればよいのだと思います。新たな部分については、改めて一から学び経験を積んで、教員自身なりの課題研究に対する向かい方を獲得していく、ということなのだと思います。課題に対して持っている知識をどのように組み合わせるのかという創造力の育成のためにも、基礎知識の学びは不可欠です。従来のような知識を獲得する学びと、探究のような生徒による主体的な学びのバランスが大切で、どちらかに傾いてはいけません。

質問3：どうして生徒は課題研究に取り組み始めるとき苦しく感じるのか

→ 見通しが立たないことを憂いない

初めて課題研究に取り組むことは容易ではありません。何でも初めての時は大変です。教員がアシストしながら、楽しいと思えるような課題研究にしたいものです。

課題研究を進める中では、多くのハードルがあります。たとえば、身近な現象の観察などからテーマ案を発見するためには、セレンディピティが重要です。これはゆくゆく論文やポスターをまとめるときの「動機」になるのですが、自然を見る目が育っていなければなりません。そのテーマ案から具体的な研究目的を設定するためには、先行研究の理解が必要です。そして、担当教員の共感も必要です。実はこの「共感」が課題研究を進めるうえで、きわめて大きな要素になります。研究計画を立てるためには研究全体の見通しが立てられるかどうかというスケジューリング能力が必要です。どのような方法で解決するのかを考えるためには、基礎的な実験のノウハウが備わっていなければなりません。結果をまとめるためには、データ処理の基礎(誤差や偏差など)が理解できていること、グラフや図表を作成するノウハウをもっているこ

と、そして論文やポスターとしてまとめる力があること。さらにはプレゼンテーションのための基本的なスキルがあること、など、初めて経験するさまざまなハードルがあります。これまで答えがある問いに向き合い、答えという明確なゴールにたどり着くことを目標に勉強してきた生徒にとってみると、課題研究はとりとめのないあやふやな活動に思えて、気持ちが入らないこともあるでしょう。見通しがきかない状況の中に投げ込まれて啞然とするのも無理のないことです。担当する教員自身もそのような状況かもしれませんから、重苦しい雰囲気になってしまうこともあります。

しかし、生徒はいざ活動を始めたら、すぐに主体的に行動するようになります。ですから始める前に一喜一憂するのをやめて、ひとまず始めてみるのだと思います。「見通しを立てて」という人もいますが、実際には見通しなど立たないことのほうが多いし、よくわからないことのワクワク感を大切にしてみるのもうまくいくコツかもしれません。とにかく憂いている生徒には、さまざまな意味で共感をもって接してあげてください。

質問4：文系は課題研究をしなくてもよいのか

→ 社会を構成する一員として総合知の学びが必要

結論を言うと、理系、文系関係なく実施すべきです。理系の生徒は、将来、当事者として科学や技術にかかわることになるでしょう。ですから課題研究は理系を想定して始められたのだと思います。新学習指導要領でも、「理数探究」とされていて、この科目の対象は理系生徒です。一方文系の生徒は、将来社会を構成する市民になるわけですが、市民には探究的思考は必要ないのかというと、も

ちろん必要です。かつては、科学者のすることに間違いはなく、市民は黙ってそれに従っていればよい、という風潮の時代がありましたが、現在では、市民の理解と同意なしには科学を推進することはできません。原子力発電も、脳死臓器移植も、赤ちゃんポストも、いずれも社会的議論の上に成立します。つまり市民には、科学や技術を監督し評価する役割が与えられているということですか

ら、文系の生徒も、探究の力を育成しておく必要があります。今後は、社会のさまざまな課題に直面し、一人一人が自ら判断しなければならないのですから、主対象である理系の生徒だけではなく、文系の生徒にも、文理融合の総合知が求められているはずです。

実は、本校で理系生徒の課題研究発表会を行ったところ、文系の生徒から「どうして文系には課題研究がないのか」、「自分たちも課題研究をした

い」という申し出がありました。生徒からの意見には驚きましたが、次の年から文系でも実施したところ、理系の生徒に引けを取らない、素晴らしい研究成果を披露したのです。考えてみれば、文系の生徒にも理系的な思考は必要なわけですから、文系の生徒の課題研究のレベルが低いということはないはずです。それ以来、理系、文系を問わず、全校で課題研究を行い、学校全体が活気に満ちています。

### 質問5：課題研究のテーマの決め方がわからない

→ どこを生徒に任せどこを教員が助言するのか明確にする

これもあちこちでよく聞く質問です。このような質問が出るのは、テーマの設定が重要であることを認識しているからだと思います。テーマ設定にかかわる活動は、課題研究の8割を占めていると言ってもよいと思います。課題研究はさまざまな能力を総合的に使う活動で、テーマを決定する際にはその断片的な力をすべて使います。良いテーマでなければ課題研究を進めていくことが難しく、課題研究を行うことによって生徒が獲得できる力も十分ではなくなってしまいかねません。

テーマを決める方法は、教育現場それぞれで違っていると思います。ここではその一例として、これまで取り組んできた方法について紹介します。このようにすればよい、という決められた方法はありませんので、あくまで参考ということで読んでください。

#### (1) 生徒一人ひとりがテーマ案を考える

テーマを決めるには、課題研究に関する最初のガイダンス後の早い時期から、生徒一人ひとりが自分の課題研究のテーマ案を考えます。身の回りをよく観察することや、ニュース報道などが役に立ちますが、やはりセレンディピティが重要です。同じ現象を見たり聞いたりしても、それがテーマ

になると気づくかどうかは生徒一人ひとり違います。セレンディピティには相応の知識も必要とされますから、この方法ですべての生徒がテーマ案を考えられるかといえば、難しいかもしれません。実際には多くの生徒は日常的に自然を観察しているわけではないし、テレビやSNSで疑問に感じたことがあったとしても、その記憶はすぐに失われてしまいます。日頃から興味を持って周囲を見ていなければ、疑問などもたないでしょう。

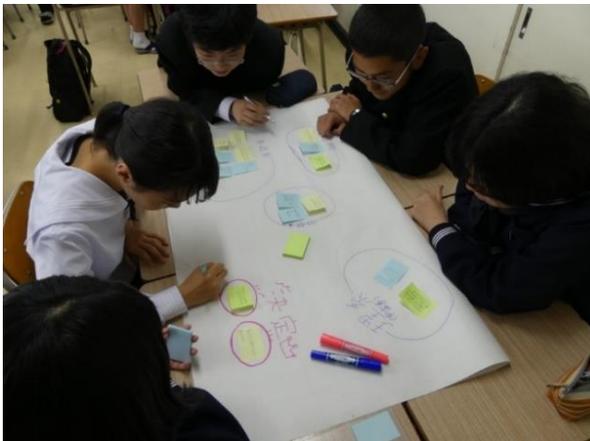
その場合には、たとえば、① 日ごろからメモを取ることを課題にしておいて、それを見ながら担当教員が生徒と対話してテーマ案を引き出す、② 自分が一番好きなものを中央において、それにかかわることがらを周囲に書いていくチャートを作成させて、そこから生徒自身にテーマ案を発見させる、③ 何でもよいから生徒が興味をもっていることについて、教員が生徒と対話してテーマ案に気付かせる、④ ひとまず教員からテーマ案を生徒に提示して、数か月間限定で課題研究を経験させてから、生徒自身にテーマ案を決めさせる、などの方法があります。いずれにしてもテーマの決定までにはかなりの時間が必要ですが、それでも端折らずに丁寧に決定させたいものです。教員がテーマ案を与えると、生徒はそのテーマ案に責任を

持たなくなりますから、課題研究は行き詰ってしまいやすいと思います。

こんなことはもう知られているだろう、などという先入観を捨てて、いろいろと調べてみると、テーマ案は意外といろいろと出てくるものです。テーマ案を考える際には、まずは妄想を膨らませてみてください。

### (2) テーマ検討班で推薦テーマを決定

出席番号順でも、席が近い生徒どうしても構わないので、6名程度の生徒でテーマ検討班を作ります。模造紙と付箋、サインペンを各班に配布して、一人ひとりが考えてきたテーマ案を付箋に書き、模造紙に貼って分類したり、パソコンで先行研究などの情報を収集したり、相談したりしたことを書き込んだりして、班の中から一つか二つ程度の推薦テーマを選びます。場合によってはテーマを修正するなどしてもよいと思いますが、あくまで生徒の活動として時間をとることが重要です。



### (3) テーマをもとに研究班を構成する

テーマ検討班でテーマが決まったら、どのような経緯でそのテーマを推薦するのかをクラス全員の前でプレゼンテーションします。その発表を聞いて、クラスの生徒はすべてのテーマ検討班から提示されたテーマの中から、自分を取り組んでみたいテーマを選択します。同じテーマを選択した

生徒で研究班を新たに構成します。この研究班は、後に生徒自身の興味・関心の変化によってメンバーが変更になっても構わないことにします。とにかく生徒の自由度を高めておくことが必要です。注意したいのは、友人関係で興味・関心とは関係なく班を構成しないようにすることです。

研究班の生徒は、リーダーをはじめとして、一人ひとりに主な役割を決めます。研究は全員で行うのですが、活動内容ごとに責任者を決めておくことは、自分事として研究に参加させるうえで大切なことです。

### (4) 研究の進め方を検討する

研究班で改めて先行研究を調べたり、生徒どうしで相談したりすることによって、できるだけ具体的な内容に絞り込んだテーマに修正します。そのためには、何を調べるのかを明確にすることが必要です。これがひとまず研究目的となりますが、この目的も状況によって変更しても構いません。やってみないとわからないことですので、この段階であまり生徒に責任を負わせないことです。



このときに教員の助言が必要になります。課題研究では実際に実物に触れて研究することを求めたいので、たとえば「南極の氷について調べたい」といっても、実際には南極まで氷を取りに行くことはできないでしょう。その場合には、南極の氷の特徴を調べて、何かで代用できないか考えてみ

たらどうか、と助言する必要があるでしょう。また「コスモスの花卉についての研究」となると、秋になってコスモスが咲くまで、研究が実質的に進められないことになります。特に生物を扱う研究テーマにはこのような注意が必要です。

#### (5) 見通しを立てテーマを修正する

研究目的が明らかになった時点で、それが課題研究の授業時間で終わることができるかどうかの見通しを考えます。経験したことがない活動ですから、教員が今後どのような過程をたどるのかについて助言します。どのような活動に何時間の授業をあてるかについて、リーダーを中心によく相談します。考えている研究を行うために必要と思われる時間が足りない、という結論に至った場合には、テーマを変えても構いません。

#### (6) 実施に必要な物品を考える

自分たちの研究では、実験材料として何をどのくらい使うことになるのか、それは生徒自身で購入できるものなのか、学校として準備する必要があるものなのか、金額はいくらなのか、などについての調査です。これをまとめるためには、かなり計画が具体化している必要がありますから、担当教員の手助けが必要でしょう。

なお、アンケートを実施する場合には、必ず担当教員が事前に内容を確認するようにします。また客観的に、倫理規定を示している公正研究推進協会 APRIN (<https://www.aprin.or.jp/e-learning/rse>) の指針に基づいているかの判断も必要です。生徒はアンケートを安易に実施しようとする傾向にありますから、注意が必要です。APRIN は無料公開されていて、一通り学べば終了証も発行されるので、一度ホームページで検索してみてください。

#### (7) 企画書を提出する

以上のような内容をまとめた企画書を提出します。週1回の授業時間だとすると、ここまで2か月程度はかかるでしょうか。それでも、この過程は生徒が課題研究の実施によって獲得できる能力を獲得するための重要な時間ですから、できるだけ省略しないでください。課題研究を学校の授業として予定通り進めることは大切ですが、そのことに気を取られすぎると、得られるはずだった生徒の能力の獲得が不十分になってしまいますから、ぜひじっと我慢してください。とはいえ、それぞれの教育現場の状況はかなり異なっていると思いますので、省けるところを省いて実施することがあっても構わないと思います。

#### (8) 担当教員間でチェックし助言する

提出された企画書は、教員個人よりも課題研究を担当する複数の教員で検討会議をもって、その是非や、よりよくするための意見を出し合います。この場で出された意見を生徒に伝え、生徒はより充実した課題研究のために、必要ならば再び修正を加えます。場合によってはテーマ設定の段階に戻る場合もあります。

会議は時間を取りますが、課題研究が進み始めてみると、有効であったことを実感できると思います。それは、担当教員を孤立させないための過程でもあるからです。集団で生徒たちの課題研究を見守る体制は、結局教員の課題研究に対する取り組みをサポートするものでもあります。

この席で、生徒からの要望があれば、あるいは教員の助言によって、大学や企業などの専門研究機関と連絡を取って、サポートを依頼することもあります。最近では大学や企業はたいへん親切に対応してくれますので、相談の敷居は低くなっています。

## 質問6：生徒のテーマが非現実的で困る

→ 教員の知識と経験は課題研究においてはあまり役に立たない

二つ注意しておきたいことがあります。一つは、教員が「そんなことを調べても無駄だろう」とか「うまくいくはずがない」などと考えないことです。教員は、教科書に書いてあることは正しいという仮定のもとに授業を行っていますから、教科書に書いてあるような内容を調べても失敗するに決まっている、と考えがちですが、そうではありません。高校生の研究によって、教科書が(つまり世界の「常識」が)毎年修正され続けています。教員は研究者ではないのですから、さまざまな分野の先端研究の内容はほとんど知りません。ですから、教員の狭くて浅い知識と経験のみによって判断する危険性について、教員自身が認識する必要があります。「そんなこと調べても無駄」という発

言は、課題研究の根底に流れる探究の考え方とは対極にあります。こんなことはもう知られているだろう、という先入観を捨てて、いろいろと調べてみると、教員自身も面白い成果に出会えるかもしれません。

二つ目は、成果主義に陥らないことです。課題研究によってまとめられる論文や発表で成果を求めると、どうしても生徒の企画書に必要以上の不要な介入をしたくなります。何かの賞を取らせたい、最終的に新たな発見をさせたい、きちんと形になる結果を得たい、といった思いは、担当教員であればもちやすいのですが、そのように手を入れた課題研究は、結局生徒自身の達成感が得られずに不完全燃焼に終わることが多いようです。

## 質問7：専門領域ではないから課題研究の指導ができない

→ 教員自身の「助言力」の育成を目指す

これまで長い間、教師は教科の指導力を鍛えることに専心してきました。ところが、探究という思考法が新たに導入されました(これまでも必要だったに違いありませんが)。探究では、これまでの教授法と視点が180度変わって、教えるのではなくて生徒が主体的に学ぶことになりました。生徒自身が課題を発見して、その解決法を考え、考察して発信するという道筋です。そのためには基礎知識の習得が必要ですから、従来のような学びが否定されたわけではありません。従来教授法に、新たに逆方向の思考を求める探究が付け加えられた、というふうに理解すればよいと思います。もちろん、基礎的な力がなければ、ものごとを広領域で複数の視点から考えたり、論理的に思考したりすることができません。

教師はとにかく指導しがります。それは教科の課題のように、答えがわかっているからこそ、そこにどのように生徒を導くのかを指導できるわけです。ところが課題研究となると、答えがわかっておらず、あるいは答えというものがあるのかどうかすらわからないような課題に取り組むわけですから、このようにすれば解けるという「解法」はないはずです。そこでどのように生徒に関わればよいのかわからずあたふたする、ということでしょうか。

そもそも探究の中心に位置している課題研究を「指導」しようと考えすることは、探究の対極にある考え方だと思います。結果はだれもわからないのですから、生徒と一緒に取り組むことで、教員自身が不思議だと思うことや、生徒の取り組みで

疑問に感じたところを生徒に質問してみてください。それがきっかけになって生徒の気づきが多くなる場合があります。教師のこれまで培ってきた経験や知識が邪魔をして、生徒よりも上からの視線で指導しようとするのではなく、生徒と同じ目線で、生徒の共同研究者になったつもりで疑問を提示するわけです。

助言力とは共感力と通じるところがあるものです。「そんなことしてもだめだ」とか「する前からわかっている」などと突き放すのではなく（不感力は生徒の柔軟な思考をつぶしてしまいます）、「なるほど面白そう」と共感してください。これまで当たり前だと思われていたこと、教科書にも記載があることが、実は誤っていると明らかにした高校生は多くいます。思い込みや先入観は、ときに探究の邪魔になります。経験や知識は重要ですが、その使い方のさじ加減は、経験によって獲得していくしかありません。正直、「どうすればよいのか」と不安に感じられるかもしれませんが、助言法は教員一人一人によって異なるものなので、How toを知りたいと探るよりも、自分で体験して自分なりの方法を獲得して欲しいと思います。

教員がもっと自分の探究力を高めようとするならば、まずは学会への入会を勧めます。学会では主に専門研究者が先端研究の成果を発表していますが、そのような場に身を置くことで、探究に対する考え方が変わります。また、文部科学省も推奨しているように、教員自身が何か研究活動を行って学会発表するのも良いと思います。ちなみに私は、毎年日本地球科学惑星連合大会（JpGU）や日本地質学会、日本生命倫理学会などで研究発表を行っています。それが難しければ、ぜひ生徒の学会発表会に同行してみてください。最近の学会のほとんどがジュニア・セッション（高校生発表会）を学会会期中に開催していて、引率教員の参加費は無料です。その機会に他校生徒の発表を聞くだけでなく、ぜひ学会員

とのネットワークを作ってください。私は、ほとんどすべての自然科学系や倫理系の学会で発表したり生徒引率をしたりしていて、その機会に全国の多くの大学の研究者と積極的に会話し、名刺交換をしたりメールアドレスの交換をしたりしています。そうして作ったネットワークは、学校での課題研究のさまざまな救いとなります。

生徒の研究を指導するとすると、教員には新しい研究を指導するための資質が求められることになっていきます。教員はさまざまな場面で研修に努めることになっていきますが、いくらそうしても、大学で研究を行っている研究者ではないのですから、自分が大学時代に行ったテーマにピッタリあてはまるわけではなく、その意味で具体的な指導は不可能です。オリジナリティーの評価についても困難でしょう。今その分野でどのような研究が行われていて、だれがどのような成果を出しているのか、それを追跡しているわけでもないし、はっきりいって理解できるかと言われれば疑問です。これまで指導することができていたのは、すでに成果がまとめられていて答えが明確に分かっている物事について授業で扱ってきたからです。課題研究ではそうはいかないのですから、不安はあるでしょうが、指導しようとは考えずに生徒と一緒に探究すればいい、くらいに割り切って考える方が、課題研究の時間を楽しく過ごすことができます。生徒とともに新しい知識や経験を獲得する、というくらいの気持ちです。助言といっても、それは生徒に「これはどういうこと？」と質問するという程度のことです。生徒の反応に対して、教員はその経験から、それをするのであればこういう方法もあるな、とかそれは教科書にこうあるよ、とか示唆してやればよいのです。

このような意味で言うと、自然科学の課題研究の担当は理系の教員でなければならない、というわけではないことがわかります。文系の教員であっても、専門的な知識がなくても、生徒の話が納得できるかどうか、どこかに違和感はないかどうか

か、という基準で、生徒の研究の筋道が理にかなっているかどうかについて助言をすることはできます。また、今後導入されるであろう「探究」で

は、科学的な内容を盛り込んだ授業をすることが求められるようになるでしょう。全校あげて課題研究に取り組むことが大切だと思います。

### 質問 8：課題研究は個人ですかグループですか

→ 知識と経験の乏しさからグループ研究が有効

課題研究は個人で行うのがよいのか、グループ活動にするほうがよいのか、という議論はずいぶん以前からあります。文部科学省の会合に参加した際に、そもそも研究というのは個人でやるものだ、と指導されていたこともありましたが、私はグループ研究を勧めます。知識も経験も少ない生徒が個人で研究をおこなうことによって、ある一定の期間で獲得されるものは多くはありません。研究テーマについての先行研究を一人の生徒が一人から学ぶことなど、有限の時間内では非現実的です。複数の生徒で協力して取り組むことで得られるものは多くあります。リーダーを決めて、その

指導力の下で議論しながら分担して進めることが現実的です。グループで活動することは、主体的、対話的活動としての意味を持ちます。

もちろん、役割分担を決めたら、それぞれ一人ひとりが責任をもって進めること、全員が全体像をいつも議論によって把握していることが必要です。自分は作図担当だから全体のことはわからない、などということになると、その生徒は研究者ではなくなってしまいます。多くの学会では、発表の申し込みの際に、その生徒が研究者なのかお手伝いなのかをきちんと確認されます。

### 質問 9：課題研究ではどの程度のレベルを求めるのか

→ 現場ごとに目的を明確にする

文部科学省がおこなった事業の中で最も成功し、意義深いものとして、高い評価を得ているものとして、スーパーサイエンスハイスクール (SSH) 事業があると言われています。SSH 事業は、独立行政法人科学技術振興機構 (JST) によって推進され、SSH 指定校は、新たな教育内容や方法を研究・開発して、全国の高等学校に発信することが求められています。さらにこの成果を参考にして、文部科学省は施策に反映させています。この JST の発言をよく見てみると、(JST は反論するかもしれませんが) 時代によって大きく左右に揺れを繰り返していることがわかります。SSH 初期には、突出した科学人材の育成がうたわれていましたが、そ

の後、科学人材の裾野を広げることが目的とされ、近年は再び出る杭を伸ばすことが目的とされているように思います。

SSH 指定校の研究開発を参考に、新しい学習指導要領に取り入れられた教科「探究」によって、課題研究は全国の高等学校で実施されることになりました。課題研究の達成すべきレベルは、SSH 指定校にあっては突出した人材の育成であり、一般の高等学校では科学人材の裾野を広げることが目的になっているものと理解できます。

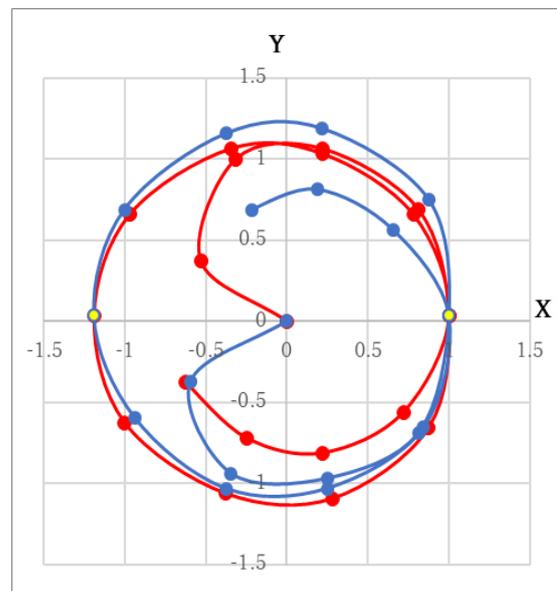
科学部などの、一定のレベルをクリアする学術的研究においては、オリジナリティーが必要です。学術学会で発表する場合、専門研究者と議論した

り、専門研究者に評価を受けたりする時には、たとえば、従来の方法ではお金がかかるので、新たに安価で作成可能な実験方法を開発して実験を行ったなど、研究のどこかにオリジナリティーがなければなりません。オリジナリティーが高い研究をする生徒は「出る杭」とされ、その生徒の持つ力を伸ばすために集中して支援をする、ということがJSTの方針のように思います。

一方、一般の生徒が行う課題研究はどうかというと、実際には各校の現場の状況によって決まります。学校現場ごとに生徒の質も個性も異なりますから、オリジナリティーをどう扱うかについても一律には説明できません。ただし、課題研究は生徒に探究の思考力を身に付けさせるための取り組みですから、探究の本質的な部分である、主体性や議論による思考力の育成、そして「研究」と名がつく以上オリジナリティーを省くわけにはいきません。活動の中のどこかに、オリジナリティーが含まれているような工夫があればよいと思います。研究目的が新しい発見でなくても、たとえば教科書に書いてあることを自分たちなりの方法で（ここにオリジナリティーがあります）検証するとか、あるいは自分たちなりの実験のための装置を工夫すること自体が、研究目的になってもよいと思います。注意したいのは、ただ単に情報を集めてきて終わりにする、いわゆるレポートにならないことです。

最後に、本校科学部の研究の一例を紹介します。科学部では、身近な疑問を取り上げて、その原因を学術的に解明することを活動の目的にしています。たとえば、学校の研修で筑波実験植物園を訪問した時に、数名の生徒が偶然入った熱帯ゾーンでサボテンの「ある特徴」が気になりました。それは、そこにあるすべてのサボテンの「刺が螺旋を巻いているように見える」というものでした。丸いサボテンも板状のサボテンもすべてです。面白いなあと思ってしばらくサボテンを眺めていたそうです。すでに書いたように、それを面白いと気

付くというのは、生徒にセレンディピティが備わっていた証だと言えるでしょう。多くの写真を撮って、学校に戻ってからそれを友人と共有したことが、研究のスタートでした。サボテンの刺座の配列を種ごとに調べたいというのですから、とにかくいろいろな種類のサボテンを購入する必要がありました。お金がないということなので、ある企業の助成金を紹介すると、それに応募して見事に助成金を獲得し、資金の調達に成功しました。また、多くの先行研究論文や専門書を取り寄せて読みました。刺座の位置を数学的に解析したいということですが、まだ誰もそのような研究を行っていませんでしたから、刺座の位置を正確に測定する方法や、その情報を処理する方法（彼らはImageJを使いました）、それをまとめてグラフ上に表現する方法など、何度も試行錯誤をして論文にまとめました。彼らの研究は、生徒主体の機動力とオリジナリティーの塊です。この成果を日本科学技術チャレンジ（JSEC）に応募したところ、特にサボテンという生物を数理モデルとしてとらえて表現した点が非常に高く評価され、中央最終審査会で高い評価を得ることができました。数理モデルとして刺座の配列が螺旋方程式で表現できるということは、さまざまな方面への発展の可能性が生まれるということです。私も助言を少し加



えましたが、彼らはほとんどすべてを議論することによって解決していったのです。高校生の探究

力を見くびってはいけないと実感しました。

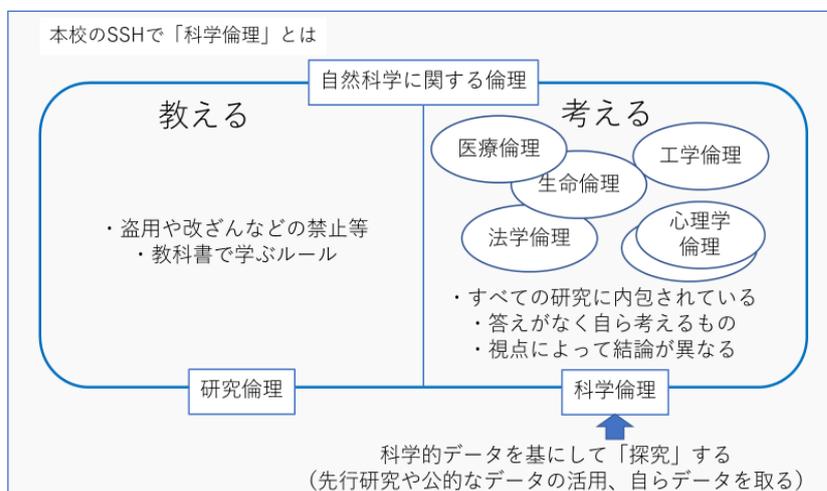
### 質問 10：研究倫理と科学倫理とは何か

→ 答えを教える倫理と探究する倫理

ここで改めて研究倫理について触れておきたいと思います。研究倫理については、高等学校の理科の教科書にも、生徒に教えるべき内容として書かれています。教科書にあげられているのは、①ありもしないデータや研究結果を作成する「捏造」の禁止、②研究資料、機器、過程を変更する操作を行って、データや得られた結果を加工する「改ざん」の禁止、③他人のアイデアやデータ、研究結果、論文などを勝手に流用する「盗用」の禁止です。そのほかにも、同じ研究成果を重複して発表したり、論文の著作者がきちんと公表されない不適切なオーサーシップも不正行為とされます。これらは「してはいけないこと」とされていて、さまざまなペナルティが科されるもので、してもよいかどうかを議論するような内容ではありません。これらについては、文部科学省の「研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン」にも詳しく示されています。つまり研究倫理には、してはいけないという「答え」があるのです。課題研究を行う以上、守るべき研究倫理については、事前にしっかりと教えておく必要があります。特に優れた研究は、他者の研究論文に引用されたりすることも少なくなく、知らないところで問題になる場合があるので注意が必要です。

研究倫理の学びとしては、公正研究推進協会 APRIN (<https://www.aprin.or.jp/e-learning/rse>) がよく活用されていますので、参考にしてください。さらに、世界最大の学生科学コンペティ

ションであるリジェネロン国際学生科学技術フェア（ISEF）（<https://www.societyforscience.org/isef/>）の倫理要綱の日本語版がホームページで閲覧できます（<https://isef.jp/wp-content/uploads/2023/10/ISEFGuidline2024.pdf> /ダウンロードはできません）ので、是非一読することをお勧めします。これは、課題研究の国際倫理基準であると考えてよいと思います。また、JST がまとめた2つの冊子「研究者のみなさまへ」があります。論文に関する不正について、科学を研究する者の基本的責任や、科学者に求められる姿勢、不正行為と呼ばれるものについて簡潔にまとめられている「責任ある研究活動を目指して」（[https://www.jst.go.jp/researchintegrity/shiryo/pamph\\_for\\_researcher.pdf](https://www.jst.go.jp/researchintegrity/shiryo/pamph_for_researcher.pdf)）と、経理の不正について簡潔にまとめられている「公的研究費の適正な執行について」（[https://www.jst.go.jp/researchintegrity/shiryo/funds\\_pamph\\_for\\_researcher.pdf](https://www.jst.go.jp/researchintegrity/shiryo/funds_pamph_for_researcher.pdf)）です。一方で、JST の「研究活動の不正行為及び研究費の不正な使用について」(2015)は、日本学術会議の声明をまとめた詳しい冊子です。



時間があれば、参考になると思いますので目を通してみてください。

なお、課題研究のテーマや研究内容によっては、それが倫理規定に反していないかのチェックが必要になります。その時には、前述のAPRINやJSTの冊子を活用すればよいのですが、これからの時代、生徒の課題研究が他社によって引用されたりすることも少なくありませんので、校内に、倫理の研究者や弁護士などの外部委員を交えた倫理委員会を設置して、必要な時に審査会を開くことができるようにしておくことも必要かもしれません。

研究を行う者すべてが順守することを求められ、理科や探究の教科書でも取り上げられている、答えがある行動規範としての「研究倫理」とは別に、「科学倫理」というものがあります。科学倫理とは、医療倫理や生命倫理、工学倫理、法学倫理、など複数の倫理からなっていて、こちらには「正解」はありません。たとえば、輸血についての「医療倫理」と「法学倫理」は、立場や判断基準が異なることから結論が異なることがあります。原子力発電の可否も同じです。ですから、科学倫理は研究倫理とは違って、探究のテーマにもなります。現在では、科学倫理を探究として位置付けることが社

会の要請になっています。資料を集めて、一人ひとりが思考し判断する力を身に付けることが大切です。社会には、答えのない課題ばかりなのですから、「生きる力」としてこのような力の育成が求められるわけです。

理系、文系を問わず、社会を構成する者として、科学倫理の学びは重要です。理系の生徒は、将来科学に携わる者として、科学倫理についての思考力を育成する必要があります。また、原子力の利用や臓器移植の推進などのように、専門家だけでは進められず、市民の理解と同意が必要な科学技術も多くあります。ですから、文系の生徒も、生活に密着した科学技術を、科学と社会の関係という視点から評価し、監視する役割が与えられているのです。

本校では、先行研究や公的機関が公表しているデータ、あるいは街頭に出てインタビューしたりアンケートを取ったりしてデータを収集して、それらをもとに議論して考察することを、科学倫理の探究活動と位置付けています。一方的に与えられるマスメディアやSNSなどの情報に惑わされず、主体的に客観的な情報を収集し、それをもとに自ら判断する姿勢を育成する必要があります。

## 質問 11：最初の課題研究の始め方がわからない

→ まずミニ探究を経験する

初めて課題研究に取り組むときには、どこまでを生徒自身でおこない、どこからは教員がサポートするのかがよくわからない状況にあると思います。そこで、生徒にとっても、あるいは経験の浅い教員にとっても、まずは体験してもらうことが必要です。

たとえば、最初の数か月間は、テーマ設定の時間をとらずに、すべての課題研究班に決まったテーマを与えて、同じ研究を行うのもよいと思います。初めて経験することですから、教員は生徒と

いっしょに探究の教科書を読みながら、先行研究を入手したり、実験の基礎的な方法を経験したり、最後にはポスターにまとめて発表するなどして、一通りの経験をすることで、課題研究に対する理解が深まります。同じ研究を複数の班で同時に行うことによって、進度の調整をしたり、各班の生徒どうしや担当教員どうしが相談したりしながら進めることができ、教員が一人で抱え込んで悩んでしまうという孤立を防ぐこともできます。その後、手順を踏んだ本格的な課題研究を始めてみ

ると、比較的うまくいくことが多いようです。

本校で実施している共通テーマには、たとえば「よく走るセイリングカーの作成」や「よく発電

できる風車」などがあります。「よく」の部分に生徒自身が工夫する視点の余地を残しています。

## 質問 12：先行研究はどの程度調べさせたら良いのか

→ 一般的には5つ程度を参考にする

自然科学は先人たちの研究成果の上に成立しています。それを無視して研究者が独自に研究をしようとしたら、全員が一からやり直さないとけなくなります。これではいつまでたっても科学は前進しません。そこで、先行研究が正しいものと評価したうえで、その上に自分たちの研究成果を積み上げることになります。先行研究についてよく理解できているかどうかは、多くの学会や発表会でも質問されます。それは、自然科学発展の歴史として重要だと考えられているからです。

しかし、先行研究がすべて正しいと決まっているわけではありません。たとえば、地学の分野に「条痕色（じょうこんしょく）」という性質があります。一例をあげると、黄鉄鉱という鉱物は、大きな結晶だと金色に見えますが、これを小さく砕いて粉末にすると黒く見えるようになります。一方金（金鉱）はいくら粉末にしても金色のままです。こうして、一見すると同じように見える鉱物でも、粉末にした色で区別できるということで、粉末の色を「条痕色」と言うようになりました。かつては地学の教科書にも掲載されていましたが、高校生の生徒研究で、条痕色を判断する粉末のサイズが鉱物によって異なることが明らかにされました。つまり「粉末」といっても、その基準が鉱物によっ

て異なるのですから、これを鉱物判別の基準として用いることはできない、ということです。その結果、教科書から条痕色の記載は消え、慣例として一部で用いられるだけになりました。高校生の研究でも、続々と新たな発見がなされています。このように、先行研究についてよく学び、そこに疑問があれば、そこから新たなテーマが生まれて新発見につながることであるのです。

先行研究を調べる方法として勧めたいのは、Google Scholar（引用数が多い順に表示されます）や、関連著者も表示される学術コンテンツポータル CiNii（有料のものがありますから注意してください <http://ci.nii.ac.jp/>）などの活用です。まず、研究テーマに最も近いと思われる研究論文を一つダウンロードして読みます。その中で自分たちの研究に活用できそうな情報を持つ論文を、その論文の引用文献の項目から選んで引用する、という方法です。一般に引用文献は5つ以上必要であるとされていて、特に学会や評価を伴う研究発表会では、生徒研究の価値を裏付けるための指標と考えられているようです。よく言われているように、Wikipedia や、公的機関がアップしている情報以外のインターネット情報は引用文献には適しません。

### 質問 13：課題研究の時間、生徒は遊んでいるようにしか見えない

→ 見極めが難しいことを受け入れる

確かにその通りですね。課題研究の授業中に嬉々としてシャボン玉を作って飛ばしていたり、ぼおっとして椅子に座ってじっとしていたりすると、これが授業なのかと思いたくもなります。しかし困ったことに生徒の頭の中まではわかりません。やる気がなくて、面倒くさいなあなど思いながらじっとしているのか、頭の中では研究のことがぐるぐる回っているのか、行き詰って困っているのか、それはわからないのです。そんなとき

は、担当教員が生徒に話しかける場面です。

離れたところから見ていて苦言を呈するのではなく、生徒との対話が必要です。ほとんどの場合、生徒はすぐに活動を始めると思います。遊んでいるようにしか見えない、という状況なら積極的に話しかけてみるべきです。課題研究というのは、生徒がどのような状況にあるのかの見極めが難しいものなのです。

### 質問 14：実施途中でテーマを変えたいというので困る

→ まずは複眼的視点と客観性

とにかく高い自由度をどのように担保するか、ということに尽きると思います。途中で新たな視点が見えてきたら、躊躇なく変更してよいと思います。いったん決めたテーマは責任をもって取り組む、という姿勢が成果を生むこともあるでしょうが、それに固執する必要はまったくありません。本校の生徒の中には、サボテンを見て、その刺座の配列が螺旋方程式に見えたり、そこから魚のうろこや動物の体表の模様も、いろいろなものが螺旋を描いているように思えたりするようになって、それらにテーマを転換したことで最終的に大きな成果を得た例があります。また、実験をしている最中には、グループのメンバーとさまざまな意見効果が行われます。それらをきちんとノートに記録しておく、こう工夫したほうがうまくいくのではないかという議論にもなり、途中で方針を転

換するきっかけにもなります。

視点が変われば意見も変わります。「こう言っていたじゃないか」は通用しません。同じ現象を複数の視点で観察することで、課題や突破口が見えてくることがあります。発表会の質疑では、発表者とは異なる視点から判断するとどうなるか、について問われることが非常に多いように思います。担当教員としては、テーマについて、あるいは進め方について、相当な時間と労力を費やして進めているので、いいかげんにしてほしいという気持ちになりますが、生徒からの提案に柔軟に対応できるようにお願いしたいと思います。進んでは戻るという過程を通じて課題研究を進めていく過程こそが、探究力を育てるために必要な時間なのでしょう。

質問 15： 高大連携を活用して課題研究を進めたいが注意すべき点は何か  
→ イニシアチブは高校側に置いて依頼内容を具体的に

専門の研究者にアドバイスが欲しいと思う場面はよくあります。教員は研究者ではありませんから、よくわからないというのが本当のところですので、生徒からの要望によって、大学や企業に連絡を取ってアドバイスをもらったり、場合によっては高大連携で生徒の指導の一部を研究者に任せたりするということもあります。大学や企業の研究者に連絡を取れば、協力的に対応してくれることがほとんどですから、臆せずに担当者から連絡してみるとよいと思います。

注意したいのは、どのような場合でも高校側がイニシアチブを持って進めるということです。研究者がこうした方がよいということからとって、それが高校の課題研究に適したアドバイスかどうかはわかりません。高校側としては目的や時期の面で問題があるのだけれど、大学にお世話になるのだからお任せしないと、という発想で行動していると、最終的に生徒の負担の増加と目的が達成されずに終わる結果を招くことが多くあります。これは難しいと感じたら、無理をせずに断る勇気が必要です。専門家がそういうのなら任せようと考えて「丸投げ」をしてしまうことは、双方にとってやりにくくなり、ほとんどの場合、その企画は失敗に終わります。高校側から、この部分のこの内容でサポートしてもらいたいと、具体的な目的と内容、時期や指導の範囲をきちんと伝えて依頼することが大切です。研究者も、自分の時間を割いて、良かれと思って協力の内容を提示して下さるわけですから。つまり、研究企画書がきちんと書けていることが求められるということです。

課題研究にとって考えておきたいことは、大学のような研究機関にある高度な施設や設備を使うことに対する考え方です。高大連携が普通になっていますから、大学の分析装置などを活用するこ



とは可能ですが、心配なことがあります。たとえば大学のX線分析装置を使う場合、装置の基礎的な原理や内容をよく理解していなくても、分析すれば結果が出ます。その結果に基づいて考察、高い成果を得ることも可能です。しかし、原理がよく理解できていないブラックボックスを使う、あるいは時間の節約のために作業として装置を使う、などということが行われた場合、結果にどのような意味があるのかを理解することはできません。さまざまな発表会で、高度な分析装置を使って得た結果について生徒に質問しても、すべての生徒は答えられませんでした。これが高校生の課題研究としてあるべき姿なのかと疑問に感じます。

高度な分析装置は、大学などに進学してきちんと学んだ後に使えばよいものと考えて（もちろんきちんとした理解があれば高校生でも使えばよいと思います）、大切なことは、高校生が身の回りにある分析機器を工夫と豊かな発想で活用することで、高度な分析装置にも劣らない成果をあげることができれば素晴らしい、ということです。高校生にはそのような柔軟な発想を求めたいと思います。最後に一言、いかに大学との連携を活用しようと、高等学校の負担が減ることはありません。

### 質問 16：卒業生を活用して課題研究を進めたい

→ 卒業するまでに手続きを済ませておく

卒業生の活用は、さまざまな場面で推奨されています。課題研究を経験した卒業生は、課題研究のポイントを一通り理解しているので、担当教員と生徒の間に入って、うまく助言者になってくれます。高校で課題研究に積極的に取り組んで、研究の楽しさを知っている卒業生にとっても、再び高校で課題研究に触れることができることを楽しみにしてくれていることが多いようです。大学に進学すると、1年か2年は学会で発表することもなく、授業に専念するケースがほとんどで、そのことがストレスになっている卒業生の話をよく聞きます。優れた課題研究によって推薦入試などで大学に進学した生徒が、それなりの満足感を得られるようなシステム作りを大学に求めたいところです。遠慮しないで卒業生に声をかけてみればよいと思います。

注意することは、課題研究に面白さを感じた卒業生を招くことです。JSTは卒業生の活用を強く推奨していますが、高校の課題研究と連動させるのは、人数が多いほうがよいという問題ではなく、課題研究に強い関心を持ち続けている大学生を集めることです。そのような大学生は、高校生と良好な関係を築き、有意義な助言を与えてくれます。地域によっては、近隣に大学がなく、卒業生を集めることが困難な高校もあるでしょうから、あまり強迫観念にとらわれないことです。



本校では、3年生が卒業する際に、生徒に大学生の活用についての説明をして、可能ならば卒業生活用バンクに登録してほしいと伝えるようにしています。メールアドレスを登録してくれるのは半数前後ですが、それでもかなり多いと思います。課題研究が進む中で、必要に応じて研究班の助言者になってもらえないか、あるいは課題研究発表会などの前に、彼らに発表に対する助言者になってもらえないかメールで依頼し、都合がついて参加可能だと返信が帰ってきた卒業生に対して、具体的な依頼をすることになります。一定のペースで、継続的に課題研究の助言者として参加してもらう場合もあります。旅費と謝金を出す場合もあれば、完全に手弁当の場合もあります。いずれの場合にも、助言の内容を明確にして依頼することが重要です。

### 質問 17：高大連携では連携協定を結ぶ必要があるか

→ 必要に応じてフットワーク軽くするのもよい

よく、高大連携で連携協定を結ぶ必要があるのか、どうも大学側と高校側のトップ同士で連携協定書を作って協定を結ぶとなると、大変そうでな

かなか手が出せない、という話を聞きます。実際、協定を結ぶとなると、なかなか大変ですので、連携協定にこだわる必要はないと思います。課題研

究に対してさまざまな手助けをしてもらう中で、その必要が生じてきたら、協定という話に進めばよいのではないのでしょうか。協定書を作成して協定を取り交わすというのは、教員にとっては負荷がかかることとなります。実際には、SSH指定校であっても、連携協定を結んでいるのは4分の1くらいではないのでしょうか。

連携協定を結ぶメリットは、簡単に言ってしまうと、担当者が変わっても高大相互の関係が維持されるということ、さらに責任をもって取り組んでくれるということです。連携協定を希望する大学もあります。しかし、高校側が大学側に明確な協力内容、たとえばこのような目的でこのような内容の講義をどれだけの回数してほしいとか、こ

のような実験をどのような内容で何回させてほしいとかいう具体的な希望がある場合には、その都度大学側にアプローチすればよいと思います。いつでも大丈夫、という状況に置いておきたいのなら、事前に協定を結んでおく方がよいと思いますが、最近の大学は必要な時に依頼しても協力的ですから、その意味では事前協定の必要性はそれほど高くはないと思います。協定を結んでいても、課題研究でサポートが必要な専門分野の先生が、協定を結んだ大学にいるとは限りませんから、必要が生じたときに、最も適任な専門家に依頼できる体制を高校側がとっておくことで、十分だと思います。ちなみに、各都道府県の教育委員会が代表して、連携協定を結ぶこともあるようです。

### 質問 18：実験中に気を付けることは何か

→ 結果とともに思考と議論を記録する

実験を行うときには、実験実施日や温度、気圧などの実験条件とともに、実験結果をきちんとノートに記録します。結果を直接パソコンのExcelに入力するほうが、すぐにグラフや表を作成することができて効率的なので、ノートに記録しなくてもよい、という考え方もありますが、実験ノートの提出を求められる審査会も少なくありません。実験ノートは、後から消すことができないようにボールペンなどで記入し、最後に担当教員が押印するというのが普通でしたから、その名残かもしれません。

課題研究は、客観的な事実に基づいて行われなければなりません。実験結果をもとに考察するときに、どこかで聞いてきた話の内容がいつのまにかまぎれてしまって、第三者が聞いたときに、「それはどの実験結果から言えるの？」と質問される場合があります。考察では、いつのまにか、自分たちの結果とは別に、どこかで耳にした情報が混ざり合ってしまうのです。自分たちの実験記録をき

ちんとまとめることによって、先行研究やどこかで知った情報と、自分たちの実験によって得た情報を明確に区別することができます。これは課題研究を進めるために極めて重要なことです。

実験内容を記録する方法はいろいろ考えられますが、課題研究の実施で重要なことは、実験中に考えたことや班員と議論したこと、疑問に思ったこと、調べてみる必要があることなどを、きちんと記録しておくことです。この記録は、考察をまとめるときに直接役立ちます。実験ノートの記録は、それを提出させれば評価にも使うことができますが、それよりも生徒自身の頭の中を整理するという重要な効果があります。

課題研究は、実験後に結果を見て考察する、という一方向の思考では進んでいません。実験中にこそ、課題意識の確認があり、ひらめきがあります。ですから、実験を行ってみて初めて気づいて、今からでもテーマを変えたい、というようなことも珍しくないのです。途中で変更することに抵抗

感を持つ教員もいますが、むしろ実験中にそのような気づきがあったということは、実験をしなが

らいろいろなことを考えたという証ですから、生徒をほめてやってもよいくらいです。

### 質問 19：研究ノートを毎回記録させる必要はあるか

→ 研究ノートこそ課題研究の肝

教科書や参考書には、研究ノート（または記録用紙）にその日の課題研究の記録をとるように、と書かれています。研究ノートは、その日の活動を記録するだけでなく、活動内容を整理して次の時間への方針を決めたり、実験や観察の方針を決めたりする効果があるので、記録することには大きな意義があります。課題研究をしていると、後から振り返りたいことがよくありますが、そんなときにも大変役に立ちます。

確かに毎回実験ノートを記録させるとなると、時間がかかります、そもそも面倒だという意見も

よく聞きます。しかし、研究において探究の記録を付けないということは考えられません。記録を付けることは、余計な時間が必要なことではなく、この記録こそ考察の時に役立つ重要な資料なのです。その日の内容と次への課題を簡潔にまとめることができるのは重要なスキルであり、いわば課題研究の肝ともいえるでしょう。ですから、必ず記録のための時間を確保できるように、その日の活動計画を立てるべきです。この記録は、後に評価にも使えるものです。

### 質問 20：成果の公表はどこまでしなければならいのか

→ 社会への発信が重要

課題研究といえども、りっぱな研究活動です。研究は自分たちで考察をしたらおしまい、というものではありません。研究活動は、その成果を社会に知らせることによって社会に貢献することが求められます。どんなに小さな発見であっても、そのことによってわずかに科学は動くのです。ですから、さまざまな方法で公開することが必要です。たとえば、ポスター発表や口頭発表によって公開したり、研究論文集を出したりすることが考えられます。あるいは、ホームページ上で公開するという学校も増えています。

ホームページ上での公開については、研究者である生徒の名前などの個人情報の扱いを議論する必要があります。これには2つの考え方があります。ひとつは、研究成果の公表についての責任や

オリジナリティーの主張のためには、研究者である生徒の名前を出して主張すべきだという考え方です。一般に社会では、研究者が誰なのかかわからない論文は、責任の所在が不明確で検証もできないので、評価されません。生徒の研究が正当に評価されるためには、名前の公表が必要です。もう一つの考え方は、生徒の研究のレベルはそんなに高くはないし、生徒の名前が出ることで、その個人情報などがどのように扱われるかわからないという不安のほうが大きいと考えて、名前を非公表とする考え方です。JSTからは、生徒の課題研究の成果を学校のホームページ上で公開することが求められていますが、名前を公開している学校と非公表としている学校があります。もちろん、公開する場合には生徒の同意を得ることが必要です。

## 質問 21：成果をまとめるときに注意することは何か

→ 横道にそれてしまわないためにはまず論文が本筋

ポスターや口頭発表のパワーポイントを作成してから、最終的に論文にまとめるという順序で作業を進めることが多いかもしれませんが、本来の手順としては、まず論文を作成して研究をまとめ、その後に論文から内容を精選してポスターやパワーポイントを作成するというのが失敗のない手順でしょう。しかし、発表会が論文提出よりも先にあることが多いことから、最後に論文ということになりやすいのだと思います。

先にポスターやパワーポイントをまとめるときに注意しなければならないのは、内容の一貫性を保つということと、研究のポイントをきちんと押さえておくことです。研究ノートからまとめていくと、内容が途中で変わってしまったり、ポイン

トがぼやけてわかりにくい資料になってしまったりしやすいのです。可能であれば、先に論文の第1稿をまとめてしまって、内容に齟齬がないか、論理が一貫しているか、得られた結果から他に導き出せる結論はないか、主張が明確で枝葉が中心になってしまっていないか、などを担当教員が点検してから、ポスターやパワーポイントをまとめていきたいものです。発表の際には、さまざまな意見や助言が得られることと思いますので、それらの指摘や助言を参考に論文の第1稿を加筆修正して、最終論文にまとめます。研究を始めるときには、この手順を念頭に置いて研究計画を立てたいものです。

## 質問 22：研究論文をまとめるときのポイントは何か

→ 研究論文にはフォーマットがある

研究論文にまとめる項目は、多くの場合以下の通りです。ここでは注意する点のみをあげます。

### (1) 研究のタイトルと研究者名

研究のタイトルは最後に決めます。どのような目的で研究を行い、その結果何を明らかにしたのかがわかるようにした上で、タイトルはできるだけ短くします。「〇〇についての研究」では、何についてどのような結論を得たのかがわかりませんから、具体的に書きます。研究者名は、主体的に活動した人で、研究班に在籍していただけとか、リーダーの指示に従ってある分野を担当しただけの人は、研究者とは言えません。ここは厳密にしておかないと、評価する時や校外で引用される時に問題が生じることがあります。

### (2) 要旨

論文をまとめて、タイトルとともに最後に書く部分です。多くの場合には、「動機と目的」と「結論」の部分の骨子にして、求められる制限文字数内で実験の方法や結果についても触れます。要旨を読めば、論文の全体像が分かるように、簡潔にまとめます。

### (3) 研究の動機と目的

この研究を始めるきっかけは何だったのか、どうして研究対象に興味を持ったのか、について書くのが「動機」です。ときどき、生徒の幼いころの体験を紹介している論文を見ますが、読み手にとって、そこには興味はありませんから、これは1行

か2行で十分です。

そして重要なのが「目的」です。何を明らかにしようとしているのかを、具体的に書きます。生徒はすぐに大風呂敷を広げますが、実際に研究で明らかにしようとする部分はかなり狭い領域でしょうから、ここは担当教員が助言をしてあげてください。

さらに、研究の背景として、先行研究の内容を紹介して、この研究がそれらに対してどのように位置づけられるのかについても説明します。社会とどのようにかかわり、どのように役立つ研究なのかを主張するのも、この部分です。ただし、理学的な基礎研究であれば、社会とのつながりを無理にこじつけようとしなくても構いません。

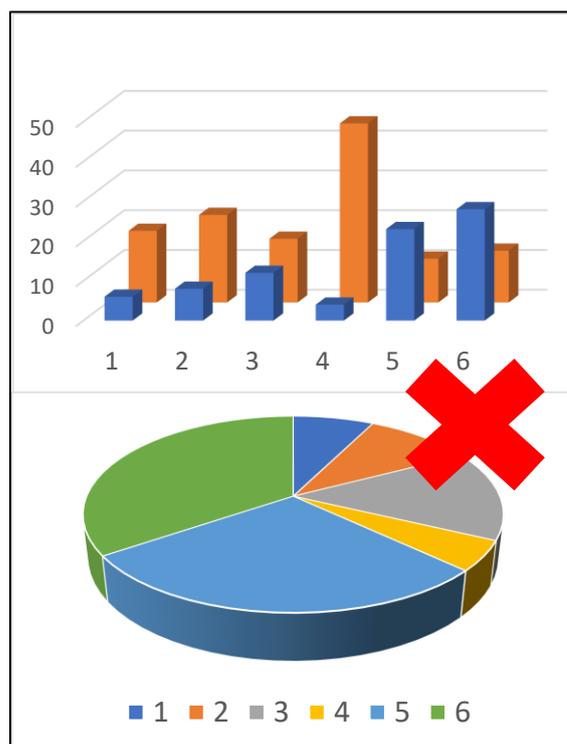
#### (4) 実験や観察の方法

まず、研究の目的を達成するために、どうしてその方法を取ったのか、ほかに方法はなかったのか、などについて説明します。そして、読んだ人が、この部分だけで、同じ実験や観察ができるように（これを「追試」といいます）、具体的に説明します。図や写真を活用する必要があるでしょう。

なお、アンケートを取る場合には、きちんとした手順を踏んで、質問項目や方法に問題がないかどうか事前のチェックが必要です。生徒はアンケートを取ることに注意が向きがちですが、母集団数がいくら必要なのかについても、事前の議論が必要でしょう。個人差（変数）が多くて、指標を絞り込むことが困難であることが予想されるテーマに関するアンケートでは、相当数の母数が必要で、一定の傾向があるのかどうかを判断することになります。

#### (5) 実験や観察の結果

実験や観察、アンケートの結果がどうなったのかを、わかりやすく図や表にして示します。図や表からどのようなことが読み取れるのかをこの部分に書く生徒もいますが、それは「考察」の部分に



回して、客観的に示しましょう。実験で得られたデータは、散布図や箱ひげ図、ヒストグラムなど、実験の結果を正しく示すために最適な方法で処理します。グラフは斜めから見た棒グラフや円グラフは使わないようにしましょう。データはきちんと処理をして、誤差や偏差などについてもきちんと示すことで、研究全体の価値を高めます。キャプションは、図は下に、表は上につけることになっています。ときどき、図や表が示してあるけれども、その説明が本文にない、という論文を見ることがありますが、「見たらわかるだろう」ではなく、きちんと本文の中で説明することが大切です。結果の段階で、読み手に考えさせる部分を作るとは避けましょう。

予想と異なる場合でも、恣意的に省いたりしないで、正直に客観的に示します。外れ値が含まれるかもしれませんが、それも含めて示します。都合の悪い結果を恣意的に省いてしまうことは改竄にあたります。

#### (6) 考察

考察では、「研究の動機と目的」で示した問いに

対して、この研究で何がわかったのか、先行研究に対してどのような位置づけの成果を得たのかについて、客観的な実験結果に基づいてまとめます。この部分では、研究のどの部分が自分が行った研究のオリジナルの部分なのか、オリジナリティーを主張することが重要です。

特に大切なのは、予想と異なる結果が出た場合に、それをどのように評価するかです。多くの研究では、一部に予想と違う結果が出ます。その誤差は、実験方法に由来するものなのか、実験器具の精度に由来するものなのかを見極める必要があります。あるいはその中に、予想されなかった新しい課題が含まれているのかを、結果に基づいて考察することが大切です。予想と違っていても、その原因をきちんと考察できれば、それはすぐれた研究と評価されます。

もうひとつ、考察をするときに、実験結果だけではなく、どこかで誰かが言っていたような内容が考察に忍び込んでくることがよくあります。先行研究を引用して考察することは大切ですが、根拠が示せないような内容を考察に書くことはやめましょう。この部分はどこに根拠が示されているのか、と質問を受けることになり、論文全体の評価を著しく下げます。また、先行研究の内容を意図せずに自分たちの研究と混同して考察をすることもあります。これは盗用になりますから、自分の行った部分と先行研究で示されている部分は、明確に区別して示す必要があります。

先行研究とは違う結果が出る場合もありますが、あくまで自分たちの実験に基づいた考察を行い、どうして先行研究と違うのかについても、その原因を考えることによって、たとえそれが新しい発

見ではなくても、条件によっては結果が違うのだということを示すことができるかもしれません。

優れた論文では、自分たちの考察の弱点を明確にしています。完璧な研究はないのですから、どこが自分たちの実験や観察、考察で課題を含んでいるのかについても、(傷口を開くようなイメージがあって、隠したいかもしれませんが)明示することができればよいですね。これは、ポスター発表や口頭発表の時に、質疑応答をスムーズに行えるという点でも重要です。

## (7) 結論

「動機と目的」で示した問いに対して、どのような結論が得られたのかについて、わかりやすく短くまとめます。場合によっては、「結論」を省くこともあります。

## (8) 参考文献と謝辞

参考文献は、盗用がないことを主張するだけでなく、論文の読み手が文献を探し出すため、という意味があるので、最後の部分にまとめます。読み手が論文を読んで、疑問に思ったり検証試合と思ったりしたときに、その根拠を示すことができます。一般的な課題研究では、5つ程度以上必要です。なお、だれが書いたのかわからないもの、情報源が不明なものについては、参考文献としては扱えません。

ここまできたら、担当教員はもう一度、目的と結論が対応しているかどうか、内容に齟齬がないか、得られた結論から他に導き出される結論はないか、主張が明確で枝葉の議論がそれを邪魔していないか、などについてチェックします。

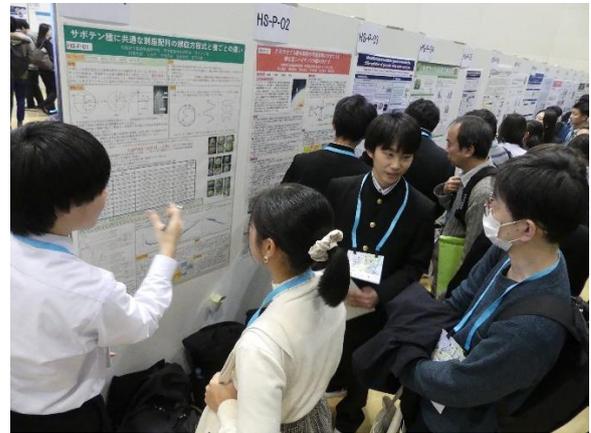
## 質問 23：ポスターをまとめ発表するときのポイントは何か

→ 聞き手が本質に絞って追体験できるように

基本的に、研究論文から簡潔にまとめるのがよいのですが、論文が完成する前にポスターを作成する場合には、研究ノートを参考にして、論理の一貫性が保てるように注意して作成します。論文の第1稿が完成していないと、動機と目的から結論までを1本の線で結びつけることが難しいでしょう。ポスター発表するときには重要なことは、簡単に言うと「聞く人に理解してもらえる」ように説明することです。いくら高度な内容で学問的に有益な研究であっても、相手に理解してもらえなければ意味がありませんし評価もされません。説明する側からすれば「これだけ説明しているのだからわからない方が悪い」と感じてしまいがちですが、はっきり言ってわかってもらえないのは説明者側の問題です。そのためには、論文にまとめたことをすべて掲載して説明しようとしなくて、その骨子を抜き取り、一部を省略してでも研究の本質を直線的に（苦労話をしたり、枝葉の説明をしたりせず）説明する度量が必要です。もう一つは、どこまでが先行研究の内容で、どこがオリジナルの部分なのかを明確に示すことです。

### （1）文字数

文字数は少ないほうが良い、と言われますが、発表の場の条件によって変わりますから一概には言えません。たとえば、ポスターの前で説明することができるのか、それともポスターを掲示して、説明者がいなくなる時間があるのか、によって、説明文の分量や内容は変わります。そもそも専門研究者のポスターは、かなり文字数や図表の数が多く、どうして高校生のポスターだけ文字数が少ないほうがよいと決めるのか、私には理解できません。生徒の課題研究はレベルが低いから、だから書かずに短くまとめよ、という意図なのでし



ょうか。そうだとしたら、ひどい間違いです。高校生でも高度な内容の研究は少なくなく、説明のための文字数や図表の数は多くなって当然です。ポスターは上から下に向かって、説明の流れができるようにまとめます。読み手の視線があちこちに飛ぶようでは、理解してもらえません。

### （2）デザイン

背景色は白、特にカラーの写真や図表がある場合には背景に色を付けないようにします。背景色によって、発表者の意図しない誘導を引き起こさないためです。もちろん、グラフは斜めから見た棒グラフや円グラフも、錯誤誘導にあたりますから、見た目のカッコよさでグラフを歪めないようにしましょう。誤差や偏差も示します。

### （3）タイトル

タイトルは長くしないようにしましょう。必要であれば、副題をつけても構いません。それだけで目的と結果がわかるようにします。

### （4）キーワード

馴染みのないテーマの場合にはキーワードを示すようにします。一般に、キーワードは5つ以内

がめどです。誰もが知っているような用語でも、その研究の説明と理解のために必要であれば、示してもよいでしょう。

#### (5) 配置

「時間がないから」と言って、本来の発表時間は12分なのに、5分で、とか3分で、などと無理を言われた経験はないでしょうか。短時間で研究の骨子を説明するためには、次ページに示す例のように、動機と目的の次に、考察や結論を書いておくともよいかもしれません。ただし、研究内容が複雑であれば、いきなり結論を言われても理解できませんから、この工夫は内容によると思います。

#### (6) 参考文献

参考文献は、本文中に1)などと示し、最後にまとめます。本文中に、著者名と年代を、○○(20XX)と示す方法もあります。参考文献の書き方は、学会ごとに異なる作法がありますから、発表しようとする学会や発表会の先例を確認することを勧めます。インターネット引用の場合には、記載法に注意が必要です。

#### (7) 助言のメモを取る

プレゼンテーションの場では、発表に対してさまざまな反応が返ってきます。厳しい口調の場合もありますが、それは生徒の課題研究を「研究」として扱い、互いに研究者として対峙している証拠でもあります。ですから「叱られている」などと思わずに、ぜひ議論をしてください。そして大切なことは、重要な引用文献や今後必要と思われる実験などについて、プロの目で助言をしてくれてい

るのですから、それらをきちんとメモに残すことです。この場でのやり取りが、論文のポリッシュアップのために重要になります。

例として、2つの研究ポスターの例を示しましょう。一つ目は、科学部の生徒が作成したポスターです。左が作成当初のもの、右はそれをポリッシュアップしたものです。まだまだ改善の余地はありますが、少なくとも、右側のポスターは内容がすっきりして、どこが大切で主張したい部分なのかがわかりやすくなっています。タイトルも研究内容をきちんと反映していますが、たとえば「サボテン種に共通な刺座配列の螺旋方程式と種固有の変数」などとすれば、よりよくなると思います。グラフもすべて示すのではなく、理解してほしい説明のために必要なグラフを精選して、それで説明しようとしています。動機と目的、考察を上半分に配置して、時間がない場合にも対応できるような工夫が見られます。

次のポスターは、課題研究の生徒が作成したポスターです。左に示した当初のポスターは、印象で説明しようという意図が見えていて、科学研究のポスターとは言えない作りです。表にもグラフにも説明がなく、グラフには横軸が何を示しているのかも書かれていません。実験方法も明確ではなく、結論がどこに書いてあるのかもわかりにくい作りです。修正した右側のポスターでは、文字やグラフの数が増えています。それらは、この研究の内容を伝えるために必要なものなのです。これらは、宮野公樹(2018)、田中佐代子(2015, 2018)に詳しく実例を挙げて説明されているので、参考にしてみてください。



質問 24：口頭発表の資料をまとめて発表するときのポイントは何か

→ 原稿を書かずに端的に印象を残す

基本的にポスター作成と注意事項は同じですが、ポスター発表と一番違うのは、発表の時間が限られていることと、一度説明した画面が過ぎ去ってしまうと、後で確認できないことです。そのため、あまり多くの情報を示そうとしても理解が追いつきません。ポスターよりもさらに内容を精選して、より直線的に伝えたいことを明確にしてまとめる必要があります。視覚的な見栄えの華やかさよりも、具体的な内容で勝負しましょう。PowerPointで作成するのが一般的ですが、そこからPDFファイルに変換して提示する場合があります。

- ① 1枚のスライドに多くの情報を取めすぎない。読み原稿を画面に出すことも控えるべきです。内容にもよりますが、1枚のページに30秒以内で説明できる内容を納めます。
- ② 後から思い出せるように、重要なポイントでは、

文字の色を変えるとか枠囲みをするなどの工夫をします。

- ③ 見栄えの良さを意識してか、アニメーションを多用する生徒もいますが、多用は禁物です。1枚のスライド内で何度も使うと、かえって理解の邪魔になります。1枚に1回程度、アニメーションの種類もフェード程度がよいと思います。
- ④ 動画は理解の助けにはなりますが、印象にとどまるため、扱いには注意が必要です。左側のスライドでは内容が多すぎて、ポイントがわかりにくくなっています。右側のように2枚のスライドに分けて、それぞれのスライドで大切なことはここに、と明確に指摘するようにすると、聞き手の理解が進むと思います。口頭発表の詳しい参考書としては、B.Kirchoff (2023) をお勧めします。



**9種の方程式を算出**  $r = se^{tn} \times u(n-1)$   $z = bn$

サポテン種の刺座配列の螺旋方程式の一覧

サポテン種名	属名	r	z	個体数
キンシャチ	エキノカクタス	$r=0.0227e^{0.279n} \times 31.330(n-1)$	$z=-0.2009n$	8
オウカンリュウ	フェロカクタス	$r=0.0365e^{0.320n} \times 37.444(n-1)$	$z=-0.1729n$	7
シュワルジー	フェロカクタス	$r=0.0166e^{0.134n} \times 27.791(n-1)$	$z=-0.0889n$	7
プリンチュウ	パキケレウス	$r=0.0108e^{0.099n} \times 30.840(n-1)$	$z=-0.3314n$	8
ギンオウキョウ	エリオシケ	$r=0.0233e^{0.180n} \times 24.993(n-1)$	$z=-0.1265n$	3
エイカンマル	パロジア	$r=0.0103e^{0.068n} \times 31.129(n-1)$	$z=-0.1061n$	9
カンマル	エキノプシス	$r=0.0331e^{0.198n} \times 22.234(n-1)$	$z=-0.1001n$	7
タンゲマル	エキノプシス	$r=0.0148e^{0.137n} \times 24.839(n-1)$	$z=-0.0780n$	6
ソデガウラ	ハリシヤ	$r=0.0105e^{0.126n} \times 71.903(n-1)$	$z=-0.9329n$	7

9種類すべてのサポテンで、刺座の配列は螺旋方程式で表すことができ、その方程式は種ごとに特徴的な変数をもつ

**各変数値の比較**

サポテン種名	属名	r	z	個体数
キンシャチ	エキノカクタス	$r=0.0227e^{0.279n} \times 31.330(n-1)$	$z=-0.2009n$	8
オウカンリュウ	フェロカクタス	$r=0.0365e^{0.320n} \times 37.444(n-1)$	$z=-0.1729n$	7
シュワルジー	フェロカクタス	$r=0.0166e^{0.134n} \times 27.791(n-1)$	$z=-0.0889n$	7
プリンチュウ	パキケレウス	$r=0.0108e^{0.099n} \times 30.840(n-1)$	$z=-0.3314n$	8
ギンオウキョウ	エリオシケ	$r=0.0233e^{0.180n} \times 24.993(n-1)$	$z=-0.1265n$	3
エイカンマル	パロジア	$r=0.0103e^{0.068n} \times 31.129(n-1)$	$z=-0.1061n$	9
カンマル	エキノプシス	$r=0.0331e^{0.198n} \times 22.234(n-1)$	$z=-0.1001n$	7
タンゲマル	エキノプシス	$r=0.0148e^{0.137n} \times 24.839(n-1)$	$z=-0.0780n$	6
ソデガウラ	ハリシヤ	$r=0.0105e^{0.126n} \times 71.903(n-1)$	$z=-0.9329n$	7

サポテン種の刺座配列の螺旋方程式の一覧

- 9種類すべてのサポテンで、刺座の配列は螺旋方程式で表すことができ、その方程式は種ごとに特徴的な変数をもつことが明らかになった。
- サポテン種のDNAに基づく系統樹上の距離と9種のサポテンの螺旋方程式を対比してみると、系統樹上の距離が近い近縁種であっても、螺旋方程式の変数が類似しているわけではない。また、種間距離が遠くても、変数が類似している場合がある。

刺座の配列方程式はDNAによって規定されているのではない

DNAに基づくサポテン種の系統樹

**系統樹と方程式**

系統樹との距離との関係について調べた

- 系統樹上の距離が近い近縁種であっても、螺旋方程式の変数が類似しているわけではなく、種間距離が遠くても、変数が類似している場合がある

刺座の配列方程式が系統樹によるのみ規定されているのではない

サポテン種の系統樹

## 質問 25：担当教員は謝辞に書くのか

→ 担当教員の位置づけによって異なる

研究論文やポスター、口頭発表のパワーポイントなどには、最後に必ず謝辞を置いて、お世話になったことに対する感謝を示します。論文コンテントのひな型にも、「お世話になった方々へのお礼を謝辞として書きましょう」とあります。科学部のような専門的な研究の場合には、お世話になった大学や企業の研究者がいるので、その方々を記せばよいのですが、課題研究だと担当教員にしか助言を受けていない、ということも多いと思います。そこで、担当教員を謝辞に書くのかどうかという疑問が生じます。

その答えは比較的明確で、生徒たちが担当教員をどのような立場の人として評価しているかで決まるのだと思います。それは逆に言うと、生徒自身がどのようなスタンスで課題研究に向かっ

たかということです。担当教員の助言に基づいて、もっと言えば自分たちで主体的に行うのではなく、担当教員の指示の通りに進めたのであれば、担当教員は生徒の「仲間」、「内側の人」なわけで、謝辞の対象にはならないのです。一方、生徒が主体的に活動し、中心は自分たちなのだという意識を強く持って研究を進めたのであれば、担当教員はいわば「外側の人」なので、謝辞の対象になるわけです。ですから、論文の執筆方法を説明する専門家が言うように、一概に「担当教員は謝辞に書かないようにしましょう」ということではないと思います。この基準で考えれば、多くの課題研究を行っている生徒が、謝辞のところに担当教員名を書くようになれば、その学校の課題研究のレベルは向上しているということになるでしょう。

## 質問 26：溢れる生徒研究の発表会の中で何をどのように選択するか

→ 高校側が主体となって現場にとって有益なものを選択する

多くの大学や企業が探究活動の発表や研修の場を提供するようになってきました。高大連携がもはや当たり前の時代になって、それぞれが思い思いの取り組みを始めています。その結果、高校には課題研究を発表しませんか、という案内が溢れるようになってきました。多い学校では月に5~6件の発表案内がきます。それぞれの内容を見れば、少しずつ目的が異なっていて、一つひとつを見れば生徒にとって有益な機会であることは間違いありません。しかしそれと同様に、生徒の過剰な負担感や圧迫感をどのように減らすのかという視点も求められています。また担当する教員の負担も相当なものになっていますから、成果を上げることと同様に、働き方改革の視点からの評価も必

要になっています。

大学や企業との付き合いもあるのですが、ここは内容を精選して、高等学校側の視点から選別する必要があるのだと思います。逆に大学や企業側も、もっと横のつながりを作ってもらいたいと要望します。いずれにしても高等学校側が主体であることを忘れないようにしたいものです。

発表会选择するうえで大切なことは、その発表会が、生徒が研究した内容やレベル、発表方法に向いているかどうかを見極めることです。たとえば、研究のレベルはそんなに高くないが、生徒に発表の機会を与えたい、というのであれば、学会のジュニアセッションを選択するとよいかもれません。学会では研究者が後進を育てたい、学

会員を増やしたい、高校生に学会に興味を持ってもらいたい、などの理由から、発表に対して包容力のある対応をしてもらえます。また、その後の研究の方向性についても、専門的な立場から助言をもらえたり、必要があれば連絡してきてよい、というありがたいお話をいただけたります。学会にはさまざまなレベルのものがあ、中には評価がつくものもありますが、不安がらなくても大丈夫です。

一方、ある程度高いレベルの研究であれば、学会もいいのですが、審査会への出品を検討してみるのもよいと思います。こちらにもさまざまなレベルのものがあ、最も高いレベルのものとして、たとえば日本学生科学賞や日本科学技術チャレンジ (JSEC) などがあります。かつて経験したところでは、これらの審査会であっても、多くの分野の専門家をすべて集めることはできませんので、やはり審査の基準には微妙な違いが出ます。たとえば、かつて、マグマ分化について研究した班を担当したときのことで、かなり専門的な内容でハイレベルな成果を得ていましたので、JSEC に応募したところ、見事に最終審査会まで進出しました。しかしその場には、地学系の審査員がいなかったため、地学の高校教科書に太字で記載されているような用語ですら、「そんな難しい言葉を使われてもわからない」、「もっとわかってもらいたい」という思いをもって説明しなさい」と言われたのです。これには生徒も反応し、他の分野の発表と比較して地学分野の評価が厳しいと指摘する一幕もありました。結局その翌年から、地学の審査員が追加されましたが…。

また、日本学生科学賞の中央審査会に出場したときのことで、評価コメントに、「研究結果があまりにもきれいにまとめられているなど、高校生

の力だけではできないであろう論文となっています。××大学の専門家の力が多く加わっていることが容易に推察できます。生徒の独創性をさらに出すなど、今後のさらなる研究の発展を期待します。」と書かれていました。実際には、生徒たちは、高大連携を活用して、分析方法についてのガイダンスを受けて以降は、生徒自身がX線分析についての専門書を学び、分析も生徒自身で行い、数値の処理もまた生徒自身がプログラムを組んで行ったものでした。生徒の探究力が飛躍的に向上して到達した研究成果に対して、「高校生では無理だろう」という推測による評価が返ってきたわけです。このように、残念ながら、想定を超えて「出る杭」となった生徒の成果が評価されずに失われていくということもあります。専門性の高い研究成果は、学術学会誌への投稿に切り替えてみるのも選択肢の一つでしょう。

また、審査のための論文が2ページしかないとか、発表時間が8分しかないとかいう審査会に、専門性の高い研究を応募しても、それは難しいでしょう。内容が深ければ深いほど、説明のための図や表の数は増えていきますが、そのスペースが確保できません。だからといって、仮にそれらを省略したら、考察の根拠が示されていない、と言われてしまいます。課題研究の内容がどの程度のものなのか、それを正当に評価してもらうためには、どの程度のページ数や発表時間が必要なのかについて、生徒ときちんと議論して応募先を決めることが必要です。高いレベルの研究の場合には、自動的に日本学生科学賞や日本科学技術チャレンジ (JSEC) に応募する、と決めつけてしまわないで、学会への論文を投稿するというのも真剣に議論する時期に来ていると思います。

### 質問 27：プレゼンテーションのポイントは何か

→ 内容を理解してもらっただけでは不十分

課題研究の最後には、プレゼンテーションして社会に発信することが求められます。プレゼンテーションの目的は、「研究の目的と内容を理解してもらおう」ことだと勘違いしやすいです。プレゼンテーションで念頭に置くべきことは、「相手に共感してもらえるように話す」ということです。学会や研究発表会では、よく「研究の内容は理解できました、それで？」と言われる。これでは研究の本質が相手に伝わっていません。聞き手に興味関心をもってもらおうことはもちろんですが、相手の顔を見ながら問いかけたり、対話したりすることによって、発展的に議論ができるようになります。原稿を見ながら説明しているのでは、対話ができず、したがって興味関心をもつて共感してもらおうこともできません。原稿は頭に入れておこう、という理由はそこにあります。

相手に評価されているように思えてならない生徒もいます。学校の授業では、その多くの時間が評価につながっているからかもしれません。しかし探究というのは、結果がわからない、結論がわからないことに取り組んでいるわけですから、答えが違うなどと怒られないかと心配する必要はありません。相手に共感してもらうために必要なことは、まず動機と目的を丁寧に説明して、相手を

こちら側に引き込むことです。そして、相手の顔を見ながら、まるで物語を語るように説明し、途中で相手に考える時間を与えることでしょうか。相手と対話するのに相手の顔を見ないなんて、普通はありませんよね。

ところで、最近では英語でポスターを作成して、英語でプレゼンテーションしている生徒を見かけることが少なくありません。そこで、「英語でプレゼンテーションするってどうなの？」という質問をよく受けるのですが、聞き手によって変えればよいということだと思います。聞き手が全員日本人なのに、わざわざ英語でプレゼンテーションする必要がどこにあるのでしょうか。特に研究発表では、専門用語も多く、内容も未知であることが多いわけですから、あえて聞き手に慣れない英語でプレゼンテーションすることには反対です。ただし、その場が日本学生科学賞や日本科学技術チャレンジ (JSEC) の最終選考会など、国際大会 (ISEF) への予選大会を兼ねているというような場合には、国際大会でも活躍できることをアピールするという目的で、英語によるプレゼンテーションは効果があると思います。やはりこれも、場に応じて柔軟に変化させることが必要でしょう。

### 質問 28：研究発表会や審査会の引率は誰が行くのが良いか

→ 発表会が始まってからの行動が重要

現場まで生徒を引率して、あとは生徒に任せてゆっくりする、というのも、生徒の自主性を重んじる姿勢としてはアリなのかもしれませんが、それでは引率の役割をはたしていないと思います。というのも、引率教員には現場で発表生徒に対す

る一定の役割があるからです。

大きな目的として2つあげられます。一つは、生徒の発表に対する研究者の質問事項 (審査会の場合には評価基準) がどのようなものであるかを、ほかの発表に対するようすを観察し、可能であれ

ば現場で生徒に伝えて発表の工夫をさせるのです。これは引率教員による誘導ではないのか、という意見があるかもしれませんが、引率教員の助言によって現場で発表の重点や方法を変えることができるためには、生徒自身にそれなりのスキルが身につけていなければなりません。このように発表せよ、というのではなく、あくまでも引率教員は助言を与え、それに基づいて生徒が工夫するということです。せっかく一生懸命研究し、発表会のために準備してきたのですから、評価してもらいたいと思うのは不思議ではないでしょう。

二つめは、生徒ポスターの間を巡回している研究者に（邪魔にならない範囲で）積極的に声をかけて、個人的な関係を結ぶことです。いつでも連絡を取り合えるようにしておくことで、生徒が課題研究を行う中で困ったことが現れた時に、有益な助言を得られます。課題研究を助けてくれる研

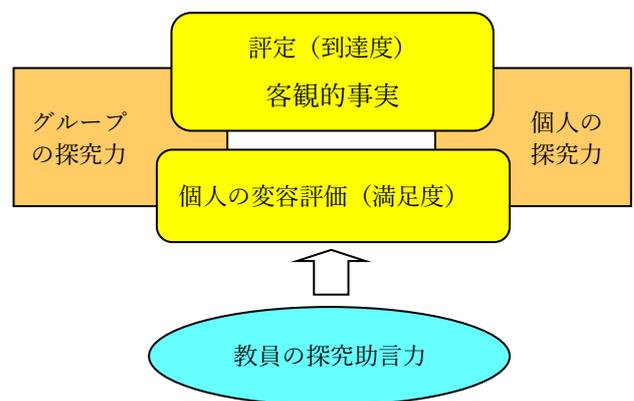
究者は、待っていても現れません。生徒発表会のような機会に、ぜひ積極的に動いてみてください。この行動で邪魔者扱いされたことは一度もありません。むしろこれをきっかけにして、軽い高大連携関係ができることも少なくありませんでした。私は、複数の学会で講演することも積極的に行っていて、そのような機会も活用することで、全国の研究者とネットワークを作っています。

審査会では、発表生徒の進路に大きな影響を与える出来事もあります。ある学会でポスター発表していると、ある国立大学の研究者がやってきて、生徒の発表を聞いてくれました。その発表に感激したその研究者は、私のところへやってきて、ぜひこの生徒が欲しいと言ったのです。その出来事をきっかけにして、その生徒は推薦入試でその大学へ進学することになりました。こういうことも、引率者の動き次第で起こるということです。

### 質問 29：課題研究の評価はどのようにすればよいのか

→ 客観的な基準でオリジナリティーを判断することはできない

「理数探究基礎」という授業が設定されたということは、評価をつける必要が出てきたということです。探究という内容の性格上、評価はその対極にあるので、どこの学校も評価には苦労しています。全員5段階の5という学校もあるようです。課題研究の評価は、客観性とオリジナリティーをどのようにバランスするかという問題です。評価である以上、客観的な基準が必要です。一方で、外見から生徒の頭の中の活動を知ることはできません。探究活動のすべてが、生徒の活動として、外から見てわかるわけではないからです。さらに、研究内容のオリジナリティーを評価したいと思うのですが、高校教員が先端科学について精通しているわけではないので、オリジナリティーの部分を発見することができない可能性が高くなります。そのため、学問的に重要な研究成果であっても、



それを正当に評価する能力が、教員側になくことが少なくないのです。大学の先生に質問すると、「テーマの面白さや特異性、実現可能性、実験や観察の計画性、内容の充実度、再現性の評価、検証や分析のデータ処理の方法、ツールの使い方、考察における論理性、先行研究との比較、オリジナリティー」と答えられますが、これらはいずれも

客観的に評価することができません。要するに、教員のさじ加減ということになるのです。

客観的評価基準にこだわると、たとえばグループ活動におけるグループの活動に関する評価と、その中での個人の活動の評価を分けて評価する、という考え方があります。グループの活動として、ポスターの出来栄えや要旨の完成度、フォーマットに則って仕上げられているか、などがあげられます。また個人の評価としては、毎回の課題研究の活動で、自分はどのような役割を果たしたのか、探究ノートの内容、発表会での質疑応答の受け答え、などがあるでしょう。本校では、どこを評価してもらいたいかを生徒に質問することで、評価点を多く設けるようにしています。

一方、教員が客観的に評価するばかりではなく、生徒自身が課題研究を通してどのように変わったのかを振り返る自己評価も大切です。課題研究によって、自分はどのように変わったのか、変わら

なかったのかを振り返ることは、課題研究の意義を認識するために重要なことです。

学会で発表して高い評価を得たとしても、その機会がなかった大多数の、学会に参加しなかった研究班の研究の価値が低いことにはなりません。オリジナリティーの評価も難しいとなると、研究内容そのものについて評価することは、非常に難しいということになります。

結局、学校現場ごとにルーブリックを作成して、工夫を重ねるしかありません。残念ながら評価に関する答えはないのが現状ですが、評価基準を作る上で、「出る杭を育てる」ことを目標として課題研究を行うのか、「生徒全体の探究の能力の底上げ」を図るのが目的なのかを、明確にすることが必要です。さらに、教員自身の「研究を見る目」を育てることも大切です。学会や発表会に積極的に参加して、経験を積むことを勧めます。

### 質問 30：課題研究の今後の課題には何があるか

→ まずはますます忙しくなる生徒の負担を減らすこと、理系女子教育、出る杭の生徒のためのカリキュラム開発など

課題研究をはじめとする探究活動が盛んになって、最近では研究発表会や講演会、それに高校生参加型の実験や実習会の案内が、数多く届けられます。多くの大学や研究機関が、堰を切ったように展開し始めたようです。それぞれの企画にはそれなりの魅力があり、生徒にとって為になるのでしょうか、それらをすべて生徒に紹介して、生徒に自由に選択する機会を与える、というのは妥当でしょうか。やはりここは、担当教員が内容を判断して、現場の生徒に紹介すべき内容かどうかを考えることが必要だと思います。希望する生徒は複数の企画を希望して、忙しさのあまり学校生活に支障をきたしますし、参加を希望しない生徒は、次第に自分には関係のないことと思うようになるからです。ただでさえ忙しくなっている生徒

と担当教員の探究活動をどのようにシェイプアップするかは、大きな課題です。それから、生成AIとの向き合い方も課題でしょう。

さらに、女子教育は、とりわけ力を入れるべき課題だと思います。日本は、先進諸国の中で理系女子の割合がとても低いです。理系女子のための講演会や生徒参加型の企画は多くありますが、それらは理系女子育成のトピックにしかすぎません。理系女子を育成するためには、学校教育できちんとした体系をもって教育が行われなければなりません。理系女子教育というと、すぐに男性から「ジェンダーの時代に逆行する差別的な考えだ」という批判が返ってきますが、これには2つの点で反論したいと思います。

まず一つ目は、これまでいかに男性優位の教育

現場であったかを考える必要があり、男女平等に導くためには、相当な女子寄りと見える教育方針が必要だということです。ドクターコースを受験しようとする生徒に対して、大学の先生が「女子は大学院のドクターコースはやめておいたほうがいい」とか、「女子は採用しない」と言われたというような話は、実際に現在でもあちこちから聞こえてきます。地域によっては、まだまだ「女の子は無理して進学しなくても」という家庭も少なくありません。理系女子以前に、自分の学びたいことを自由に選択することができない女子生徒の割合は、男子生徒とは比較にならないほど高いのです。男子というだけで受験を優位に過ごしてきた生徒もいるし、社会的に優位な立場に選抜されることも行われてきました。苦言を呈する男子生徒は、これから自分も受けることができるはずの恩恵を奪われると心配しているのでしょうか。

二つ目は、そもそも「理系女子教育」とは何かについて理解されていないのではないかということです。理系の女子に優遇した授業を受けさせるということではなく、将来社会に出るときに、理系が得意で理系に進んだ生徒が、自由に職業を選択し、社会で自分の能力を生かして活躍できるように、「考え方」と「知識や経験」を男子生徒並みにすることを言います。「女子だからといってあきら



める必要はないんだ」、「だから、理系が好きなら、理系を選択して、しっかり勉強して、理系で社会で活躍しよう」と考えて、努力する女子生徒を育成したいということなのです。「理系女子」というから特別な感じがするのでしょうか、社会で活躍している人の多くが男性によって占められているからで、そもそも理系でも文系でも同じなのです。

それから、付け加えるならば、カリキュラムの自由度を高められないかという課題があります。個人のレベルでも、学校としてのレベルでも、課題研究の成果が上がってくると、「出る杭」の生徒をどのように発見し、その力を引き上げるかが課題となります。全員が同じカリキュラムで授業しているのではなく、たとえば「出る杭」の生徒には、その能力の応じた特別なカリキュラムが設定されてもよいと思います。

### 質問 31：生成 AI を活用するうえでの注意点は何か

→ 未知の領域なので現場での開拓が必要

生成 AI の活用については、多くの現場でとまどっているようです。活用の幅は桁違いに広く、学術研究の世界が大きく変わるとまで言われていますが、具体的にどのような使い方が有効で、どのような課題があるのかについては未知数です。私も AI 活用に関する倫理学会の理事を務めていますが、これからというところです。学校現場で生成 AI を活用するにあたっては、おそらく各教育委

員会からの統一した考え方が出されている（またはこれから出される）と思いますが、今の段階で分かっている注意点には、次のようなものがあります。

- ① 先人の成果を基に開発されているので、表面的には新しく見えても、あくまでオリジナルではなくて、レポートであるということ。
- ② 著作権の所在が難しいので、協会に問い合わせ

る必要があること。

- ③ 他者の生成物を操作して、本人の了解なしに画像や動画を無断で作成することの問題点と対処法が整理されていないこと。

生成AIは使ってみないと、その有効性や問題点を明らかにすることはできませんので、学校現場

で試行錯誤してみることが必要だと思います。

なお、高校生の研究論文コンテストの中には、生成AIを使用したかどうか、使用した場合にはどの部分にどのように使用したのか報告することを求めているものも増えてきました。

## 質問 32：アントレプレナーシップ教育とは何か

→ 国際競争力を高めるための人材の育成

課題研究の実施に関係して、近年文部科学省はアントレプレナー教育の推進をうたっているのですが、ここでポイントを考えることにしましょう。2021年に、文部科学省は大学に対して、高校生に対するアントレプレナー教育に予算をつけました。特にSSH指定校と大学が連携して実施することを重視しています。そもそもアントレプレナーシップ教育とは、狭い意味では起業家精神やそのノウハウについて言います。アントレプレナーシップ教育を「大学がSSH指定校と連携して行うこと」というのはどういうことなのでしょうか。

アントレプレナーシップ教育とは何なのかは、人によって説明が大きく異なるもので、明確な定義はないようです。アントレプレナーシップ教育の根底にあるものは、主体的な精神力や思考力、個性、知識、行動を起こす能力からなるもので、それはすなわち「生きる力」の教育といえます。これは探究学習の目的や方法と一致します。分野にとらわれず、主体性を大切にして論理的な思考法を指導することが重要で、生徒が面白いと感じるものを、教員も面白いと思えて、対話を起こす共感力を求めています。これらのことも、探究教育と連動しています。

アントレプレナーシップ教育は、「生徒自ら主体的に課題を発見し解決する」という探究力の育成の先に、「価値の創造」があるということ、つまり、イノベーションの担い手となる人材を、大学や企

業の協力のもとで、高校生のうちから育成する、ということです。したがって、理系であろうが文系であろうが、関係なく取り組ませたい課題だというわけです。

アントレプレナーシップ教育には2つの段階があるとされています。第1段階は「醸成」で、不確実性の高い社会の中で、探究の力を発揮して、課題解決に向かう精神と態度を学び、さらに自分のアイデアの実現に向けた仮説検証の方法を身につける、というものです。第2段階は「発揮」で、第1段階の探究の力を用いて、実際に社会の課題を解決するために必要な専門知識や機会を与える、というものです。起業に関する教育なのですが、そのノウハウを学ぶというだけではなく、その下地となる探究力の上に成り立たせるという発想です。この意味で、アントレプレナーシップ教育は、課題研究をはじめとする探究の学びの上に、発展的に成立するものだと考えられます。課題研究は高等学校現場で定着してきているので、次はその上に、大学や企業の協力の下で、新たな価値を生み出していく起業家を育てようということなのでしょう。第2段階については、高等学校の教員では扱いが難しいので、高大連携などを活用して進めることになるのだと思います。海外に比べて日本の高等学校では、ベンチャー企業の割合が圧倒的に少ないことから、国際競争力の観点から見てもアントレプレナーシップ教育は重要だとさ

れています。これからどんどん必要とされる分野ですから、教員も少しずつ勉強していく必要があるでしょう。

たとえば、ある研究班の活動を次に2つ紹介しましょう。これらの成果は、いずれも「理数探究基礎」の教科書（啓林館）でも紹介されています。

### （1）課題研究から特許取得、商品販売へ

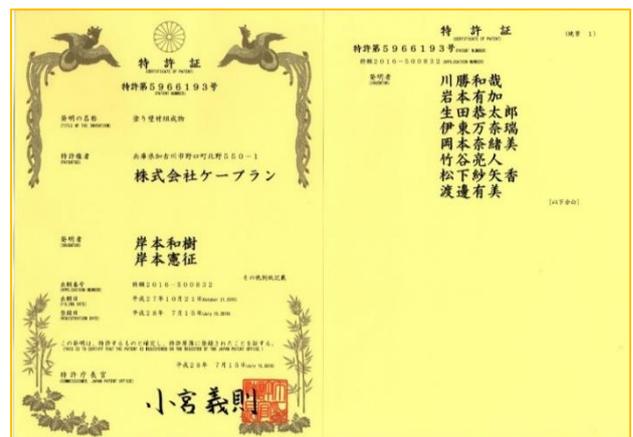
その生徒たちは、マグマの分化過程について研究しようと考えていました。近くの採石場に花崗岩の産地があると聞きつけて現地に向かいましたが、残念ながらその花崗岩は海外から輸入したものを加工しているにすぎないことがわかりました。その採石場で碎石していたのは、マグマからできた岩石ではなく、溶結凝灰岩という堆積岩でした。普通なら「残念でした」で終わるところですが、彼らはタダでは帰りませんでした。採石場の社長との会話の中で、その溶結凝灰岩はきわめて細粒で美しく、しかもやわらかくて加工しやすく、粘りがあって割れにくい、という独特の特徴を持っていることを知りました。「竜山石(たつやまいし)」という高級石材として、古くは畿内の大王の石棺として、また江戸時代には年貢米の代わりとして使われたことを知りました。それにもかかわらず、どうして独特の性質があるのかについて、科学的に調べたことはないというのです。そこで、急遽テーマを変更して、「竜山石」の性質を科学的に調べようということになりました。興味を持ったのだから、テーマの変更も自然なことでした。

竜山石を学校に持ち帰り、さまざまな実験・観察を行いました。そして、珪藻土のように、細粒な鉱物の間に小さな隙間が無数にある構造を持っていることを明らかにしました。ということは、吸湿材や吸臭剤としての価値があるということになります。この成果を学会で発表したところ、高い評価を得ることができました。そこで次に考えたのは、この性質を活用して都市計画に参加したいということでした。竜山石を切り出した岩板を駅

前の広場に敷き詰めれば、市のPRになるし、夏でも打ち水効果のように涼しくなると行政に提案しました。しかし、帰ってきた返事は「ノー」でした。竜山石は高級石材で、とてもそのような予算は出せない、ということが理由でした。

その返事を大変残念に思った生徒たちは、「もう一度現場へ行って来る」と言って、採石場を訪れました。そのとき、大型カッターで竜山石を切り出している現場を見て、切りカスとなっていく大量の竜山石の粉末に目が留まったのです。聞くと、利用できないので、お金を払って業者に引き取ってもらっているとのことでした。竜山石の性質は顕微鏡レベルのもので、当然、切り出すときに出る粉末にも、同じ効果を求めることができるに違いない、とひらめいたのです。資源の再利用という観点からも、「これはいける」と思ったといいます。そこで、竜山石の粉末を大量にもらってきて、それを固めて吸湿材や吸臭剤に作り替えようと学校でいろいろ試してみましたが、どうもうまくいきません。

そこで、彼らのグループは、新聞に共同研究開発をしてくれる企業の募集記事を掲載しました。



すぐに塗装壁剤を扱う数社から返事がきました。生徒と企業面接をして、ある1社と契約をしました。それからほぼ1年後、実用化された室内壁塗装剤が完成しました。きちんと特許を取って、インターネットでの販売を始めました。新聞やインターネットに広告を掲載したところ、多くの市民から問い合わせをいただき、売れ行きは好調でした。その後も商品開発を続け、いくつかの関連商品を発売することになりました。もう10年以上前の話ですが、生徒の柔軟な思考と積極的な活動が、課題研究の枠組みを超えて、企業との共同研究にまで至った例として、今でもあちこちで紹介されている研究です。

## (2) 道路のひび割れから条例の整備へ

1995年1月17日の兵庫県南部地震の後、何度も大きな余震がありました。この余震によって、生徒の家の前の道路には、何本もの亀裂が入りました。地震がどのような方位からどの程度のエネルギーの力がかかったのかを調べたいと考え、マンホールに着目しました。円形のマンホールからのびた亀裂は、地盤に



加えられた力の向きと大きさを示す指標になると考えたのです。市内の、国道から住宅街の狭い道路まで、さまざまな道路のマンホールの周囲に現れた亀裂をすべて調べて地図上にプロットしたところ、地震による地盤の移動の向きと同時に、道路の亀裂の入り方には一定の規則性があることに気付きました。国道と住宅地内の道路で、亀裂の入り方や程度に違いがあったのです。

住宅地の道路には、マンホールを中心にして無数の大きな亀裂が入っているのに対して、国道や県道では亀裂はほとんど見られませんでした。調査した生徒たちは、「やっぱり国道はきちんとしているんだな」では終わりませんでした。この結果は、住宅地の道路が、軟弱な状態で作られていることを示していたからです。これでは、大きな地震災害で住宅地が大きな被害を受ける、と考えた生徒たちは、分析結果を研究論文にまとめ、市役所に向かいました。担当者との議論でわかったことは、住宅地の道路には明確な建築基準がなく、整備する業者に任されている、という事実でした。数度にわたる担当者との議論の末、住宅地内の道路の強度基準が設定されることになりました。課題研究が社会に役立つ成果となった例です。

やはり、手順を踏んだ生徒の主体的な行動力が、社会を改善する契機になった例として、起業家教育からは離れますが、これもアトレプレナーシップ教育の成果のひとつだと言えるでしょう。

## 4. おわりに

この冊子は、これまで長い間に多く寄せられた疑問に対して、経験に基づいて考えをまとめたもので、これが正解というものではありません。基本的には、課題研究には、現場の数だけ進め方があるし、考え方がありますので、その参考として読んでいただければよいと思います、書き進めました。ですから、具体的なノウハウを示すことはしませ

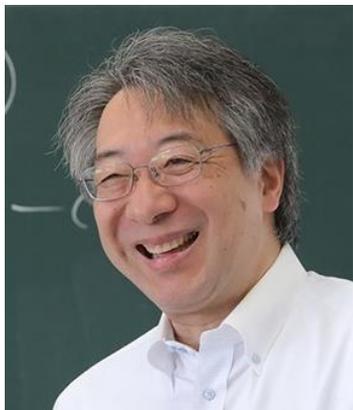
んでした。さまざまな教育現場からのご意見を頂ければ幸いです。それぞれの現場なりの課題研究が花開くことを願っています。

この冊子をまとめるにあたって、多くの学会でお世話になっている研究者やJSTの方々に大変お世話になりました。ありがとうございました。

## 参考文献

- 公正研究推進協会 APRIN (2021) 中等教育における研究倫理：基礎編および実践編 (<https://www.aprin.or.jp/e-learning/rse>)
- フレデリック・グリーンネル／白楽ロックビル訳 (2009) 科学研究の進め方・あり方 (共立出版)
- 原田和雄・松川正樹・吉野正巳・犀川政稔・佐藤公法・林慶一・長谷川正 (2021) 研究者の研究過程を考慮した理科の探究活動とその指導の在り方 (科学教育研究, 45 巻, 第 3 号, 316-330.)
- 科学技術振興機構 (2022) 研究者のみなさまへ～責任ある研究活動を目指して～ ([https://www.jst.go.jp/researchintegrity/shiryo/pamph\\_for\\_researcher.pdf](https://www.jst.go.jp/researchintegrity/shiryo/pamph_for_researcher.pdf))
- 科学技術振興機構 (2022) 研究者のみなさまへ～公的研究費の適正な執行について～ ([https://www.jst.go.jp/researchintegrity/shiryo/funds\\_pamph\\_for\\_researcher.pdf](https://www.jst.go.jp/researchintegrity/shiryo/funds_pamph_for_researcher.pdf))
- 啓林館 (2022) 「理数探究基礎」教科書 (啓林館)
- Kirchoff, Bruce (庫本高志訳／2023) ストーリーで惹きつける科学プレゼンテーション法 (羊土社)
- 国立研究開発法人科学技術振興機構 (2015) 研究活動の不正行為及び研究費の不正な使用について
- 宮野公樹 (2018) 学生・研究者のための学会ポスターのデザイン術～ポスター発表を成功に導くプレゼン手法～ (科学同人)
- 文部科学省 (2014) 研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン
- リジェネロン国際学生科学技術フェア (ISEF) リジェネロン国際学生科学技術フェア国際ルールとガイドライン 2024 (<https://isef.jp/wp-content/uploads/2023/10/ISEFGuideline2024.pdf>)
- 田中佐代子 (2015) PowerPoint による理系学生・研究者のためのビジュアルデザイン入門 (講談社)
- 田中佐代子 (2018) 論文・学会発表に役立つ研究者のための illustrator 素材集～素材アレンジで描画とデザインをマスターしよう～ (科学同人)

## 責任著者略歴



兵庫県立姫路東高等学校主幹教諭、SSH 推進部長。平成 17 年から課題研究に取り組み、多くの生徒研究を全国大会レベルに引き上げたほか、探究活動の普及に取り組ん

できた。2011 年と 2014 年に野依科学奨励賞、2012 年に物理教育功労賞 (日本物理学会)、2013 年に文部科学大臣賞および優秀教職員表彰等を受賞した。また 2018 年と 2022 年に武田科学振興財団研究賞を受賞した。幅広い分野の学会で活動しており、代議員を務めるほか、教科書「理数探究基礎」「地学基礎」「地学」(啓林館) や、探究に関する著書も多い。

聞くに聞けない課題研究の 32 の疑問への現場からの助言

兵庫県立姫路東高等学校

〒670-0012 兵庫県姫路市本町 68 番地 70

電話 (079) 285-1166 (代) FAX (079)285-1167

URL <http://www.hyogo-c.ed.jp/~himehigashi-hs/>