

# 国際共同研究推進に向けた実践指導事例集

Practical Guidance Case Studies for Promoting  
International Collaborative Research

2026年2月  
February 2026

International  
Collaborative  
Research



立命館高等学校  
SSH科学技術人材育成重点枠

Ritsumeikan High School  
Super Science High School Project

## はじめに 国際共同研究の取組の意義とすすめ

理数系の人材育成において、国際性を育むことは重要です。「理系の仕事では、就いたその日から100%国際競争にさらされる」と言われるくらい、国を越えた環境での振る舞いが必要となっています。残念ながら、日本の学校教育における国際交流は、長年の間、語学習得や文社系の学習を目的として行われてきたことが多く、理系の生徒達にはやや縁遠い存在であったと言わざるを得ないのかと思います。

2002年度から開始された立命館高校のSSH事業においては、2003年の偶然の出会いから、理数教育の中での国際性の涵養に意識を強めることになり、国際科学教育の発展に尽力してきました。2005年度からの第Ⅱ期SSH指定において、国際共同研究を柱とした研究開発課題を立てて動き出しました。いくつかの国際共同研究の実践を行いました。当時は、オンラインでの手段や経験も乏しく、最初にテーマを共有する会議だけを行って、あとは、別々に研究を進めている程度の“共同”研究で、高校生にはやはりハードルが高いとややあきらめかけていました。2013年、大連での出来事です。現地で活躍されている日本人社長から、高校生へ「若い皆さんには、国や民族に関わらず、誰とでも仕事ができる能力を身につけてほしい」という言葉をいただきました。それまでは、高校生の国際交流のゴールは異文化を知り、お互いに仲良くなることだと漠然と考えていましたが、「誰とでも仕事ができる能力」というものはそれよりもはるかに高い目標だと感じました。それを目指して高校生時代に何をすることが有効なのか？考えた答えの一つが、再び「国際共同研究」でした。ちょうどその頃、台湾の学校とチョウの研究を共同で行う実践を始めていました。お互いの指導教員がともにチョウの研究者であったというたいへん恵まれた環境ではありましたが、研究で大きな成果を収めることができたこと、また、そこへ参加した生徒達が、卒業後も大学での研究活動に高い意欲を示していることが分かり、国際共同研究の効果に確信を持つようになりました。

2015年度からの科学技術人材育成重点研究開発において、連携校とともに本格的に国際共同研究についての実践研究を行い始めました。連携校の教員間で多くの意見交換を行い、生徒の成長の手応えと、教育における新しい可能性を見出すことができました。この取組をさらに多くの学校へ普及させたいと願いましたが、なかなか仲間を増やすことができずにおりました。そのような中でコロナ禍に見舞われ、国際交流どころか、国内での交流も、さらには、校内における生徒間のつながりも希薄になってしまう危機を迎えていました。しかしながら、立命館高校においては、海外の数校との間で国際共同研究をオンラインで続けました。それまではお互いの行き来を前提としての取組でしたが、完全オンラインの取組として継続しました。その経験から、オンラインだけでも生徒の大きな成長が得られると感じ、普及に向けてはむしろオンラインだけによる国際共同研究の方がやり易いのではないかと考え、International

Collaborative Research Project (ICRP) を開始しました。海外校と国際共同研究を行いたいと考えている学校に登録してもらい、立命館高校の持つ海外ネットワークで相手校をマッチングし、最初の動き出しにおけるサポートと年間通して数回の全体ミーティング等を行います。もちろん、進行に問題が生じた際にはお手伝いをさせていただき、最終的に合同発表会を開催するというプログラムです。これらをすべてオンラインだけで実施しています。

このプロジェクトでは、海外生徒の持つ科学研究での視点の違いを知ることや英語運用能力を伸ばしてほしいと期待していることに加え、研究に向けての意欲、協調性、粘り強さ、計画性、自制心、創造性、コミュニケーション能力等の非認知能力の伸長も重要な目的としています。まさに、将来、研究者、技術者として世界中の誰とでも一緒に仕事ができる能力を目指しているのです。もちろん、良い研究成果が出ることは望ましいことではありますが、むしろ、上手くいかなかった経験、それを粘り強く克服した経験の方が重要であると考えています。また、National Science Foundation によると、日本の 2023 年科学論文数国別ランキングは 6 位ですが、国際共著論文数国別ランキングでは 13 位となっています。国際共著論文数は論文引用数とも相関があるとされている重要な指標と言われています。将来の国際共著論文数を増やすためにも高校生時代にその経験を持つことが重要であると考えます。

ICRP においては、当初、希望する高校生を個人として登録してもらうことを計画していましたが、1 年間に近い期間、モチベーションを維持しながら海外生徒と研究に取り組むためには、やはり、生徒に伴走する教員の役割が大きいと考えたため、学校毎に生徒と教員に登録してもらうこととしました。実際に動き出してみると、益々教員の役割の大きさに気づかされるようになりました。研究の開始から終了までに様々なことが起こります。想像していないトラブルも多くあります。そのような場合に、それを失敗の経験と捉えるか、そこから得るものを見つけられるかで生徒の成長は大きく変わることは言うまでもありません。もちろん、自分達自身で教訓を発見し、その後活かすことができる生徒もいるでしょうが、たいていの場合には、教員のサポートが重要なきっかけとなるのです。

このような中で、教員が安心して指導に当たれるよう、また、生徒の成長をより伸ばさせられるような指導の手引きが必要と考えるようになりました。これまで立命館高校と連携していただき、高校生による国際共同研究について、多くの意見交換を行ってきました先生方と一緒に、項目ごとに話し合いをし、それを実践指導事例集としたものが本冊子です。

今後、日本の多くの高校生が世界中の高校生と共同で研究を行い、将来、強い使命感を持って世界のために活躍できる科学者、技術者へと成長してくれることを期待しています。本冊子がそのための一助となればと願っております。

2026 年 2 月  
執筆者一同

## 目次

### はじめに 国際共同研究の取組の意義とすすめ

..... 1

### I 高校生による国際共同研究の進め方

..... 5

1. テーマ決めのディスカッション ～共同研究のテーマはどうあるべきか？～ ..... 5
2. スケジュールの定め方 ..... 7
3. ミーティングの持ち方 ..... 8
4. 実験、観察等の進め方 ..... 10
5. 結果の分析について ..... 12
6. 研究のまとめ方(論文・レポート) ～成果を伝え、評価を受けるために～ ..... 14
7. 研究発表について ～効果的な成果発表プレゼンテーションはどうあるべきか？～... 16

### II より良い国際共同研究に向けて

..... 20

1. 相手校の探し方 ..... 20
2. 初対面の生徒間での交流 ..... 22
3. 国際共同研究の開始にあたっての教員の役割と助言 ..... 26
4. 研究推進に関して教員の関り方 ..... 28
5. 教員同士の意思疎通 ..... 30
6. 有効なアプリとその利用について ..... 32
7. オンラインで必要な英語力 ..... 34
8. 結果の利用について(知的財産への配慮) ..... 37
9. さらに研究を深めるために ..... 38
10. 事後の交流継続に向けて ..... 40

### Ⅲ 海外の先生方は日本の高校生との国際共同研究をどのように捉えているか

.....	42
1. 国際共同研究は「生徒の世界観を変える経験」である.....	42
2. 研究活動は「協働・交渉・合意形成」を学ぶ実践の場.....	42
3. 日本の高校生は「誠実で、信頼できる協働相手」.....	43
4. 英語によるコミュニケーションへの率直な評価と懸念.....	43
5. 海外教員が感じている現実的な課題.....	44
6. それでも「続ける価値がある」と考える理由.....	44
7. 生徒の成長に関する具体的な変化の報告.....	44
8. まとめ.....	45

### Ⅳ 実践事例の紹介

.....	46
-------	----

## I 高校生による国際共同研究の進め方

### 1. テーマ決めのディスカッション ～共同研究のテーマはどうあるべきか？～

通常の課題研究におけるテーマの決め方にも、いろいろな考え方があります。大きく分ければ、生徒が自ら課題を見つける場合と、指導教員から課題を与える場合の二つです。どちらにもそれぞれの利点があり、国際共同研究においてもいくつかの考え方ができます。①両方の生徒たちが議論してテーマを決める、②教員同士で話し合っってテーマを決めて生徒たちへ伝える、③教員あるいは生徒が考えたテーマを掲げて協力してくれる学校を募る、等が主な考え方と言えます。両方の指導教員が同じ分野の専門家であって、たいへん良いテーマが設定できるのであれば②の考え方もできますし、すでに取り組もうと考えているテーマに海外校の協力が得られれば、より深い研究になる場合等は③の考え方もあるでしょう。

しかし、ここでは必ずしも研究成果だけを求めるのではなく、国際共同研究の取組過程における生徒の成長を期待するという立場に立って考えると、テーマ決めの議論はまさに生徒に育みたい国際力をつける絶好の機会と考えられます。専門力量はもちろんですが、コミュニケーション力、調整力、粘り強さ、発想力、リーダーシップ等、様々な力が必要となる場面です。この機会を利用しないのはもったいないことです。ICRPでは、お互いが取り組みたい分野を登録してもらい、同じ分野の学校がマッチングされるようになっており、最初にテーマ決めの議論から始めることにしています。

さて、テーマ決めの議論はどのように始めれば良いのでしょうか。一つの例ではありますが、次のような段階を踏んだ議論にすると意見交換がしやすいのではないのでしょうか。まず、両校からいくつかのキーワードを持ち寄ります。それぞれから出されたキーワードについて自由に意見交換をします。その議論を踏まえて、次のミーティングまでに、それらのキーワードのいくつかから考えられるテーマを一人2個程度考えてきます。次のミーティングでは、各々が考えてきたテーマを説明し、その中から一つを選ぶか、出されたテーマを二つ組み合わせるのか等の議論を全員で行い、テーマを決定していきます。例えば、化学の分野でキーワードとして「医薬品」「医療」「植物」「生物」等が出され、テーマとして「植物から抽出した液の止血効果」という案が出され、テーマが決まった場合があります。お互いの国で古くから伝わる止血薬があり、文化的背景も含めた研究となりました。キーワードの代わりに、各校が持っている研究に使ってみたい実験機器や、生物分野であれば調べてみたい生物等を挙げて、そこからテーマを模索するというのも良いでしょう。

国際共同研究のテーマとして相応しいものとはどのようなものでしょうか。せっかく海外の高校生と一緒に研究を行うのですから、国の違いが研究に活かされるようなテーマを選びたいと考

えるのは自然です。ただ、教員はそう考えますが、生徒たちだけではそのようになるとは限りません。生物分野なら国による違いを多く見つけられますが、例えば物理分野では緯度の違いや遠く離れた距離が必要となる実験や観測等を除けば、ほとんど海外の生徒と違いを比べることに意味は出てこないでしょう。テーマを深めることだけを考えれば、隣の学校との共同研究でも変わらない状態となります。「それで良いのだろうか」という問いは、これまで多くの場面でぶつかってきた問いです。現時点での考え方としては、地域差が生きるテーマを設定できれば、それは素晴らしいことですが、必ずしもそのことにこだわる必要はないだろうと考えています。生徒は地域差についてのこだわりがあまりなく、地域差が関わらないようなテーマを選んで共同研究を始めても、研究を進める中で国の違いや、それに付随する異なる要素が見えてきたり、苦労したり、逆に新しいアイデアが出てきたり、知らない方法や手法に気づいたり、それぞれの国の高校生の身近なところにある実験データや環境に触れて、生徒にとっては国際性を感じられる面白い研究になることが多いと言えます。したがって、生徒たちが興味を持ったテーマで良いのではないかと考えています。日本の高校生にとっては、英語で研究を進める経験を持ち、自分たちが考えたことが相手の生徒に伝わったり、海外の生徒と何か一つのものを作れたりという達成感を共有できることが重要だと考えています。

テーマ決めの議論の際に、いろいろな思いを持って議論に臨もうとしたものの、海外の生徒が「これをやりたい」とまったく譲らず、結局押し切られたという話はありがちです。英語力の課題もあるかもしれませんが、日本の生徒たちは相手の思いを尊重して譲ってしまうのです。生徒たちが納得していればそれでも構いませんが、指導教員としては次のようにアドバイスするのが良いでしょう。テーマが広がり焦点がぼけるかもしれませんが、相手がやりたいことと自分たちがやりたいことの両方が包含されるようなテーマをこちらから提案し、相手の研究がさらに補完されるような形で進められるようにアドバイスしてみます。向こうの提案をよく把握し、それに対してプラスアルファになるような提案ができれば、なお良いでしょう。いずれにしても、こちらの意見をしっかり述べ、お互いの意見を調整する経験は極めて重要です。リーダーシップや交渉力を養うことができるチャンスを逃してしまっただけでは残念です。そのようなチャンスを逃さないことが指導教員の役割と言えます。もちろん、アドバイスだけで動ける生徒たちであればそれで効果的ですが、そうでない場合には教員の英語力が必要となります。必ずしも英語力が高い先生方ばかりではありませんので、その辺りが課題となります。教員の英語力を伸ばす努力、あるいは英語のできる先生の助けを借りる等の方略が必要です。

テーマ決めは、これから半年間、1年間、あるいはそれ以上の期間で向き合うテーマですので、お互いが納得してモチベーションを持って取り組めるようにすることが大切です。テーマ設定を一番中心に置き、お互い話し合っていく姿勢が大事であると考えます。

## 2. スケジュールの定め方

スケジュールの把握は、課題研究にとってたいへん重要です。高校生の研究において学ばせたい内容として、研究計画の策定は大学以降の研究活動につながる重要な観点と言えます。見通しを持って研究に取り組む姿勢です。国際共同研究においても、スケジュールの把握が重要です。毎年実施しているICRPの事後アンケートでは、研究の障害となった項目として、スケジュールの問題が大きくクローズアップされています。相手校とスケジュールの調整が予想以上に問題を大きくするのは、原因は2つあります。一つは定期試験です。高校生にとって定期試験は重要で、試験期間中に加えてその前1週間くらいは研究がストップします。相手校と日程が同じであれば問題ないのですが、たいていはズレてしまいます。近い時期に続くと、両方で1か月ほど協働での研究はストップすることになってしまいます。2~3か月ごとに試験があるので1か月飛ぶことは極めて重大な問題となることが分かるでしょう。

もう一つの要因は、そもそも学年歴が違うことです。日本の学校は4月始まりが通例ですが、国によって1月始まり(シンガポール)であったり、3月始まり(韓国)であったり、5月始まり(タイ)、9月始まり(欧米の多くの学校や中国、台湾)等、様々です。ICRPでは、日本の学校が多く関わっていますので、日本の生徒に都合の良い6月~1月という期間で行っていますが、単純に1対1で実施する場合には、両方の国にとって都合の良い期間を選ぶことは、なかなか難しい問題となります。

スケジュールに関わる問題として、2点補足しておきます。1点目は、学年歴に合わせて、おおよそ1年間の期間を設定して考えることが自然ではありますが、上記のように、相手校の学年歴が途中で変わることを避けるのなら、双方に都合が良い半年以内の短い期間での共同研究もあり得ますし、逆に、年度がまたがることをお互いが気にしないなら、最初から2年間とかの長い期間での研究を計画することも大いに意義深いと考えます。立命館高校では、同じ分野で少しずつ発展させながら、10年間ほど続けている共同研究もあります。生徒は代々引き継がれますが、開始時から両方とも同じ教員が関わっており、強い連携が築かれています。

もう1点は、休暇の問題です。日本の高校生の場合、課題研究は夏休み中に大きく前進させたいと計画する機会が多いのではないのでしょうか。国によっては、休暇中は生徒だけでなく、教員も学校も、まったく連絡が取れないことが、むしろ普通と言えます。アメリカやイギリス、オーストラリア等、英語圏の学校ではその傾向が強いです。英語圏の学校との共同研究を模索しますが、この点が最も難しいと言えます。研究を始める前に、このことの確認が重要です。学校や生徒によっては、休暇中でも構わないという場合もあります。あるいは、休暇で研究がストップするのなら、最初から2年間くらいの計画を立てるのも一つの解決方法でしょう。

### 3. ミーティングの持ち方

オンラインで国際共同研究を行うのであれば、最も大切なものがミーティングです。その持ち方が研究の成否を分けるのです。ミーティングに関して最も重要なことは、継続的に行うことです。例えば、「毎週●曜日▲時から」や「隔週●曜日▲時から」と決めておくことです。それができない場合には、ミーティング終了時に「次回は●日▲時から」と約束をすることが必要です。これまでも、共同研究のお世話をする中で、海外校から「日本校が連絡をしてこないのに連絡を取ってほしい」と言われて連絡すると、その答えはたいてい「こちらから質問を投げて相手の返事を待っているところ」と返ってきます。お互いがどちらも向こうからの連絡を待つ状態で、やがて連絡が途絶えてしまうのです。これを解消するには、次の会議がいつなのかが明確に決められていることが重要となります。

ミーティングの頻度、持ち方、その他の注意事項についてまとめておきます。まず、ミーティングの頻度ですが、週1回、または、2週に1回が適当と考えます。実際には、テーマの設定や実験計画を練る議論の際には、毎週の会議を設定し、計画が立てられ、実験等が始まってからは隔週程度、また研究のまとめや発表練習をする時には再び毎週のミーティングにするように、状況に合わせて頻度を変えることが良いと言われることが多いです。どれくらいの頻度でミーティングをするかの議論の際に、学校間のモチベーションの差が出る場合があります。相手校のやる気が強すぎて、頻繁なミーティングを要求されたり、その逆であったり。また、3校や4校で取り組むこともありますが、その場合は、さらにモチベーションの差が目立つことになるでしょう。

次に、ミーティングの持ち方です。ミーティングの時間についても、まちまちです。30分間というグループもあれば、1時間半というグループもあります。ただ、多くは30分間程度で十分と考えているようです。長い会議よりも、短い会議を頻繁に繰り返す方が効果が高いと考えます。無料で使えるZoomは40分間ほどで切れるので、それくらいで計画するのがちょうど良いでしょう。生徒達がかもつといろいろと話をしたと考えたら、研究のミーティングと交流の雑談をきちんと分けて、30分間のミーティングの後で、新たにつないで雑談をするなり、別の日に研究とは切り離れた交流を行う等の工夫をするのが良いと考えます。

ミーティングは、事前の準備で成否が決まります。必ず、報告のためのスライドを用意することが大切です。1枚、多くても2枚程度のスライドで、1~2分間程度で簡潔に報告することがよいでしょう。さらに映像を上手く使うことも便利な方法です。実際の実験の様子を映像で届けると、説明だけでは伝わりにくいことも伝えることができます。例えば、実験方法が微妙に違っていたりすることに気づいたりできるのです。さらに、ミーティングの際、事前にアジェンダ(議題表)を共有しておくことも良いミーティングを行うための工夫です。会議後に各校の宿題を明示し、理解できなかった点や質問、次の会議で議論する内容を整理して、事前に共有することも大切です。さらに良いのは、これらの点を含めた議事録を会議中に取り出すことです。英語で記録

を取るには高い英語力が必要となりますが、Google ドキュメント等の共同編集ツールで議事録を作成すると、間違いがあってもお互いに指摘できますし、共同で書き込んでも構いません。次に、教員のミーティングへの参加ですが、これに関しても様々です。教員がいつもミーティングに同席している場合もあれば、オンライン会議の画面の外で必要に応じて助言する場合、まったくミーティングには関わらない等の違いがあります。生徒同士の都合で、下校後の遅い時間にミーティングをする場合もあります。まったく関わらない時も、ミーティング内容の報告を受けて、適切なアドバイスをする等が必要と言えます。教員が関わっていくことで生徒達のモチベーションが上がることは間違いありません。生徒のやる気や教員との関係性、教員の英語力等の問題もありますが、可能な限り教員も関わることで良い研究となるでしょう。事前、事後の打合せもミーティングの効果を高める手段と言えます。自分達が良くてきたことを確認し、継続すべき点や改善点を考えます。ミーティングと別日に事前、事後の打合せを設定するのが難しいようなら、ミーティング時刻の10分前にオンラインで事前打合せをし、会議後にこちらの生徒だけ残して5分間ほど事後打合せを行うことも良い方法です。直前に打合せを行い、「自信を持って」「間違えてもいいから」「いっぱいオーバーアクションで行こう」とかの励ましを行うことで、生徒達の不安が減り、発言量が増えるという報告もあります。事後には、「よく頑張った」「●●が良かった」と褒めてあげることが大切です。

その他の注意事項としては、国の文化の違いと言えますが、常にミーティングへ30分間くらい遅れてくるというケースもあります。日本人は、1分単位でスケジュールを捉えることが通常ですが、文化の違いでもあり、なかなか相手校に厳しくは言えないことが多いです。その場合は、待っている時間を使って事前打合せを行う等の工夫をするのも良いでしょう。

こちらの英語運用能力が不十分なためにミーティングでの意思疎通が上手くいかないというケースもよくあります。その場合は、表面上で繕うよりは、「分からなかった」とこちらの状況をさらけ出す方がコミュニケーションが上手くいくケースが多いです。

いずれにしても、ミーティングが上手く運び、研究が生徒にとって良いものになることは、テーマ設定に依存しているとも考えられますので、テーマ設定に力を注ぐことが重要です。

#### 4. 実験、観察等の進め方

国際共同研究における実験や観察の段階は、生徒にとって最も充実感を味わえる反面、国内での課題研究とは異なる難しさに直面する場面でもあります。特に、実験材料や実験手法の違いをどのように扱うかが重要な論点になります。

試薬や一般的なガラス器具は国を超えて共通性が高い一方で、それ以外の実験材料や機器は必ずしも同じものを揃えられるとは限りません。例えば、野菜や果実を用いた実験では、日本と海外でまったく同じ種類を用意することは不可能に近いです。また、特定の試薬が利用できない場合や、使用する機器の種類が異なる場合もあります。そのため、研究開始前に使用する材料や装置を確認し、適切に調整しておくことが大切です。逆に、地域ごとに入手可能な材料を使うことで成分や反応の違いを比較でき、新たな探究のきっかけになる点も国際共同研究の魅力です。理科の授業や課題研究でよく使われる実験キットやパックテストのような簡易測定器具も、海外では入手困難なことが多く、日本から郵送した例では到着に長期間を要し、研究計画が遅れることもありました。その際には、日本側で得られた比色結果を写真として共有し、海外校では同様の条件下で目視評価を行って反応の傾向を比較するなど、測定条件の違いそのものを考察の対象とすることも可能です。これにより、完全に同一条件での測定は難しいものの、条件の差を研究の一部として捉え、結果の違いから環境要因を考察する視点が生まれるでしょう。つまり、制約を乗り越える工夫そのものが探究的な学びとなります。

実験装置や作業環境の確認も欠かせません。機器の有無によって実験内容や研究分担が決まることが多いため、研究開始前にどの装置が使用可能かを確認し、必要に応じて準備を整えます。例えば、特定の分析機器が日本にはあるが相手国にはない場合、その部分をどのように分担するか、代替手段をどう講じるかを検討しておくことが、研究をスムーズに進めるうえで役立ちます。このように、各校が持つ設備や環境の違いを補い合うことで、単独では実現が難しい研究にも挑戦できる点は、共同研究ならではの利点といえるでしょう。

研究指導の体制にも配慮が必要です。相手校の教員や外部協力者が研究支援を行う場合、研究の進行や実験スケジュールが一方の都合に依存しやすくなります。そのため、柔軟なスケジュール調整と連絡体制の確立が求められます。特に、片方の学校で実験が遅れた場合にも、もう一方が継続して取り組めるように、計画段階で調整しておくことが大切です。

文化的な違いや時差も実験計画に影響します。特に休暇期間の違いにより連絡が一時的に取れなくなることがあります。例えば、日本の夏休み期間中に相手国の研究機関が閉鎖されると、急に連絡が取れなくなり研究が停滞する場合があります。このような状況を防ぐために、Google スプレッドシートなど常時相互に更新可能なツールで長期的なタスク管理リストを作成し、相手国の進捗状況を常に把握しておくことがおすすめです。

実験手順の共通化も鍵を握ります。日本では JIS (日本産業規格) が用いられていますが、国や地域によって参照される基準や測定手法は必ずしも同一ではありません。高校生の研究では、教科書や大学初年度レベルの実験書に記載された方法を利用することも多いです。使用している実験手法が国際的な基準とどのように対応しているかを意識できると、研究が進めやすくなります。したがって、研究開始前にどの基準を採用し、その差異をどのように扱うかを話し合っておくことが大切です。こうした事前調整の過程そのものが国際的な科学研究における協働の在り方を体験する、貴重な学びになります。

実験や観察は、各校が同じテーマに取り組みながらも異なる役割を担うことで、より多面的に展開できます。例えば、日本側が主に実験を担当し、海外側が統計解析や図表作成を担う、あるいは同一のテーマを地域ごとに実施して結果を比較するなど、状況に応じた分担が考えられます。ただし、こうした分担が固定化し、一方が常に「実験のみ」、他方が「解析のみ」を経験する形になることは避けたいところです。可能な範囲で役割を入れ替えたり、全体の流れを共有したりすることで、互いの強みを活かしながら、より豊かな学びにつなげることが大切です。

また、研究活動では材料不足、機器故障、通信環境の不安定など予期せぬ事態が起こることもあります。こうしたトラブルを単なる失敗として終わらせるのではなく、新しい方法を考えたり代替材料を使ったりすることで研究を発展させる契機にもできます。指導教員は、生徒が自ら工夫し困難を克服する過程を支援し、失敗を学びの糧に変えるよう導くことが望ましいと考えます。

## 5. 結果の分析について

国際共同研究の結果分析は、単なるデータ処理ではなく、生徒が科学的思考のプロセスを共有し、互いの視点を学び合う機会になります。データの違いをどう理解し、どう説明するかという対話そのものが学びです。

実際に結果分析の段階を円滑に進めるためには、まず研究分担のあり方を明確にしておく必要があります。研究が並列で行われるか直列で行われるかによって進行の仕方は大きく異なります。並列の場合、各校が独立して研究を進めることができ効率的ですが、直列の場合は前段階が完了しないと次に進めないため、進行速度が遅くなる可能性があります。重要なのは役割を固定せず、互いの強みを活かして補完し合うことです。したがって、研究開始前に役割分担やスケジュールを調整し、共通認識を形成しておくことが大切です。

次に、得られたデータを正しく評価するためには、結果の違いが地域差や基準の違いによるものか、あるいは測定誤差によるものかを慎重に見極める必要があります。そのため、実験環境（例えば、温度、湿度、光条件など）を詳細に記録し、複数回の測定を行い平均値や標準偏差を算出することが重要です。これによりデータの信頼性が高まり、高校生が科学的再現性の重要性を理解する教育的効果も得られます。

さらに、データ処理段階では地域差やサンプル差が分析結果に影響するため、統計解析や単位・スケージングの統一など、解析レベルでの規格化が不可欠です。そして、異なる規格や測定手法に基づくデータを比較する際には、その前提条件の違いを理解し、どの基準を参照し、どのように差異を扱うかを協議することが、高校生に国際的な科学研究のあり方を学ばせる貴重な機会になります。

例えば、各校から集まった数値の単位が mg/L と ppm のように混在していたり、測定回数 (n) が学校ごとに異なっていたりすることがあります。その場合は、共通のスプレッドシートに「単位」「換算後の値」「測定回数 (n)」「平均」「標準偏差」の列を用意し、まず換算をそろえたうえで、平均±標準偏差の形で並べると比較がしやすくなります。また、比色法のように数値化が難しい場合には、各校が同一条件で撮影した反応写真を共有し、あらかじめ設定した色段階や基準写真と照らし合わせて評価します。測定精度に限界があることを前提にしつつ、色の違いを言語化して比較することで、結果の解釈そのものが分析の対象となります。

加えて、分析段階ではスマートフォンなど身近な機器の活用も有効です。例えば「phyphox」などのアプリを利用すれば、スマートフォンに搭載されたセンサー機能で物理的変化を計測できます。簡便な測定で得られたデータを集計・比較する際には、単位やスケージングを揃えるなど、数値処理の統一が求められます。

文化的な違いや時差は結果の集約や解析のタイミングにも影響します。進捗状況の管理については I-4 で述べたように、共通のタスク表で補うと安心です。結果分析においては、この

ようなリアルタイム共有体制と共通基準の設定が成功の鍵を握ります。各校が共通認識を持ち、分析方法や解釈をすり合わせて協力することで、高い信頼性を持つ成果が得られます。また、このような協働的なデータ管理や意思疎通の経験は、研究内容そのものだけでなく、計画立案力や情報共有力といった、将来の学修や諸活動に不可欠なスキルの向上にも寄与します。

## 6. 研究のまとめ方(論文・レポート) ～成果を伝え、評価を受けるために～

広い意味で「研究」という人間活動の意義を考えた場合、それは「この社会・地球環境に住む生物の幸福」であると言えます。あえて「人類」「人間」とせずに「生物」と書いたのは、広く生物多様性・生態系の維持と地球環境保護が喫緊の課題であるからです。

「幸福」に寄与することが研究活動の目的であるとすれば、その成果は社会に公開されることにより始めてその目的を達成することができます。公開された成果を新しい技術や理論として社会に還元することができると同時に、その成果を踏まえ欠点を補いさらに発展させることが可能となります。せっかく素晴らしい研究成果が得られたとしても、それがその研究者によって秘匿されていれば、社会に活かされることはないでしょう(歴史的にそのような事例も見られますが)。

研究成果の公開方法の最たるものが、「論文」と「口頭発表(プレゼンテーション)」です。ここでは「論文」について記載します。

研究活動は「科学的」でなくてはなりません。その研究対象が人間活動であれ、文学であれ、芸術であれ、自然科学であれ、「科学的」であることが求められます。「科学的」であること  
の条件は、いろいろな考え方があるでしょうが、以下の2点であると思います。

(ア) 誰が見ても「そうだ」と思える「客観性」を備えていること。

(イ) 誰がそこに記載されている方法で試しても同じ結果が得られる「再現性」があること。

「客観性」や「再現性」を備えていない研究は「科学的」ではありません。「科学的」でない成果は研究の目的である「幸福」に寄与することができません。例えば、以下の例を考えてみましょう。

- 高校生の論文でクラスの生徒にクラス LINE を使ってアンケートをとった結果から「～という意見を持つ人が多いことがわかりました。」と結論づける事例を考えます。このアンケート結果で何がわかるのでしょうか?その結果はあくまでもそのクラスの意見であり、一般の高校生、ひいては社会一般の意見がそうであると一般化はできません。仮にこの結果を「高校生の意見」としても、たかだか数十名の結果からそう結論づけることに「客観性」を見出すことはできません。また、アンケートでは設問作りが重要で、設問によっては恣意的に望ましい結果に誘導していたり、バイアスがかかった設問になっていたりするので注意が必要です。なるべく多くの回答から「層」(回答で差異が生じるであろうと考える分類、例えば性別・年齢・職種など)に分けて分析することが求められます。同時に、予めどのような分析をするのかを想定した上で、設問を作ることが必要です。
- 例えば、ある研究者がガンの特効薬を開発したことを発表したとしましょう。それが他の人にも作るができるのでなければ、「幸福」に寄与することはできません。その研究

者の勘や偶然に頼って薬ができたということもあり得るでしょうが、次に同じものができるとは限りません。そもそもその研究者が亡くなればその技術は途絶えてしまいます。「こういう過程を経ると誰がやっても同じものが得られる」という「再現性」がなければ、社会に寄与することができないのです。

このように「客観性」と「再現性」は論文作成の上で常に意識すべき事項です。客観性を高めるためには次の点に留意することが必要です。

- A) 適正な母集団の層において可能な限りデータ量・資料の量を増やすこと。
- B) 分析に際して、適正な統計的手順で処理を行うこと。
- C) 分析結果の「確らしさ」を検定で裏付けること。

再現性を高めるためには以下の点に留意する必要があります。

- i. 実験・観察・データや資料収集に際し、必ず実験ノートを用意すること。
- ii. 実験ノートには、実験・観察の日時、場所やコンディション（気温・水温・湿度など結果に影響を及ぼすであろうと思われる環境）、データや資料収集の方法や母集団などを詳細に記録すること。

論文作成に際し、「客観性」「再現性」とともに必ず念頭に置かなくてはならないことが「知的所有権への配慮」です。これは簡単に言うと「自分のものと他人のものを区別すること」です。ここを不明瞭にした場合、特に他人の成果をあたかも自分の成果のように記載する「盗用」や「剽窃」をした場合や、データ結果を自分の望ましいものにてっち上げる「捏造」をした場合には、社会的に極めて重い罰則が与えられます。

現代はニュートンやガウス、アインシュタインのような一人の天才が、それまでになかった全く新しい発見や理論作りを行える時代ではありません。先人の成果の上に新たな成果を積み上げ発展させていく時代です。先人の成果に敬意を払い、その上で自分の成果をはっきりさせるために、その点を明確にする必要があります。先人の成果の引用や参考の記載方法は、成果を発表するそれぞれの論文誌（ジャーナル）において厳密にルールが定められていますのでその書法に従う必要があります。アンケートや資料提供の協力者に対しても「謝辞」として記載する必要があります。

この記事をご覧になっている先生方においては、以上述べたことは当たり前のことと思います。しかしながら、研究活動を行う場合、指導している生徒へあらためてこの点を確認するとともに、是非一度実際の論文誌における執筆要領や専門家の書いた論文を見せる機会を作ってほしいと思います。

## 7. 研究発表について ～効果的な成果発表プレゼンテーションはどうあるべきか？～

研究成果は公開されて初めて社会に寄与するという事を I-6 で述べました。公開の形態の1つが「論文」であり、もう1つが「口頭発表(プレゼンテーション)」です。他に「ポスターセッション」という方法もあります。ここでは口頭発表(プレゼンテーション)について取り上げ、以下「プレゼン」と略すこととします。スライドや映像などの視覚情報と発声による音声情報を併用する報告の形態を「プレゼン」と定義します。

日本人はプレゼンが下手だと言われます。テレビニュースで政治家の演説を見ても、欧米の政治家は台本を見ずにユーモアを交えながら行うのに対し、日本の政治家でそのような例を見ることは滅多にありません。高校においても、少なくとも 2002 年に SSH 事業が開始された当初は、事実そうでした。1 枚のスライドに小さな文字で多くのテキストや多くの画像を盛り込んだり、不要なアニメーションを使っている例を多く見ました。スライドデザインの統一感もほとんど意識されていませんでした。発表も台本を機械的に読み上げる例がほとんどでした。

2005 年に台湾において、日本の SSH 事業を参考にした高瞻(こうせん)計画が始まると、台湾と日本との間で大小様々な規模の高校生シンポジウムが開催されました。その場では、自分の生徒を指導する側として、研究レベルや英語力の差に悔しい思いを感じていたことを思い出します。英語力の点では、プレゼンの時間は台本を暗記すればなんとかなりますが、質疑応答の時間において、日本の高校生が英語の質問に対して答えられない、質問できないという事例を多く目撃しました。

しかし、その後プレゼンのレベルは目覚ましい向上を遂げています。今では学校生活において英語によるプレゼンも珍しくなく、当たり前のことになっています。この理由として、SSH 事業において大きなバックボーンとなっている探究活動とその成果を報告するプレゼンが常にセットで扱われてきたことが挙げられます。この間、SSH 事業を推進する先生方の努力と探究活動やプレゼン活動重視を全面に掲げる指導要領の改定が着実に成果となって現れています。

一般にプレゼンの時間は限られています。記念講演のような場でない限り 30 分以上の場合は稀で、多くは 5～15 分間程度です。研究成果を発表する場合、この間に能率よく効果的に内容を伝える必要があります。この時、一般的な紹介や報告のためのプレゼンと異なる留意点が必要です。ここでは、研究成果を伝えるプレゼンを「アカデミックプレゼンテーション(プレゼン)」と呼ぶことにします。

この冊子はオンラインを前提とした高校生の国際共同研究についてまとめたものです。対面でプレゼンする場はないのかもしれませんが、しかし、たとえオンラインの場であっても、プレゼンについては対面の場合に共通する次のような基本的な留意事項が大事になります。その意味で、まずは対面の場合の留意事項を述べます。その後、オンラインに特化した留意事項に触れたいと思います。

高校におけるアカデミックプレゼンには、一般のそれとは異なる点として「聴衆が専門家とは限らないこと」を想定することが必要です。一般のアカデミックプレゼンであれば想定される聴衆は専門家なので、専門用語の説明が不要ですが、高校の場合はそうではありません。そのため、用語や基礎知識の説明が必要となります。そのことを踏まえた上で限られた短時間で、誤解のないように研究成果を伝えるために、以下のことに留意しなくてはなりません。

- (1) 内容を理解するために必要な専門用語や技術の説明は最小限にとどめる。
- (2) 研究動機→仮説→検証手法・検証結果→結論→考察・展望という説明の流れを明瞭にする。
- (3) 検証の部分は聴衆が理解するために必要な時間を十分に取る。特に表やグラフの説明をしっかりと行い、理解してもらうことは重要。
- (4) 既存研究成果と自分の研究の区別を明瞭にし、どこからが自分の工夫や成果なのかをはっきりさせる。
- (5) 自分の研究成果を伝えるために、どのような分析手法を使い、どのようなグラフ表現にすることが望ましいのかをよく考える。
- (6) 研究の基本は「客観性」と「再現性」。データ量やデータを取ったコンディションに言及するとともに、研究成果の説得力を高めるために検定の手法を用いる。

以上の(1)~(6)を効果的に実現するために、スライド作成には、以下の点に留意させて下さい。これは対面の場合を想定しています。

- (ア) スライド作成の鉄則である”One Slide, One Message”を厳守する。1つのスライドに多くのコンテンツを入れない。テキストは箇条書きにして、基本最小でも24point以上にしたい。
- (イ) レイアウト・デザインに統一感を持たせる。「統一感」とはフォント・ベースカラー、コンテンツの配置(画像・テキストの位置など)を統一すること。このことにより、「プロっぽさ」が出てくる。
- (ウ) 画像は可能な限り大きく使う。特にグラフはアカデミックプレゼンのキモであり、小さく見にくいものは理解の上で致命的。
- (エ) アニメーションは基本的に入れない。最初からスライド全部を見せていた方が効果的。実際のプレゼンの際には、以下のことに留意するようにさせて下さい。これは対面の場合を想定しています。

- A) 聴衆に視線を向け、台本を見ずに話す。
- B) 聴衆の理解のために時間を取る必要のあるスライド、さっと流すことのできるスライドを区別する。
- C) 力説すべき点、流す点を区別する。数字を明瞭に伝える。
- D) スライドの内容を的確なキーワードや短文にまとめてあげると記憶に残りやすい。

メラビアン<sup>1</sup>の法則によると、プレゼンでは視覚情報が一番記憶に残りやすいとされています。直立不動で話すのではなく、ボディランゲージ(デリバリー)を的確に使うことが重要です。その際に、「手は常に腰より上」に置くことを意識すると、体が大きく見え、注目を集めることに繋がります。

また上記 D は意外に効果的ですので是非意識して下さい。例えば、スライドの中で「最近の気象傾向として、『気温の高い日が多い』『線状降水帯に代表される長く続く豪雨が起こる』『ゲリラ豪雨が多い』『基本的に暖冬であるが時に大雪になる』が挙げられる」と紹介したとしましょう。最後に「以上を、一言でまとめると今までになかった『異常気象』が多発していると言えます」という言葉でまとめると、聴衆の記憶に残りやすくなります。

一方で、オンラインの場合は、以上述べた対面とは異なる事情が生じます。

以上の内容を「オンライン会議の充実」という視点からまとめてみましょう。

オンラインと対面が異なる点として以下の事項が挙げられます。

- 発表者の視線は基本的にカメラか共有画面に向けられるため、聴衆には見られている実感がないこと。
- マイクが一人の発話しか拾わないため、対面のようなザワザワ感がなく発言しにくいこと。そのため、英語で行う場合は、より正確な発音が求められる意識になりがちであること。
- プレゼン者は発言中、参加者全員の反応が確認できるわけではないこと。
- オンラインでは基本的に胸から上が表示されるため、ボディランゲージを使いにくく、ともすればプレゼンが音声だけの単調なものになりがちなこと。
- 笑いや相槌がわかりにくいいため、プレゼンの達成感に乏しいこと。
- 対面ではスクリーンから離れた聴衆も判読できるようにテキストや画像を大きくするが、オンラインでは画面共有で誰でも詳細に見ることができるため、1枚のスライドに多くの情報を盛り込めること。

オンラインでは対面とは異なる以上の状況が発生します。そのため、対面とは異なる以下の配慮が必要となります。

- 発言時に豊かな表情と頷き・相槌を心掛ける。
- オンラインでは1つのスライドに対面とは異なる多くの内容を盛り込めるため、1つのスライドの説明にかかる時間を十分に取る必要があることに留意する。

全体的なプレゼンの話題に戻ります。

プレゼン技術を身につけたいと思うのであれば、是非実際にリハーサルしている映像をスマホで撮影し、内容をチェックする時間を作ってほしいと思います。これはプレゼン技術を身につけるために、非常に効果的です。自分の声や仕草を映像で見ることは恥ずかしいことです。しかし、その恥ずかしい時間の中で、多くのことがわかります。第一にきっちり所定時間に収まっているのか、次に、自分の説明はわかりやすいのか、わかりにくいのが見えてきます。わかりにくいのであれば、どの点を改良すればいいのか、考えることが必要です。ボディランゲージが効果的なのか過剰なのかをチェックすることができます。特に日本人には、過剰なボディランゲージは見ている人の鼻につくため、逆効果とされます。さらに、プレゼン時における自分の「癖」がわかります。自分の「癖」を知ることは、プレゼンだけでなく今後のコミュニケーション技術を向上させる上でも重要です。「え〜と」「あの〜」という口癖が耳につく、「頭を掻く癖がある」などといったことは、映像をチェックしない限り知らずに過ごしてしまうでしょう。実は、口癖や動作の癖は、聴衆において主張しようとする内容の理解を阻害する大きな理由の一つなのです。

## Ⅱ より良い国際共同研究に向けて

### 1. 相手校の探し方

多くの海外校が、日本の学校との深い交流を望んでいて、共同研究の相手を見つけることは比較的容易いと言えます。これまでに交流のあった学校へ気軽に声をかけてみることをすすめます。特に、日本の理数教育には高い信頼感が持たれていますので、日本の学校と科学交流を行いたいと考えている学校は多くあります。

そのような学校を見つけることが難しいという場合は、本実践指導事例集を編集している立命館高校の International Collaborative Research Project (ICRP: 国際共同研究プロジェクト) へ参加いただければと考えます。例年、4 月頃に募集を行い、生徒 2~3 名と教員 1 名で登録してもらいます。立命館高校の海外連携校をそれぞれのチームへマッチングし、開始時のサポートとあわせて、年間数回のミーティング、1 月の最終発表会等をすべてオンラインで行います。もちろん、困った際には適当な支援も受けられます。また、自分達だけで不安な場合は、これまでに国際共同研究の経験がある国内校と一緒にチームを組むことも可能としています。

自分達で海外校を見つけたい場合は、海外校が集うような企画へ参加することです。日本国内でも海外校を招いた科学交流の場はいくつかあります。そのような場に参加して、海外校の教員と知り合いになることが近道と言えます。例えば、立命館高校での Japan Super Science Fair (JSSF) は、これまで 23 年間継続して開催されており、例年約 20 カ国・地域から海外校 30 数校が参加し、課題研究の発表を中心に様々な科学交流が行われています。

他には、それぞれの都道府県や市町村が海外の姉妹都市を持っている場合があります。行政に相談すれば、姉妹都市の学校を紹介してもらうことも可能です。あるいは、日本の学校と交流をしたいと相手校を探している場合も少なくありません。そのような情報は、都道府県等の観光課へ入ることが多いようです。海外校の来日時に、半日、あるいは 1 日研修として学校を訪問したいという要望です。そのような学校とつながりを持ち、国際共同研究へ発展させることも考えられます。高大連携等でお世話になった大学の先生を通して紹介を受けられるケースもあります。大学研究室で共同研究が行われている関係から関連の高校を紹介してもらえることもあり得ます。

上に述べた ICRP では、研究を行いたい希望分野だけを届けてもらい、海外校がマッチングされてから、テーマを決める議論を始めます。したがって、このテーマでやりたいと最初から決めることは避けてもらっています。しかしながら、ICRP 以外に、上記のようなそれぞれの方法で海外校を探す場合は、具体的に研究テーマを決めておく方が誘いやすいかもしれません。

「●●の生態について、日本とあなたの国ではどのような違いがあるかに興味を持っています。一緒に調べてみませんか？」という方が受け入れてもらい易いでしょう。

国際共同研究は、やってみれば生徒へ有益な影響を与えてくれます。どこかに良い相手校がないかを積極的に探そうという強い思いを持つことがまず第一歩です。

## 2. 初対面の生徒間での交流

高等学校における国際共同研究のメンバーとの初対面は、現在多くの場合オンラインで行われています。知らない者同士のオンラインでの交流はなかなか難しいものですが、これから数か月、場合によっては一年以上にわたって共に研究を行っていくメンバーですから、初めての対面でのコミュニケーションはできるだけぎこちなさの少ない、スムーズで笑顔にあふれるものであってほしいと思います。

ここでは、これまでに実施してきたそのようなオンラインの初対面時において効果的であった、高校生向けのアイスブレイク活動をいくつか紹介したいと思います。

### ① 動画交流

初対面の相手、しかも日本語ではなく英語でのオンラインの交流となると、ほとんどの日本の高校生にとってハードルは高く、緊張を伴うものであると思います。その結果、普段は明るく交流できたり、相手に話しかけたりすることができる生徒でも、なかなか本来の姿を見せられないことは無理もないことと言えます。そこで、画面越しでは伝えづらい自分の本来の姿や学校生活を相手に伝えるために、事前に、「自己紹介動画」や「学校紹介動画」を作成しておくことはたいへん有効です。

キャンパス内を歩きながら学校を紹介したり、楽器を演奏したりスポーツをしている姿を収めて特技を披露したりすることは、本人の自然で素直な姿を伝えることができます。たとえ1回目のオンラインミーティングがぎこちない交流になったとしても、動画での姿を見てもらうことで、相手校の生徒に「今後の交流が楽しみだな」という思いを残すことができ、またこちら側としても、初対面の交流に大失敗して落ち込んでしまうことが少ないので、おすすめの活動です（ただし、事前に画面配信や音声配信が確実にできるよう準備しておきましょう。これがスムーズにいかないとやっぱり落ち込んでしまいます）。

### ② 共通点探しゲーム

このゲームはオンラインでも対面でも、道具や準備が不要でルールも非常に簡単、老若男女問わずどんな場面でもだいたい盛り上がってくれる有難いゲームです。ルールは簡単で、グループメンバーの共通点を探すとゲームです。”Have you been to other countries?”というYes/Noで答えられる質問から、”What sports do you like?”という複数回答が可能な質問まで、お互いに自由に質問をし合いながら、グループ内での共通点を探します。タイの生徒とのゲームでは、日本の生徒が”Which season do you like?”と質問したところ、”We have only three seasons: hot, hotter, hottest!”という予想外の答えが返ってきて、みんなで大笑いしたこともありました。複数のグループがある場合は共通点の数で競ってもよい

ですし、ブレイクアウトルームに分けて実施して最後に全体で共通点を発表する形にしても効果的です。”We are all humans.”や”We are all high school students.”といったずるい回答が出てくることもあります。それを最後に共有するのも楽しい時間です。

**【共通点探しゲームで画面共有するスライド例と台本】**

Common Ground Game -Find what you have in common!-

**Rules**

1. Work in small groups.
2. Ask each other questions in English.
  - Yes / No questions  
*e.g. Have you been to other countries?*
  - Open questions  
*e.g. What sports do you like?*
3. Find as many things you all have in common as possible.
4. Write down your common points.

**Time:** 10 minutes

**At the end:**  
Share your most interesting or funniest common point with everyone!

<司会者の英語台本> MC Script – Common Ground Game

**Before the game**

Okay everyone, now it's time for a short icebreaker activity. We are going to play a game called “Common Ground Game.” In this game, you will work in small groups and try to find things you all have in common.

**Explaining the rules**

Please ask each other questions in English. You can ask Yes or No questions, like “Have you been to other countries?” or open questions, like “What sports do you like?” Your goal is to find as many common points as possible.

**Instructions for breakout rooms**

You will now be moved into breakout rooms. Please talk freely and enjoy the conversation.

You have about 10 minutes.

**Starting the game**

Okay, are you ready? Let's start the game. Enjoy!

**After coming back**

Welcome back, everyone! Now, each group, please share things you found in common. Who would like to start?

**Closing**

Thank you very much! That was a great warm-up, and I hope you enjoyed getting to know each other.

### ③ 名前リレー自己紹介

こちらも準備不要で行えるシンプルなアイスブレイクゲームですが、進行役(司会)が必要です。「名前・性格を表す形容詞・好きなもの(またはこと)を一つ」を一人ずつ紹介し、次の人は前の人の紹介を繰り返したうえで、自分の紹介を加えていきます。例) ”My name is Aoi. I am talkative. I like ice cream.” 次の人: ”Her name is Aoi, She is talkative. She likes ice cream. And my name is Kaede. I am forgetful. I like listening to music.” 3人目: ”Her name is Aoi…Her name is Kede…and my name is…” という風に順番につなげていき、最後の人は参加者全員分を紹介することになります。対面の場合は円になって行うことができますが、オンラインでは司会が最初に順番を指定し、指名しながら進める必要があります。6人目ぐらいになるとたいへんですが、初対面のメンバーの名前や好みを自然に覚えることができ、かつ楽しいゲームです。6人以下だと盛り上がりませんから、その場合は教員もゲームに加わりましょう。司会は教員が担って、ある程度盛り上げてあげることも初期の段階では必要です。

#### 【名前リレー自己紹介で画面共有するスライド例と台本】

##### Name Relay Self-Introduction -Name & Memory Chain- Rules

##### How to play

1. Sit back and listen carefully.
2. The first person introduces themselves:
  - Name
  - One adjective to describe your personality
  - One thing you like
3. The next person repeats the previous introduction and then adds their own.
4. Continue in the same order.
5. The last person introduces **everyone**.

##### Example

- “My name is Aoi. I am talkative. I like ice cream.”
- “Her name is Aoi. She is talkative. She likes ice cream. And my name is Kaede. I am forgetful. I like listening to music.”

**Tip:** Listen carefully — memory is the key!

#### <司会者の英語台本> MC Script – Name Relay Self-Introduction

##### Before the activity

Now, let's move on to our next icebreaker. This activity is called “Name Relay Self-Introduction.” It's a simple game, but it's great for remembering names and learning about each other.

##### Explaining the rules

The first person will introduce themselves. Please say: your name, one adjective that describes your personality, and one thing you like. The next person will repeat the previous introduction and then add their own introduction. We will continue like this in order.

For example, “My name is Aoi. I am talkative. I like ice cream.” The next person says, “Her name is Aoi. She is talkative. She likes ice cream. And my name is Kaede. I am forgetful. I like listening to music.” Because this is an online meeting, I will decide the order and call your name. Please be ready when your name is called. Don’t worry if you make a small mistake. Just try your best and have fun!

#### **Starting the game**

Okay, let’s start. [誰か一人を最初に指示] 【名前】, please go first.

[一人が言い終えたら次の生徒を指示], then the next person should be 【名前】

忘れていたりしたら⇒Take your time. / Can anyone help? などフォロー

#### **Closing**

Great job, everyone! Now we know each other’s names and favorite things much better. Thank you for your effort.

#### **④ ミニ言語交流**

対面交流でも、雑談の中でお互いの言語を教え合う場面は非常に盛り上がります。オンラインでも同様の活動を取り入れることで、単なるゲームにとどまらない有意義な交流の時間を作ることができます。この活動では簡単なスライドなどを事前に準備しておくスムーズです。挨拶や簡単な自己紹介表現を互いに教え合い、最後に相手の言語で自己紹介を行うよう促すと、達成感のある活動になります。日本語の場合、数の数え方を教えると応用がききやすいため、その後先生がクイズ形式で理解度を確認するのも楽しい活動になります。また、高校生ならではのスラングを教え合うと、それだけで笑顔があふれる時間になります。必ず最後に覚えた語や文を披露する時間を作ってください。次回のオンラインミーティングで早速それを使ってみると、相手も必ず反応してくれるため、関係づくりのきっかけとして非常におすすめです。

対面を伴わない高校生のオンラインでの国際共同研究は、初期のころにこのような活動を設けることで、お互いをよく知ることに繋がります。せっかくの縁があって出会う共同研究のメンバーですから、研究の話だけではなく、お互いの国や学校生活のことなども気軽に話し合える関係を築いてほしいと願っています。

### 3. 国際共同研究の開始にあたっての教員の役割と助言

国際共同研究において、教員に求められる役割は、専門的な「研究指導者」であることよりも、生徒と共に悩み、解決に向けて伴走する「ファシリテーター（促進者）」や、外部と連携するための「サポーター（支援者）」としての側面が重要になります。もちろん、教員自身が研究指導を兼任できればスムーズですが、近年では大学や企業が高校生の研究活動を支援してくれるケースも増えています。実際に、数学の研究課題に対して、校内の数学教員や企業の助けを借りながら理科教員が担当を務めたり、理科の研究課題を情報教員が担当したりした例もあります。担当教員の最終的な目標は、生徒自身が周囲の大人や企業に助けを求め、向上心を持って研究活動に自走できる姿勢を身につけることです。そのため、教員は最初から完璧な指導を目指すのではなく、生徒のモチベーションを保てるような環境を整えることから注力するのが良いでしょう。以下に、具体的な働きかけについて述べます。

まず、参加募集や勧誘の段階から、生徒への意識付けを行っていくことが大切です。研究内容を深める上では、海外相手校の文化的背景や価値観を理解し、異なる視点を尊重した上で取り組む姿勢が求められます。「違い」は間違いやネガティブなものではなく、背景が異なることによる「正しさの多様性」であり、自分にはない発想やアイデアをもたらすポジティブな要素であることを生徒に理解してもらうことが重要です。「研究も大事であるが相手校との意思疎通、違う価値観、考え方を受け入れて自分たちの主張もして意見交換することが大事である」ということをいつも生徒へ伝えておられるというご意見も実践校の先生から伺っています。また、同じ校内の生徒であっても研究に対する価値観やモチベーションには相違があります。相手を否定せず、傾聴し理解しようと努める姿勢がお互いにとって重要であることを伝えます。さらに、国際共同研究では、意思疎通の齟齬、作業量の不均衡、研究方針の違いなど、必ず困難が生じます。それらを単に「我慢する」のではなく、「相手に伝え、調整し乗り越える経験そのものが学びの中核である」と事前に伝えておくことで、生徒が困難に直面した際の心構えが変わってきます。理系領域においては大学進学後や就職後も国際的な協働が不可避であるため、本活動が将来的な実践力の土台となること、そして自らの強み・弱みを把握し成長させる絶好の機会であることを共有し、意欲を喚起することが望ましいです。

次に、共同研究が始まる前には、生徒が自信を持って相手校と繋がるための国内事前準備を行うことも重要です。いきなり海外と繋ぐのではなく、まずは国内メンバーのみで打ち合わせを行いましょう。ここで方針やスケジュールの確認、議論の作法や役割分担を明確化しておきます。お互いに面識のない生徒同士でチームを組む場合は、アイスブレイクなども取り入れ、話しやすい雰囲気（心理的安全性）をまず確保することが大切です。また、海外校との初回ミーティングは関係構築の要となるため、事前に「何を話すか、どう交流するか」を国内チームで話し合っておくと良いでしょう。特に配慮したいのが、理系知識と英語コミュニケーションに関

する準備です。国内校からの参加生徒は海外生徒に比べ、専門知識や英語で話す経験が不足していると感じてしまうことが多く、それが自尊心を傷つけ、モチベーション低下につながる懸念があります。これを避けるために、最初のミーティング前に「研究でやってみたいこと」に関連する知識や現状、それらを英語でどう表現するかを学ぶ勉強会を用意することが有効です。近年は翻訳ツールの進化により、英語が苦手な生徒も意思疎通が行いやすくなってきました。しかし、翻訳ツールを使いながらのオンラインミーティングは、入力や翻訳のために相手を待たせてしまったり、読み上げるだけになって気持ちが乗らず、その場の雰囲気盛り上がらなかったりすることもあります。そのため、翻訳ツールに依存しすぎないように促すことも必要です。具体的には、理系研究でよく使う専門用語リストや、オンライン会議で役立つ英語フレーズ集を作成し、それらを使った基本的な会話表現の練習機会を確保すると良いでしょう。自分の言葉で伝えようとする姿勢を促し、成長を後押しすることが大切です。これらの勉強や練習の経験は、生徒にとって初めて相手校と話す際の自信や楽しみにも繋がり、良い国際共同研究のスタートに貢献することでしょう。

#### 4. 研究推進に関して教員の関り方

国際共同研究への参加を通して、生徒は大きく成長します。その主役はもちろん生徒本人ですが、その成長の背景には、指導とサポートを行う教員の存在があります。8カ月程度にわたる共同研究は、時間的にも労力的にも負担の大きい取組ではありますが、普段の授業では見られない生徒の姿や成長を間近で見ることができる貴重な機会でもあり、教員にとっても実りの多い経験となります。

まず大前提として、指導する生徒は一人ひとり置かれている状況が異なります。科学的研究の経験においても、初めて研究に取り組む生徒もいれば、複数回研究を経験し、基本的な知識やノウハウを身につけている生徒もいます。また、海外の人とほとんど話したことがない生徒もいれば、小学校時代から英語で海外の人と交流してきた生徒もいます。グループ活動においても、リーダー経験が豊富な生徒がいる一方で、協調性に課題を抱える生徒もいます。このように、生徒の実態や強み、課題は多様であり、それぞれに応じた指導が求められます。加えて、生徒が国際共同研究に何を期待しているか、どのような経験を得たいと考えているかも生徒によって異なります。研究そのものを深めたい生徒もいれば、海外に友人をつくることを目的として参加している生徒もいます。こうした生徒の目標や意識を十分に理解していないと、指導が難しくなる場面も生じ得ます。そのため、日頃からの生徒観察や丁寧なコミュニケーションを通して、生徒の考えや状況を把握し、柔軟に対応することが重要です。

国際共同研究の指導においては、特に「研究の共同性」「生徒のモチベーション」「生徒の計画性」の三点に留意したいところです。

まず、研究が真に共同的なものになっているかという点です。同じグループ内での議論や交流が、一方的になってはいけません。海外校の生徒が主に発言する場面もあれば、日本側の生徒が海外校の意見を十分に汲み取らずに議論を進めてしまうケースも見られます。こうした状況に気づけない生徒や、気づいていてもどのように対応すればよいか分からない生徒に対しては、教員の客観的な視点に基づく早期の助言が大きな効果をもたらします。

次に、生徒のモチベーションや自尊心を支える指導です。長期間にわたり、調整力や忍耐力を要する国際共同研究では、途中で生徒のモチベーションが低下してしまうことも少なくありません。海外の生徒とのコミュニケーションがうまくいかず、自信を失ってしまう場面もあるでしょう。そのような兆候に早期に気づき、適切な声かけを行える教員の存在は、生徒にとって大きな支えとなります。

三つ目は、生徒の計画性です。長期的な研究活動においては、全体の見通しが甘くなりがちな生徒も多く見られます。そのような場合には、経験をもつ教員が適切なタイミングで計画の確認を行ったり、見通しを立てるための助言を行ったりすることが、研究の円滑な推進につながります。

具体的な教員の関わり方として、研究グループのオンライン会議の前後に行う事前ミーティングと事後ミーティングを強く推奨します。

### 【事前ミーティング】

特に共同研究の初期段階では重要です。オンライン会議の直前または前日に行い、主に次の点を確認します。

まず、今回の会議の目標を明確にし、生徒に意識させます。緊張から「会議をこなすこと」自体が目的にならないよう、全体計画の中で今回何を達成すべきか、また生徒自身が何を達成したいかを考えさせることが大切です。研究内容に関する目標だけでなく、コミュニケーション面の目標を設定することも有効です。会議後に達成の可否が判断できる、具体的な目標にするとよいでしょう。あわせて、想定されるトラブルとその対策を考えさせることも有意義です。

次に、資料の確認です。会議に向けて、生徒が伝えたい内容を簡単なスライドにまとめることで、考えの整理や円滑な意思疎通につながります。簡単なもので構いませんので、教員が事前に内容を確認することで、会議をよりスムーズに進めることができます。

### 【事後ミーティング】

生徒の成長を促し、トラブルを早期に防ぐために、事後ミーティングも重要です。毎回、次の二点を振り返らせます。

一つ目は良かったことです。生徒自身に言語化させ、教員が具体的にほめることで、成長を感じさせて自信やモチベーションの向上につながります。生徒の心に響くようにほめるために、教員は会議の様子をよく観察しておくことが求められます。

二つ目は次に向けた改善点です。うまくいかなかった点を、次にどう行動すればよいかという前向きな視点で考えさせます。反省がただの落胆で終わらないで、成長や前向きな行動に転換するように教員が手助けをする意味が大きいです。また、教員が適切に支援し、生徒の不安や疑問には第三者の視点から助言することが大切です。

最後に、8 か月間にわたる研究活動における教員の関わり方の変化を、三つの段階に分けて整理します。

初期段階では、可能な限り教員がすべてのミーティングに参加し、生徒の様子をよく観察しながら、研究活動が軌道に乗るよう丁寧に支援することが重要です。生徒の実態やレベルに応じて、教員が司会を務めたり、生徒に見本を示したりすることも有効でしょう。特に、両校の生徒が十分に議論へ参加し、研究に貢献できているかに注意を払う必要があります。

次の段階では、教員は生徒の研究や議論における挑戦を後押しし、その挑戦が成長につながるよう助言する役割を担います。教員が全体状況を把握していることは重要ですが、毎回の会議に参加する必要はありません。生徒だけで行う会議も、より深い交流や主体性の向上につながります。

最後の段階では、生徒間の信頼関係やグループ内のコミュニケーションが十分に確立され、教員は生徒からの報告や相談を受ける立場に回ります。教員の関与は、生徒だけでは解決が難しいトラブルへの支援にとどめるのが望ましいでしょう。

## 5. 教員同士の意思疎通

国際共同研究と聞くと、「英語でのやり取りも、深い研究指導も、進捗管理も全て自分がやらなければならない」と重荷に感じてしまう教員もいらっしゃるかもしれません。しかし、全てを完璧にできるとは限りませんし、相手校が変われば必ずと最適な関わり方も変わるものです。実際、長くこの活動に関わっている教員であっても、毎年試行錯誤を繰り返されています。それは、相手を単なる「海外校」として捉えず、共に生徒の成長を支える「仲間」として、一校一校と真摯に向き合っているからです。このように、正解のない中で工夫を積み重ねていく活動だからこそ、最初から完璧を目指す必要はありません。研究の質を高めるために何より大切なのは、このような活動を「継続」することです。そのためには、教員が無理なくサポートが続けられる環境が重要であり、「周囲をうまく巻き込み、チームで取り組むこと」が鍵となります。ここでは、持続可能な国際共同研究を行うための、校内・相手校・国内校それぞれの教員との意思疎通のポイントをご紹介します。

まず大切にしたいのが、校内でのチーム作りです。全てを一人で完結させようとせず、他教員の「得意分野」を借ります。特に、英語科教員との連携は非常に心強いものです。科学的な指導は理科教員が、英語の表現指導や発表練習は英語科教員が、というように役割分担することで、精神的にも実務的にも負担が大きく軽減されます。これは英語科教員にとっても、生きた英語指導を実践する貴重な機会となります。また、参加生徒の担任や授業担当教員とも、生徒の様子を共有することも良いでしょう。メールなど堅苦しい報告である必要はありません。職員室での立ち話や、会議前に隣り合った際、あるいは移動中のふとした会話など、日常の隙間時間で「最近、〇〇さんが頑張っている」と声をかけるだけでも十分です。それにより、多くの教員から生徒が「頑張っているね」と応援の声を掛けてもらったり、元気が無い時に「何かあった？」と気にかけてもらえたりする環境が生まれます。こうした「チームで見守る」体制は、生徒の研究へのモチベーション維持やトラブルの早期発見に繋がり、結果として教員も生徒も安心して、意欲的に研究に集中できるようになります。

次に、相手科教員との連携です。相手校との交流を単なる業務連絡ではなく、「海外から新しい・面白い視点や指導法を学ぶ機会」と捉えてみてください。この経験は、教員として大きな刺激と財産になります。交流を深めるためには、生徒のミーティングに同席するだけでなく、教員同士が直接対話する場や時間を設けることも重要です。日本の教員は「相手の時間を奪っては申し訳ない」と遠慮しがちですが、事前に予定を調整し、誠意を持って向き合えば問題ありません。むしろ「あなたの学校と共に頑張りたい」という熱意を伝える最高の機会となります。こうした対話の場で、最大の障壁となるのが「英語への不安」かもしれませんが、たとえ得意でなくても、ぜひ思い切ってチャレンジしてみてください。うまく伝わらない時はボディランゲージや翻訳機能を活用し、聞き取れなかった時はチャットで送ってもらうなど、苦手を補う手段は多くあり

ますので、教員も活動を通じて、生徒と共に上達していけば良いと思います。どうしても不安な場合は、英語が得意な先生にサポート役として同席してもらう形でも全く問題ありません。また、やり取りにおいて形式を重んじすぎると、お互いに連絡が億劫になりがちです。もっと気楽に繋がる工夫として、お互いの合意があれば LINE や WhatsApp といった普段使いの連絡ツールを活用してみるのも一つの手です。これだけで、連絡のハードルはぐっと下がり、やり取りも自然に増えます。こうした日常的なやり取りの中で、研究内容だけでなく「生徒のやる気をどう維持するか」「考査期間にはどの程度研究活動を促すべきか」といった運営・指導上の悩みもぜひ共有してみてください。「実はうちも同じです」という共感や、互いに知恵を出し合っ解決策を探る経験は、ビジネスライクな関係から共に歩む「同志・友人」へと変わっていくはずです。海外にこうした教員の友人ができることで、世界の教育を身近に意識できるようになり、教育観が大きく変わることでしょう。このように、教員同士が国を越えて助け合い、心強いパートナーとなっている姿を見せることは、生徒たちにも大きな影響を与えます。教員の良好な関係性が安心感となり、生徒達も楽しみながら主体的に研究に取り組むようになるのです。実際に、教員がフランクに相談し合う姿に背中を押され、日本校の生徒が相手校の生徒や教員に対して、自ら積極的に意見や助言を求めようになった事例もあります。相手校教員を共に研究活動を成功させる「頼れるパートナー・友人」として巻き込んでいくことが、生徒の成長を含めた豊かな活動成果を得るための大きなポイントです。

さらに、校外の国内ネットワークにも目を向けてみましょう。サイエンス・フェアのような国際行事や研修会、シンポジウム等、様々な機会を通じて、他校教員と交流し、校外にも頼れる繋がりを増やしておくことをお勧めします。他校教員も同じ悩みを抱えていることを知ったり、交流を通じてベテラン教員の知恵や新たな視点を取り入れたりすることは、不安の解消だけでなく、指導の質を高める大きなきっかけになります。この実践指導事例集の執筆者一同を含め、国際共同研究に継続的に携わっている教員は、同じ志を持つ者との交流や助け合い・相談も楽しみのひとつとして取り組んでいます。こうした温かな繋がりがあることも、この活動の大きな魅力と言えるでしょう。何かあれば、一人で悩み続けず、ぜひ他校教員にも頼ってみてください。

こうした校内・相手校・国内他校との多層的な繋がりを深めていく中で、いつしか国際共同研究が教員自身の「楽しみ」のひとつになっていくのではないのでしょうか。完璧で無くとも生徒と共に自分も楽しむという視点で、校内の先生とも、国内外の他校の先生とも繋がり、協力をしながら生徒達の成長を共に楽しみましょう。この教員同士の意思疎通の姿勢こそが、国際共同研究をより豊かで持続可能なものにしてくれるはずですよ。

## 6. 有効なアプリとその利用について

対面での交流では、周囲の環境から多くの情報を得ることができるため、相互理解が深まりやすく、温和な雰囲気の中で研究が進めやすい傾向があります。一方、オンライン交流では画面上の情報に制限があるため、話題が広がりやすく、理解が深まるまでに時間を要します。したがって、オンラインによる国際共同研究では、各アプリの特性を理解し、適切に活用することが重要です。相手に豊富な情報を提供できるよう心がけることで、円滑な交流と研究の進展が期待できます。交流の基盤となるのは、互いの姿を映し出し、音声でコミュニケーションが可能なビデオ会議アプリです。国や地域によって使用できないアプリもありますが、Zoom、Microsoft Teams、Google Meet 等は、海外校とも比較的合意が得やすく、操作も容易であるため、広く活用されています。これらのアプリには、参加者全員が集まるメインルームに加え、少人数での活動に適したブレイクアウトルームを設定する機能があります。これにより、相互理解を深める対話や、発言機会の増加が促され、汎用性の高い運用が可能となります。

国際共同研究は異文化間で行われるため、音声のみの交流では誤解が生じる可能性があります。リアルタイムでテキストメッセージをやり取りできるチャット機能を活用することで、誤解の回避が可能です。また、会話の流れや決定事項をテキストで記録し、それを基にミーティングを重ねていくことが理想的です。そのためには、Microsoft Word、Google ドキュメント、Notion などの共同編集が可能なメモアプリを活用することが有効です。これらのアプリは、ビデオ会議中に画面共有しながら議事録を作成・確認することができ、情報の整理と共有に役立ちます。

さらに、国際共同研究の一環として研究発表会への参加が設定されることも多く、オンライン発表ではスライドアプリが視覚的補助として用いられます。Microsoft Power Point、Google スライド、Canva は近年使用頻度が高く、それぞれテンプレートの豊富さ、デザイン性、操作性、他アプリとの連携などに特徴があります。目的や好みに応じて、適切なツールを選択することが望ましいです。

なお、国際共同研究は定期的なビデオ会議だけで成り立っているわけではありません。WhatsApp、Messenger、LINE などのメッセージングアプリを活用し、日常的な情報交換を行うことが重要です。Instagram もメッセージ機能を備えているため、同様に活用されます。これらのアプリでは、テキストメッセージ、音声メッセージ、写真、動画、ドキュメントなどを通じてリアルタイムで対話が可能です。たとえば、Wi-Fi 接続のトラブルなどでビデオ会議が開催できない場合でも、迅速な情報交換が可能となり、相手を長時間待たせるような事態を回避できます。

また、これらのアプリは常に最新バージョンに保つことが重要です。アップデートによってセキュリティが強化されるだけでなく、新機能の追加や不具合の修正が行われるため、安定した運

用と円滑な交流を支える基盤となります。国際共同研究においては、目的に応じたアプリを選定し、それぞれの特性を理解したうえで適切に活用することが、円滑な交流と研究の進展に直結します。特にオンライン環境では、情報の伝達手段が限られるため、アプリの機能を最大限に活かす工夫が求められます。技術と人とのつながりを両立させることが、国際的な協働の成功に向けた鍵となるでしょう。

## 7. オンラインで必要な英語力

CEFR (Common European Framework of Reference for Languages) の新コンパクト・ボリューム (Council of Europe, 2018) では、「オンラインを使ったコミュニケーションは、対面のやり取りと同じであることはあり得ない。」と明確に述べたうえで、成功裏にオンラインでコミュニケーションを行うために必要なものとして以下の点を上げています。

- メッセージに冗長性を高める必要性
- メッセージが正しく理解されたことをチェックする必要性
- 理解を助けたり誤解に対処するために言い直す能力
- 感情的な反応に対応する能力

オンラインでのやりとりのメリットは、共通のリソースにリアルタイムでアクセスすることが可能であることです。一方で、起こった誤解は、対面のコミュニケーションでは容易に即座に指摘、修正が行なわれうるのですが、オンラインでは難しいことがあります (Council of Europe, 2018)。そのため、詳細に言葉で説明できること、相手が理解しているかを確認しながら進められること、相手のために異なる方法で言い換えることなど、対面でのコミュニケーションより発展した英語力が必要となります。以下は CEFR で示されている「目的のあるオンラインでの交渉と協同作業」ですが、国際共同研究をある程度スムーズに進めようと考えれば、少なくとも 2 級レベルの B1 以上の力が必要であり、英検準 1 級レベルといわれる B2 以上の英語力があると会議で議論を推進したり主導権を取ったりすることもでき、このレベルに達していることが望ましいと言えるでしょう。

そのため、意識して、1 分間で物事を説明する練習、聞いた事柄に関してパラフレーズして述べる練習、聞いたり読んだりした事柄に関して自分の言葉でリテリングする表現活動、相手の理解を確かめながらペアスピーチを行う活動、等を行うことが有効です。これらは授業で実践できるとよいですが、そうでない場合も、各個人が授業で使用している検定教科書等を使用して、簡単に練習することができます。

### ① 1 分間ペア説明+理解確認

一人が教科書本文の内容を 1 分以内で説明し、もう一人は「So, you mean ~?」「So, what you're saying is ~, right?」「Let me check my understanding. ~.」などの表現を用いて理解確認を行う。その後、役割を交代することで、説明力と確認力の両方を養う。

### ② パラフレーズ・リレー

本文中の重要文を一文選び、A が原文の意味を説明 / B がそれを別の言葉で言い換えるという形でやり取りを行う。正確さよりも「相手に伝わるか」を重視し、表現の柔軟性を高める。

### ③ リテリング+補足質問

Aが本文の内容を自分の言葉で簡潔にリテリングし、Bは「情報が足りない点」「分かりにくい点」について質問や補足要求を行う。これにより、説明を調整する力や誤解に対処する力が育成される。

#### ④ 理解を支える言い換え練習

Bが「I don't really understand.」や「Could you say that in another way?」などの発話を行い、Aは「語彙を易しくする」「文構造を変える」などして言い直す。

#### ⑤ 役割交代型・疑似オンライン対話

教科書トピックについて、Aが説明役、Bが「オンライン上の相手」を想定して質問・確認・感情的反応を示す、という形でやり取りを行う。非対面状況を想定することで、オンライン特有の説明の必要性を意識させることができる。

このような練習に加えて、リスニング力を高めておくことはオンラインでの会議にあたってたいへん重要です。こちらは、地味ですが Dictation や音読で、遠いように思える近道を通るしかないと考えています。

また、このような「やり取り」を行うにあたって、最も大切なことは、「コミュニケーションを取ろうとする気持ち」です。そのような気持ちは、「事前準備」から生まれてくるでしょう。初期のころは特に、生徒は研究パートナーとの会議前に、当然ですが、たいへん緊張しています。その気持ちに寄り添い、教員が練習の相手役をしたり、プレゼンの聞き手になってあげることで、前向きな気持ちが高まってくると思います。

短い期間で練習するなら、有用フレーズを丸ごと覚えて使えるようになっておくことも効果的です。立命館高校で作成した、オンライン会議や研究発表と質疑応答のためのフレーズ集を公開していますので、よろしければぜひご使用ください。

- Useful Phrases for Science Project Presentation
- Useful Phrases for Online Discussion
- Useful Phrases for QA Session

Drive URL ⇒



<https://drive.google.com/drive/folders/1gxVDFgYMhw81wrvfxw3nMUky9mvSw0xJ?usp=sharing>

目的のあるオンラインでの交渉と協働作業	
C2	<p>協働作業の中で起きた誤解を解き、摩擦に上手に対応できる。</p> <p>グループの協働作業の手引きを与え、改稿や編集の段階で詳細な指示を追加することができる。</p>
C1	<p>オンラインで仕事中のグループを調整して、詳しい指示を書き、修正し、チーム仲間の提案を評価し、説明して協働作業を成功に導ける。</p> <p>オンラインの複雑な交渉について、サービスを提供する立場から、案件(例:複雑な要求を含んだ申請など)について、言葉を柔軟に修正しながら、議論や交渉が取り仕切れる。</p> <p>共同執筆や改稿、また他の形のオンラインでの協働作業がある複雑なプロジェクトに参加して、詳しい指示に正確に従ったりそれを伝えたりしながら、目標を達成できる。</p> <p>オンラインでの協働作業や案件の処理でコミュニケーション上の問題や文化的問題と取り組み、書き換えたり、説明したり、メディア(視覚、音声、画像)を使って例示して、効果が挙げられる。</p>
B2	<p>オンラインでの協働作業中に自分の専門知識の範囲内で指導的役割を果たし、グループに、各々の役割、責任、締め切りを思い起こさせ、定めた目標を達成するように導ける。</p> <p>自分の専門知識の範囲内で条件交渉および複雑な事情や特殊な要求の説明を必要とするオンラインでの協働あるいは処理上のやり取りを取り仕切れる。</p> <p>オンラインでの協働あるいは案件の処理の中で起こる誤解や予期しない問題に、丁寧に適切に対応して、事を解決に導ける。</p> <p>グループ・プロジェクトのオンライン上での協働作業で、提案を正当化し、説明を求め、支援的役割を果たし、共通の課題を完成させられる。</p>
B1	<p>もし相手が難しい言葉遣いを避け、必要な時には繰り返したり言い換えたりする用意があれば、広範囲な情報交換を必要とするオンラインの交渉に参加できる。</p> <p>プロジェクトで仕事をしているグループとやり取りができ、簡単な指示に従い、説明を求め、共通の課題を完成に導く手助けができる。</p> <p>オンラインでの協働あるいは処理で、有用な事項の簡単な明確化、説明が必要なものについて共同作業ができる、例えば、授業、ツアーや催しへの登録や、会員登録の申し込み。</p> <p>プロジェクトで仕事をしているパートナーや小さなグループと、画像、統計やグラフなどの視覚的補助があって、いささか複雑な事柄を明確にできれば、やり取りができる。</p> <p>オンラインで、指示に応じ、質問したり説明を求めたりして、協働作業を完成させられる。</p>
A2	<p>オンラインでのやり取りで生じるルーティン的问题(例:モデルや特別提供品の在庫、納品日、住所、など)に定型的な言葉を使って案件の解決ができる。</p> <p>協力的なパートナーと、簡単な協働作業でやり取りをし、基本的指示に応え、説明を要請ができるが、画像、統計、あるいはグラフで当該の事柄をはっきりさせるための視覚的補助が必要である。</p> <p>オンライン書式やアンケートを使って、品物の注文や授業への登録など、簡単な交渉ができ、個人的データを知らせ、条件を了解し、追加サービスを拒否できる。</p> <p>製品やある製品が備えている機能を、入手できるかどうかの基本的な質問ができる。</p> <p>単純な指示に応え、協力的な相手の助けを借りて、簡単な質問をしてオンラインの協働作業を完成に導ける。</p>

<参考文献>

Council of Europe. (2018). *Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment. Companion Volume with New Descriptors*. Strasbourg: Council of Europe. <https://rm.coe.int/cefr-companion-volume-with-new-descriptors-2018/1680787989>

## 8. 結果の利用について(知的財産への配慮)

国際共同研究を進めるうえで、成果の扱いや知的財産への配慮は欠かせません。例えば、大きな成果が得られた際に「どの学校の貢献なのか」が曖昧になったり、相手校が見つけた内容を別の場で自分たちの成果として発表してしまったりすると、思わぬ誤解やトラブルにつながる可能性があります。ただし、過度に構える必要はありません。あらかじめ基本的な考え方を知っておくことで、安心して研究を進めることができます。

研究成果を他校や共同研究者と共有する場合は、成果や資料の扱い方を事前に確認し、共通理解を持つことが重要です。特に、発表や論文文化の際には、どの段階で公開するか、誰が発表するかを話し合っておくとよいでしょう。

共同研究では、相手校や研究者へのリスペクトを忘れず、互いの貢献を正當に評価する姿勢が大切です。新しい結果やアイデアが得られたときには、早めに相手校と共有・相談することで、誤解や混乱を防ぐことができます。

さらに、「APRIN eラーニングプログラム(eAPRIN)」などの講習会を活用することで、高校生・教員ともに基本的な知的財産管理や研究倫理を学ぶ機会を得ることができます。これにより、研究者は知的財産や情報管理に関する基本知識を習得し、国際共同研究におけるリスクを最小限に抑えることが可能になります。研究活動の透明性を保ちつつ円滑に進行させるためには、事前の配慮と相互のリスペクトが求められます。国際共同研究は、知的財産や情報共有の在り方を学ぶ絶好の機会でもあります。まずは小さな共同研究から始め、実践の中で少しずつ経験を積むことが大切です。

## 9. さらに研究を深めるために

国際共同研究は、多くの場合、半年～1年間前後の期間で一区切りを迎えます（ICRPでは5月下旬～1月の発表会が一区切りです）。しかし、そこで終わらせてしまうのではなく、終了後にいかに深化と継続を図るかが、教育的成果をより大きくする鍵になります。研究の成果を一過性の取り組みにとどめず、持続的かつ発展的に展開するためには、生徒の興味・関心の継続と研究体制・連携環境の整備が求められます。

まず、継続研究にはいくつかのパターンがあります。一つは、各校の後輩がテーマを引き継ぎ、新しい学年の生徒が継続的に取り組む形です。こうした流れは、研究の知見や技術を世代間で継承する仕組みを育て、学校全体の研究文化を豊かにします。このような継承の動きは、次の発展的研究にも直結します。

もう一つは、既存の成果をもとに視点や対象を拡張する発展型の研究です。これは、引き続き国際共同研究として発展させていく場合もあれば、国際共同研究で得られた成果を土台として、各校がそれぞれの関心に基づいて研究を継続・発展させていく形も考えられます。研究が一区切りを迎えたタイミングでは、これまでの成果や取組の中で見つかった課題や気づきを生徒と共に振り返り、新たな疑問や探究課題へつなげていく必要があります。成果報告会やポスター発表などを通して、生徒自身が自らの研究を言語化・発信する経験を持つことで、探究心を深めるきっかけになります。また、今回扱った対象や視点を変更し、例えば比較研究や長期的なデータ収集への発展を促すことで、継続的で深化した探究活動を設計することが可能になります。

さらに、研究の深化に向けては、得られた成果をより掘り下げる問いに接続することが望ましいです。初年度に基礎的な調査や小規模な実験を行い、次年度以降に対象や条件を広げて検討するなど、段階的な発展が考えられます。高校生が自ら「次はこう調べたい」と感じるよう、指導教員が問いを引き出す工夫が求められます。

この過程で注目したいのは、生徒自身の実感です。国際共同研究に参加した生徒の声を聞くと、「自分たちのサイエンスの知識が不十分だった」と振り返る例が案外多いです。国内校同士の共同研究では、日本のカリキュラムや教科書を基盤としているため、学習内容に大きな差は生じにくいですが（実際には知識の量や理解の深さに違いはあり得ます）。一方、海外の学校ではカリキュラムの構成が異なり、学ぶ順序や内容の細部に違いがあります。さらに、文化的背景から研究対象やアプローチが独特であり、日本の高校生には理解が難しい場面が生まれることもあります。このような差異に直面することは、生徒に大きな刺激を与え、自らの知識や視野を拡張する契機になります。すなわち「知識が足りない」と感じる経験自体が、次の学びに向かう原動力になるのです。

国際連携体制の強化・拡充も欠かせません。既存の国際共同研究パートナーとの関係を深めると同時に、新たな連携先の開拓を進めることで、生徒が多様な文化や視点に触れ、より国際的な研究経験を積むことができます。特に、新規の学校を共同研究に巻き込むことで、交流の幅が広がり、研究内容の多様性も高まります。オンラインでの定期的な交流会や成果発表会を継続的に実施することで、生徒同士の横のつながりや学び合いの機会を確保し、国際的な協働体験をより豊かなものにすることができます。

## 10. 事後の交流継続に向けて

文部科学省科学技術・学術政策研究所による「科学技術指標 2025(2025年8月)」によれば、日本の自然科学系論文数は世界第5位を維持しているものの、注目度の高い論文ではTop10%・Top1%補正論文数がそれぞれ第13位・第12位でした。論文数の多さは一定の評価を得ていますが、質の面での評価は低下傾向にあり、国際共同研究の推進が不可欠です。国際共同研究は世界の科学技術発展に寄与するための重要な要素であり、その数は日本が世界の人の幸福に貢献できる存在であることを示します。このような観点から、学生時代に行う国際共同研究は単なるプロジェクトではなく、参加者の人生を豊かにする出会いと学びの場となります。研究成果だけでなく、人とのつながりや異文化理解を通して自分自身の成長を感じ、生涯の財産としてほしいと考えます。

共同研究後に海外の生徒と交流を継続するためには、信頼関係の維持と文化的配慮が不可欠です。信頼関係は一度築かれた後も、継続的な努力によって強化されます。メッセージングアプリやメールを活用し、共同研究の成果やその後に得られた研究結果を必ず共有し、相手の貢献を明確に認めたくえて感謝の気持ちを伝えることで、信頼関係はさらに深まります。特に論文や報告書の作成、発表会への参加など、研究成果を記録・公開することで、共同研究の経験を「実績」に変え、協働の価値を高めることができます。その際には「また一緒に研究できると嬉しいです」など前向きな言葉を添え、学会やプロジェクトの情報を共有して再連携の可能性を探るのも良いでしょう。こうした積極的な姿勢は、相手に信頼感と期待感を与え、次の協働への道を開きます。小さな積み重ねが、長期的な協力関係を支える基盤となるのです。

さらに、共同研究を別の分野のトピックに関連付けて話題を広げることも有効です。例えば、ビジネスへの応用や社会倫理、教育、テクノロジー、ライフスタイルなどと結び付けることで、成果の社会的価値を高められます。研究の枠を超えた議論は、双方の視野を広げ、学際的な発想を促します。また、時には研究の話題から離れ、日常的に興味のあるニュースや話題を共有することも自然な交流につながります。こうした柔軟なコミュニケーションは、関係をより人間的で温かいものにするでしょう。相手の文化や習慣には敬意を払い、感謝祭や旧正月などのイベントに軽いメッセージを送るのも効果的です。逆に、日本の風習や四季折々の姿、日常生活は海外の生徒にとって関心が高いため、写真や動画を添えて紹介すれば、より親密な関係を築けると思います。例えば、桜の季節や日本の伝統行事を紹介することで、文化交流の幅が広がり、相互理解が深まります。可能であれば、年間に数回でもオンラインミーティングを提案し、意見交換や近況報告を行うことで、信頼関係を再確認する場とできます。こうした定期的な接点は、単なる情報交換にとどまらず、協働の継続性を保証します。異なる価値観に触れることで視野が広がり、違いを楽しむ姿勢を双方が維持することで、国際的な信頼関係が築かれます。

交流は英語で行われますが、完璧を求めず簡潔な表現を心掛け、伝えようとする姿勢を重視することで、精神的負担を軽減できます。言語の壁は挑戦ですが、克服の過程で得られる経験は大きな財産となります。例えば、簡単なフレーズや図解を活用することで、意思疎通を円滑にする工夫ができます。共同研究者との継続的な交流は、将来のキャリアや学術ネットワークにつながります。留学、国際学会参加、海外大学や大学院への進学など、次の挑戦への視点を持ちながら交流を維持することが望ましいと言えます。こうしたネットワークは、研究だけでなく、ビジネスや社会活動にも広がりを持つ可能性があります。言語の壁や文化の違い、研究の進め方に戸惑うこともあるでしょうが、それらはすべて成長の機会であり、将来への糧となります。失敗や困難を恐れず、挑戦を続ける姿勢が、国際的な舞台で活躍する力を育みます。事後の交流継続への意識を高く持ち、国際共同研究の価値を最大限に高めてほしいと願っています。この経験は、単なる研究成果にとどまらず、異文化理解、国際的な視野、そして人間関係の構築という、人生を豊かにする要素を含んでいるのです。高校生の段階でこの価値を理解し、積極的に取り組むことが、日本の未来を支える力となると考えます。

### Ⅲ 海外の先生方は日本の高校生との国際共同研究をどのように捉えているか

海外の先生方は日本の高校と国際共同研究を行う取組について、どのように考えておられるのでしょうか。国際共同研究による日本の高校生への成長は確認していますが、海外の生徒にとっても意義のある経験となっているのでしょうか。ICRP2025で国際共同研究に実際に関わっていただいた海外の先生方を対象に自由記述方式のアンケートを実施しました。以下では、海外教員の声をできるだけ直接的に紹介しながら、海外の先生方が国際共同研究をどのように評価し、日本の高校生をどのように見ているのかを日本語に翻訳し、まとめました。

(アンケート実施期間:2025年1月12日~19日、回答数 海外14校19名)

#### 1. 国際共同研究は「生徒の世界観を変える経験」である

多くの海外教員が最初に言及しているのは、国際共同研究が生徒の視野を大きく広げる経験であるという点です。

- 「国際共同研究は、国境を越えて研究できることを生徒に実感させる重要なプラットフォームです。」
- 「生徒たちは、研究が自国だけのものではなく、世界共通の課題につながっていることに気づいていきました。」
- 「私たちが直面している世界的な問題について、問題を生み出す側になるのではなく、解決する側になろう。そう考えることは、誰にとっても視野が広がることだ。しかも、それはとても前向きで、やる気を与えてくれる。」
- 「高校生の段階で、制約や国境を越えて協働できることを知ることは、将来を考える上で非常に意義があります。」

などと述べており、海外の先生方は、国際共同研究を、研究成果以前に、生徒のものの見方や価値観を揺さぶる学びとして捉えていることが分かります。

#### 2. 研究活動は「協働・交渉・合意形成」を学ぶ実践の場

海外教員のコメントでは、研究内容そのものよりも、研究を進める過程で生徒が経験する学びに注目したものが多く見られました。

- 「研究テーマを決める過程は、まさに交渉です。自分の考えを説明し、相手を納得させる必要があります。」
- 「意見が一致しない場面もありましたが、その中で生徒は妥協点を探し、合意形成を学んでいました。」
- 「長期的な実験では、役割分担や責任の所在を明確にする必要がありました。」

- 「ミニプレゼンテーションを重ねながら進捗を共有することは、生徒にとって非常に良い訓練になっていました。」

海外の先生方は、国際共同研究を研究活動であると同時に、将来必要となる協働スキルを育てる教育的実践として捉えています。

### 3. 日本の高校生は「誠実で、信頼できる協働相手」

日本の高校生に対する評価には、非常に共通した特徴が見られました。

- 「日本の生徒はとても誠実で、約束を守ります。」
  - 「実験手順を丁寧に守り、データを細かく記録する姿勢が印象的でした。」
  - 「研究に対して真剣で、最後までやり遂げようとする責任感があります。」
- 一方で、日本の生徒の特性として、次のような率直な声もあります。
- 「最初はとても控えめで、自分から意見を言うことをためらう生徒が多いと感じました。」
  - 「議論の初期段階では、発言が少なく、進行がゆっくりになることがありました。」
- しかし、こうした点についても、多くの海外教員は次のように述べています。
- 「時間が経つにつれて、生徒は徐々に自信を持ち、積極的に話すようになりました。」
  - 「アイスブレイクや事前の準備があると、驚くほど変化が見られました。」

日本の高校生は、慎重で控えめである一方、適切な環境があれば大きく伸びる存在として捉えられているようです。

### 4. 英語によるコミュニケーションへの率直な評価と懸念

英語によるコミュニケーションについては、評価と課題の両面がはっきりと語られています。

#### <肯定的な評価>

- 「完璧な英語である必要はありません。研究への情熱があれば、必ず理解し合う方法は見つかります。」
- 「日本の生徒は、英語が得意でなくても、伝えようとする努力を惜しみません。」
- 「英語は双方にとって第二言語なので、ネイティブ同士よりも心理的な負担が少なかったです。」

#### <率直な課題・懸念>

- 「即興で意見を述べる場面では、発言が少なくなる傾向がありました。」
- 「専門用語や実験結果を英語で説明することに、時間がかかることがありました。」
- 「翻訳ツールは助けになりますが、それだけに頼ると英語力の向上にはつながらないと感じました。」

など、海外教員は、英語を能力評価の基準としてではなく、協働を進めるための現実的な課題の一つとして捉えています。

また、10年近くにわたり日本の高校生との共同研究を指導している海外教員からは、「日本の生徒の英語力は確実に向上してきている」という指摘もありました。

## 5. 海外教員が感じている現実的な課題

海外の先生方が率直に挙げている課題は、主に運営面・環境面に集中しています。

- 「学校暦が異なるため、共通の会議時間を確保するのが非常に難しかったです。」
- 「自分の学校では休暇でも、相手校では通常授業という状況が多くありました。」
- 「同じ実験器具や材料が揃わず、同一条件での実験ができない場合があります。」

また、研究の進め方や教員の関与について、次のような声もあります。

- 「学校によって研究経験や求める完成度が異なり、目標を共有する必要があると感じました。」
  - 「生徒の意欲は高いのですが、教員の関与がもう少し必要だと感じる場面もありました。」
- これらの意見は、国際共同研究が決して容易な取り組みではないことを率直に示しています。

## 6. それでも「続ける価値がある」と考える理由

課題を挙げつつも、多くの海外教員は次のように述べています。

- 「困難はありますが、それ以上に得られる学びが大きいと感じています。」
- 「これらの課題は、生徒の能力の問題ではなく、設計や調整の問題です。」
- 「事前の準備と教員間の連携があれば、十分に改善できると思います。」

などと、海外教員は、国際共同研究を挑戦する価値のある教育活動として冷静に評価しています。

## 7. 生徒の成長に関する具体的な変化の報告

自校の生徒の成長については、多くの具体的なエピソードが寄せられています。

- 「内向的だった生徒が、国際的な場で自信を持って発言できるようになりました。」
- 「質問することをためらっていた生徒が、他国の生徒の姿勢に影響され、積極的に質問するようになりました。」
- 「研究計画が以前よりも丁寧になり、次の研究にも良い影響が見られました。」
- 「この経験をきっかけに、理工系分野や海外進学を目指す生徒もいました。」

このように、国際共同研究は、学力だけでなく、態度・自信・将来への意識にまで影響を与える学びであることが、海外教員の声から明確に示されています。

## 8. まとめ

海外の先生方は、日本の高校生との国際共同研究を、非常に教育的価値の高い取組として評価しています。一方で、学校暦や時間調整、設備や材料の差、英語による意思疎通といった現実的な課題についても、率直に指摘しています。

しかし、これらの課題は生徒の能力不足によるものではなく、運営や設計の工夫によって改善可能なものであると捉えられています。その意味でも、教員の関わりが重要であることが分かります。また、日本の高校生の取組態度や誠実さを大きく評価しており、日本との国際共同研究に大きな期待を持ってくれていると言えます。海外教員は、国際共同研究を通して生徒が確実に成長していることを認識しており、難しさを理解した上でなお、今後も継続する価値のある取組であると考えていることが分かります。

## IV 実践事例の紹介

これまでに行った国際共同研究の事例は、立命館高校 HP の SSH サイトにて、ICRP 報告書として公開しています。2024 年度のもは以下のサイトにあります。

[https://www.ritsumei.ac.jp/nkc/file/education/ssh/2503\\_ICRP2024.pdf](https://www.ritsumei.ac.jp/nkc/file/education/ssh/2503_ICRP2024.pdf)

ICRP2024では、次のようなテーマで国際共同研究が行われました。

以下のページでは、この中から興味深そうな 3 本を紹介させていただきます。



Research Topics

Group	Research Topic
Group 1	Researching the Effectiveness of Using Bioethanol Generated from Invasive Plants as Fuel
Group 2	Investigating the Protein Content and its Respective Allergens of Common Milk in Australia and Japan
Group 3	Mathematics of Sudoku Puzzles
Group 4	Water Quality Tests Using Bivalve
Group 5	Comparison of Physical Properties of Roofing Materials in Japan and Cambodia
Group 6	Mold Found in Different Environment.
Group 7	Use Food Waste to Absorb Heavy Metal Ions
Group 8	Environmental Problems as Seen through Pine Leaves
Group 9	Utilization of Soybean Extract as an Alternative Nitrogen Source in Making Nata De Coco
Group 10	Development of an Interactive Game on Environmental Awareness Titled: "Oh, Crab! Echoes Of The Shore"
Group 11	Lactic Acid Synthesis from Starch-Based Biomass Materials
Group 12	Investigation on the Correlation Between a Runner's Finger Angle and Their Speed
Group 13	Determining the Most Suitable Dam Type to Instigate Anti-Phase Waves and Reduce Seawater Overtopping at Coastal Areas
Group 14	Scientific Analysis of the Taste And Texture of Rice
Group 15	Pumping Straw
Group 16	Learning Behavior of Fruit Flies ( <i>Drosophila melanogaster</i> )
Group 17	The Relationship Between Surface Shape and Airflow
Group 18	Drop and Rebound
Group 19	The Study of Microplastics in Marine Animals in the Seas of Thailand and Japan
Group 20	Comparative Analysis of Extract Alone Versus Extract with Blood
Group 21	Developing Hemostatic Agents Using Different Plants
Group 22	The Study of Cellulose Fiber Water Filter from Bamboo and Teas
Group 23	Measuring Sugar in the Fruits
Group 24	Comparative Assessment of Doxorubicin and Ethanol Production Using Japanese and Thai Fruit Waste
Group 25	The Study of Moon's Orbit by Kepler's Second Law
Group 26	Producing Bio-Ethanol From Food Waste Utilizing Yeast Fermentation
Group 27	Comparison and Consideration of Damage by Lantana Camara in Japan and Thailand
Group 28	A Study Comparing Water Quality Between Thailand and Japan.
Group 29	The Difference Between Japanese Rice and Thai Rice in Making Rice Resin

# Determining the most suitable dam type to instigate anti-phase waves and reduce seawater overtopping at coastal areas

Elavenil Anbarasu<sup>1</sup>, Hau Yee Lee<sup>1</sup>, Naoto Okazaki<sup>2</sup>, Yuto Tsuji<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Science and Technology, Singapore (Singapore)

<sup>2</sup>Tennoji Senior High School Attached to OsakaKyoikuUniversity (Japan)

## Abstract:

Coastal dams are crucial in preventing wave overtopping and mitigating coastal flooding. The three most commonly used coastal dam structures are vertical seawalls, curved seawalls, and riprap dams, each with unique characteristics. Using physical models, past papers have looked into how the overtopping of dam-break structures affects the inundation height behind the structures. Through this research, we used such physical models to understand how different types of dam shapes and textures affect overtopping, such as through constructive and destructive interference. The Japanese team used a blow dryer to create waves in a milk carton box and measured the volume of water overtopped while the Singapore team used a wave-generating tank and measured the maximum vertical displacement of water for 6 different wave frequencies. The Japanese team found that the vertical seawall results in a significantly higher volume of water overtopped than riprap and curved seawall dams. The Singapore team found that the relationship between the wave frequency and the maximum vertical displacement of water was linear for vertical seawalls and exponential for curved and riprap dams. We have concluded that curved seawall and riprap dams are similarly effective in reducing wave overtopping due to the curved shape directing waves downwards and the rocky texture of the riprap dam dispersing wave energy. However, for high-frequency waves, we have found that vertical seawalls are the most effective in reducing overtopping. We hope this research contributes to protecting the people living near coastlines, especially as climate change has exacerbated extreme weather conditions like ice cap melting, which increases sea levels across the globe and causes flooding and soil erosion.

**Keywords:** Coastal dams; overtopping; wave frequency; maximum amplitude; flooding

## 1. Introduction

Coastal erosion is an extremely significant problem. For example, in Hemsby, Norfolk in England, the coastal erosion has progressed to such an extent that residents had to be evacuated as the houses were about to collapse into the sea (Chikomba, 2023). Furthermore, although it occurs over long periods of time, it still results in extensive damage, especially to people or industries near the coast. According to (Coastal Erosion | U.S. Climate Resilience Toolkit, n.d.), erosion causes about USD 500 million annually in coastal property losses, damages and loss of land. Hence, coastal dams, such as vertical seawalls, curved seawalls, and ripraps, are crucial in preventing wave overtopping and mitigating coastal flooding, protecting inland areas from soil erosion, which can lead to disasters like landslides.

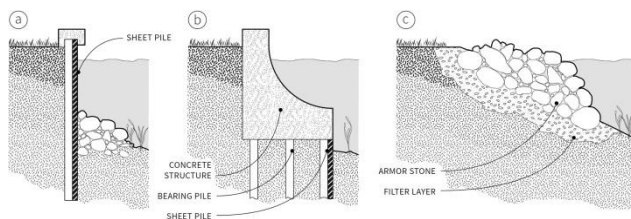


Fig. 1: From left to right: vertical seawall, curved seawall, and riprap dams (Hosseinzadeh, N., 2022)

Vertical seawalls are commonly employed in coastal defence due to their ability to withstand high-energy wave impacts. (Briganti, R., 2022). Curved seawalls are designed to redirect wave energy away from the structure and reduce overtopping. The curvature can help dissipate wave energy more effectively than vertical walls, potentially leading to lower overtopping rates.

Curved seawalls can reduce overtopping, but they may not be as effective as anticipated under certain conditions. (Briganti, R., 2022). Riprap dams, consisting of loose stones or boulders, serve as a flexible coastal defence mechanism. They are particularly effective in dissipating wave energy and reducing overtopping due to its rough surface and ability to absorb impact forces (Nils b., 2016). Studies have also highlighted that riprap can mitigate erosion and provide a more natural coastal appearance, which is increasingly valued in coastal management practices (Comfort, J. A., 1997).

A possible cause of overtopping is the constructive interference of coastal waves. When coastal waves hit the dam, the reflected wave may be in-phase with the coastal waves, causing the waves to be amplified and seawater to overtop the dams. The opposite is true for destructive interference. The coastal dams' shape and design largely influences the reflected wave's angle.

**Research hypothesis:** Curved seawall dams are the most effective in reducing the amount of seawater overtopping, followed by riprap dams and vertical seawall dams.

## 2. Methodology

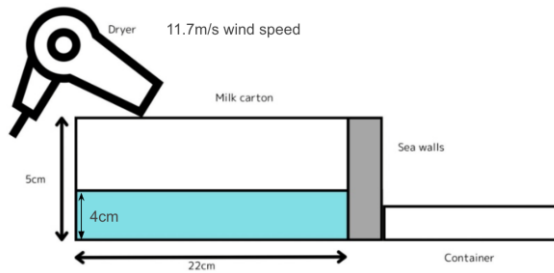


Fig. 2a: Experimental setup (Japan team), side view (not drawn to scale)

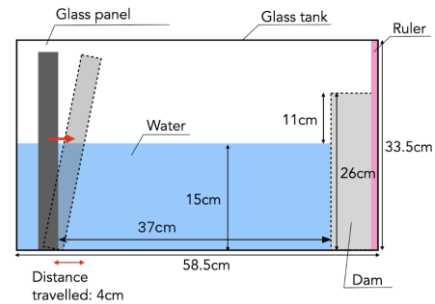


Fig. 2b: Experimental setup (Singapore team), side view (not drawn to scale)

### 3a. Results (Japan team)

**Table 3.** Volume of water overtopped for the 3 dam types

No. of experiments	Volume of water overtopped (ml)		
	Vertical seawall	Curved seawall	Riprap dam
1	2.03	0.01	0.38
2	2.62	0.11	0.15
3	2.20	0.00	0.41

### 3b. Results (Singapore team)

**Table 4.** Maximum vertical displacement of water for the 3 dam types across 6b different wave frequencies

Period of the wave, T (s)	Frequency of wave, f (Hz)	Maximum vertical displacement of water (cm)		
		Vertical seawall	Curved seawall	Riprap dam
3.19	0.313	0.0	0.0	0.0
2.58	0.388	0.1	0.0	0.1
1.54	0.650	0.2	0.4	0.1
1.29	0.775	1.6	0.6	0.8
0.86	1.16	3.5	0.9	1.1
0.80	1.25	5.0	7.6	9.0

\* $f = 1/T$

#### 4a. Discussion (Japan team)

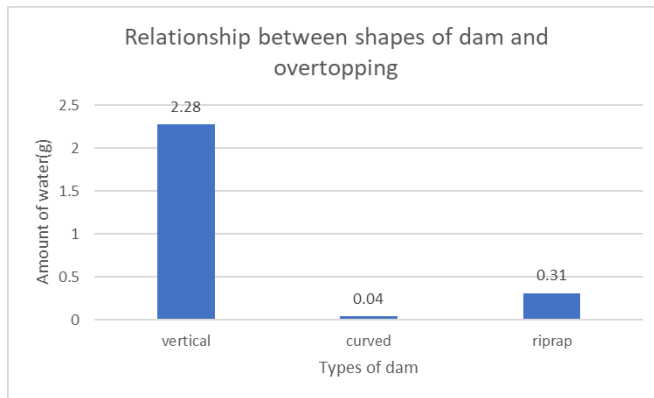


Fig. 5: Bar graphs of the amount of water collected for the three different dam types

From the graph, vertical seawall has the highest amount of overtopping. The amount of overtopped water for vertical seawater is significantly higher than that of the other dams, 57 times that of the curved seawall and 7.35 times that of the riprap dam. This corresponds with our hypothesis that the vertical seawall would be the least effective in reducing overtopping. Hence, suggesting that vertical seawall dams indeed are not effective in absorbing wave impact, causing constructive interference.

The riprap dam is the second most effective among the three different types of dams tested. This supports the hypothesis that the riprap dam would effectively reduce wave impact by reflecting the wave in many directions, causing turbulence. Additionally, the riprap dam is less effective than the curved seawall, with 7.75 times more overtopping than the curved seawall, indicating that the scattering of the wave impact in different directions due to the rough surface of the riprap dam is not as effective in reducing overtopping as the curved shape as the curved seawall in redirecting the wave energy downwards. However, compared with the vertical seawall, it is clear that riprap dams have better functionality in reducing wave amplitudes.

The curved seawall is the most effective among the three different types of dams tested, with 0.27g of water overtopped, thus supporting the hypothesis, suggesting that the curved shape of the dam indeed causes the wave to be reflected downwards, away from the top of the dam and reducing overtopping. This also may be due to the curved shape's ability to absorb wave impact as the water travels along the curved surface, reducing wave energy and overtopping. Furthermore, the protruding top section of the curved seawall blocks water from overtopping, proving the effectiveness of the curved seawall among the three dam types. The results for the three experiments were also consistent, indicating reliability.

#### 4b. Discussion (Singapore team)

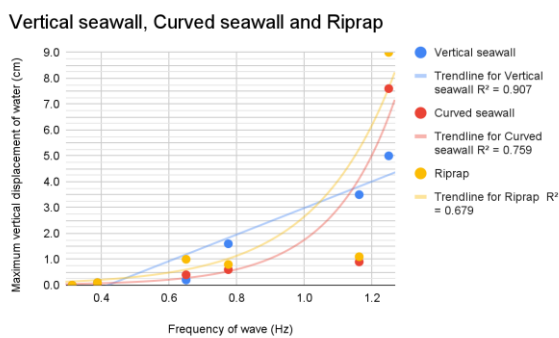


Fig. 6a: Graphs of the maximum vertical displacement of water against the frequency of wave with trend line

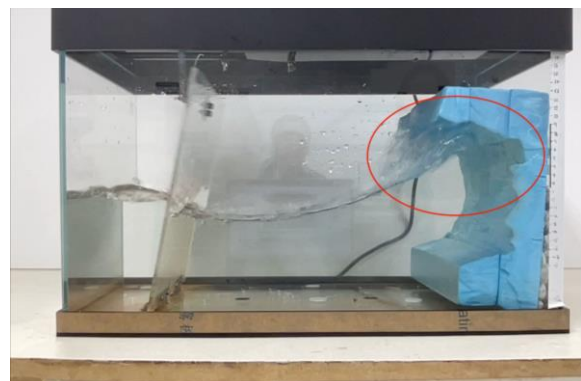


Fig. 6b: Side view of the tank for frequency 1.25Hz for curved seawall

From the data collected, vertical seawall seems to be the most consistent as the relationship between the maximum vertical displacement of water and the frequency of the wave, which is related to the speed of the glass panel motor, is linear, with an  $R^2$  value of 0.907. This may be due to the vertical seawall not reflecting much wave impact, reducing the creation of in-phase waves that cause constructive interference. Therefore, the wave amplitude stays approximately the same due to the little constructive interference produced, suggesting that the vertical seawall absorbs wave impact more than it reflects wave impact.

For both the curved seawall and riprap dams, the trend is exponential, with an  $R^2$  value of 0.759 and 0.679, respectively, showing that the trend fits an exponential trend line very well. The maximum vertical displacement of water stays relatively low until the wave frequency reaches 1.25 Hz, where the vertical displacement of water abruptly jumps to 8.4 and 8.1 times for curved seawall and riprap dams, respectively. For the curved seawall, at the highest wave frequency, the wave breaks, as shown in Fig. 6b. The water cannot reach a higher height because of the protruding curved shape directing the flow of the water downwards, showcasing the effectiveness of the curved seawall dam in stopping the overtopping of water. For the riprap dam, the significant increase in vertical displacement of water may be due to the dam reflecting the wave upwards. The wave impact may not have been dissipated enough by the rocks and the remaining wave energy would have been reflected upwards by the general shape of the dam. This may indicate a limit to the amount of energy the rocks can dissipate.

From the results obtained above, our hypothesis that the vertical seawall dam would be the least effective in reducing the amount of wave overtopping was proven wrong to a certain extent for high frequency waves. For the highest frequency of waves we tested, the vertical seawall was the most effective, followed by riprap dams and curved seawall dams. However, for lower wave frequencies, such as that of frequencies 0.775 Hz and 1.16 Hz the vertical seawall is the least effective, while riprap dams and curved seawall dams have similar effectiveness, with riprap being slightly less effective than curved seawall dams. This aligns with our hypothesis, hence indicating that our prediction may be true for waves of a lower frequency.

## **5. Conclusion**

In conclusion, riprap and curved seawall dams effectively reduce wave overtopping, with both dam types showing very similar results, while vertical seawall dams may not be as effective. Although the Japan and Singapore teams' experiments were conducted in very different manners, both teams' experiments showed similar results, further reaffirming this conclusion. The outlier is the high-frequency wave causing a drastic change in results, as mentioned in section 4b, indicating that when the wave energy is high, vertical seawalls may be a better choice. However, for low-frequency waves that coastal areas would typically encounter, riprap and curved seawall dams are still the more effective options. For example, a hybrid of both curved and riprap dams can combine the benefits of both a curved surface and a rough texture, increasing the effectiveness of the dams. This can be applied to flood-prone areas, such as low-lying communities living near coastal areas or those prone to coastal erosion, to help improve public safety and reduce losses.

Through this research, we have contributed information on the relationship between the different dam shapes and designs in mitigating wave overtopping with varying wave frequencies, contributing to the development of better dam designs that can withstand the more volatile tidal conditions that climate change brings about globally. Therefore, this knowledge also contributes to the UN Sustainable Development Goal 13: Climate Action, by providing insights into effective coastal defence strategies and allowing us to build resilience to flooding and coastal erosion.

Further investigation into various dam types can be done, including different designs of riprap dams and our own dam model ideas incorporating various design and engineering factors. Furthermore, we can study more about how the gaps and surfaces of these structures can allow for aquatic ecosystems, such as crustaceans like barnacles to thrive, such as that of semi-permeable dams. Lastly, further study into how the different wave frequencies can impact the wave overtopping of the various dam types and its relation to high and low tides at different times of the day can be done.

## 6. References

1. Briganti, R., Musumeci, R. E., Van der Meer, J., Romano, A., Stancanelli, L. M., Kudella, M., ... & Schimmels, S. (2022). Wave overtopping at near-vertical seawalls: Influence of foreshore evolution during storms. *Ocean Engineering*, 261, 112024.
2. Chikomba, T. (2023, July). Coastal erosion causing homes in England to slide into the sea. GB News. <https://www.gbnews.com/news/coastal-erosion-homes-sea-norfolk>
3. Coastal erosion | U.S. Climate Resilience Toolkit. (n.d.). <https://toolkit.climate.gov/topics/coastal-flood-risk/coastal-erosion>
4. Comfort, J. A., & Single, M. B. (1997). Literature review on the effects of seawalls on beaches. Department of Conservation.
5. Hosseinzadeh, N., Ghiasian, M., Andiroglu, E., Lamere, J., Rhode-Barbarigos, L., Sobczak, J., ... & Suraneni, P. (2022). Concrete seawalls: A review of load considerations, ecological performance, durability, and recent innovations. *Ecological engineering*, 178, 106573.
6. SCHLURMANN, T., & KERPEN, N. B. (2016, May 13). STEPPED REVETMENTS – REVISITED. Proceedings of the 6th International Conference on the Application of Physical Modelling in Coastal and Port Engineering and Science (Coastlab16). [https://www.lufi.uni-hannover.de/fileadmin/lufi/publications/Paper\\_CoastLab16\\_Kerpen\\_incl\\_Review.pdf](https://www.lufi.uni-hannover.de/fileadmin/lufi/publications/Paper_CoastLab16_Kerpen_incl_Review.pdf)
7. Esteban, M., Glasbergen, T., Takabatake, T., Hofland, B., Nishizaki, S., Nishida, Y., ... & Shibayama, T. (2017). Overtopping of coastal structures by tsunami waves. *Geosciences*, 7(4), 121.

## 7. Bibliography

1. Coastal protection. (n.d.). <https://www.nccs.gov.sg/singapores-climate-action/coastal-protection/>
2. Ghiasian, Mohammad & Andiroglu, Esber & Lamere, Joel & Rhode-Barbarigos, Landolf & Sobczak, James & Sealey, Kathleen & Suraneni, Prannoy. (2021). Concrete Seawalls: Load Considerations, Ecological Performance, Durability, and Recent Innovations. 10.31224/osf.io/h6zt8.
3. THE 17 GOALS | Sustainable Development. (n.d.). <https://sdgs.un.org/goals>

# Investigating the Protein Contents and their Respective Allergens of Common Milk in Australia and Japan

Tina Kwon<sup>1</sup>, Hannah Ryu<sup>1</sup>, Fiona Tijo<sup>1</sup>, Eishal Qamar<sup>2</sup>, Rinka Yagi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Queensland Academy for Science Mathematics and Technology (Australia)

<sup>2</sup>Tokai University Takanawadai High School (Japan)

## Abstract:

This report aimed to measure and compare the protein content in different types of milk (Soy, Full Cream, Almond, A2, Oat and Goat Milk) using the Bradford assay and SDS page electrophoresis. This is significant as alternative milk types are becoming more widely consumed, and they may not provide the same protein content levels, which could inhibit growth and development, particularly in children. The results show that A2 and Full Cream had the highest protein content, while Almond and Oat had significantly lower levels. These findings highlight that not all milk alternatives are nutritionally equivalent in terms of protein, which could affect dietary choices.

**Keywords:** Milk, Food Allergies, Plant-based Alternative, Bradford Assay, Electrophoresis

## 1. Introduction

Milk is a commonly enjoyed beverage in both Australia and Japan, but it is also often the cause of allergies. Milk allergy is primarily caused by the malfunction of the immune system, as they identify certain proteins to be harmful and release immunoglobulin antibodies to neutralise these proteins. This process is what leads to irritating and puffy symptoms of the allergy (Milk Allergy - Symptoms & Causes - Mayo Clinic, 2022). This allergic response is mostly found in dairy milk as their casein (made of  $\alpha$ s1- and  $\alpha$ s2) and whey proteins trigger the immune system malfunction (Caffarelli et al., 2010). Milk allergy is common in Australia, especially during childhood, affecting more than 2% of children aged 6-12 months (Allergies and Anaphylaxis Australia, 2024). As this allergic response carries on into adulthood, Australians have a variety of plant-based milk such as almond, soy and oat in replacement of animal milk, with almond milk being the most popular alternative. Meanwhile, there is less variation of milk types in Japan with low production of almond and oat milk. This may be due to their relatively lower prevalence to milk allergy with only 0.23% showing allergic reactions at 6 months and 1.03% at 12 months (Tezuka et al., 2020).

This investigation aims to explore the reason behind the differing prevalence to milk allergy, comparing the quantity of protein and the protein types within the different milk in Japan and Australia. The proteins found in each type of milk tested are provided in the table below.

Table 1: types of milk investigated and their respective proteins

Types of Protein	Milk Type					
	Cow	Soybean	Oat	Almond	Goat	A2 milk
	A1 Casein	B-conglycinin, Glycinin, Soy protein (globulins, albumins)	Globulin, Prolamins (avenins), Albumin, Glutelin	(low protein)	A2 Casein, Whey	Beta-CaseinWhey

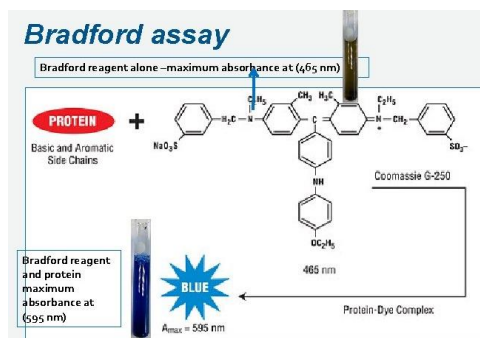
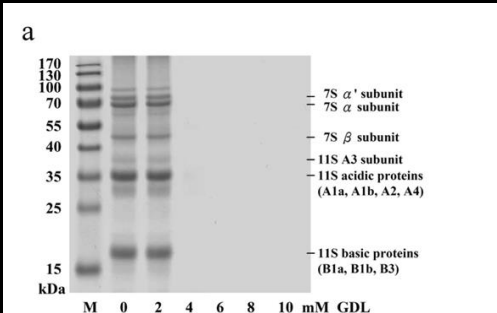
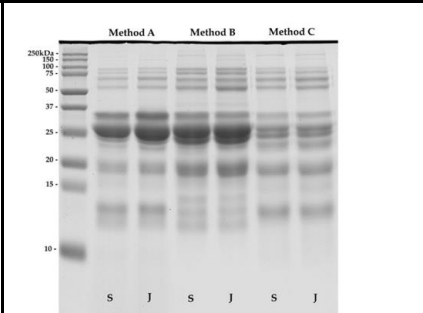
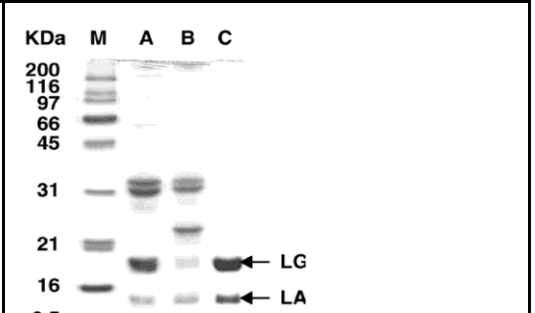


Figure 1: process of how Bradford Assay works in identifying protein

The Bradford protein assay is used to determine protein concentration in the sample. This assay uses Coomassie Brilliant Blue dye, which binds to proteins, resulting in a colour change from brown to blue, as shown in Figure 1. The intensity of the blue colour correlates with the protein concentration and can be measured spectrophotometrically at 595 nm (Bio-rad, 2024). Protein concentration of the sample (milk) is determined by comparing the absorbance to a known standard (typically bovine serum albumin). Protein electrophoresis is also used to separate proteins based on their size and charge (Khan Academy, 2023). This method involves applying an electric field to a protein sample, causing the proteins to migrate through a gel.

Below is the pre-existing electrophoresis of different milk types in Australia. This will be used to identify various types of protein in the experiment result.

Table 2:: analysis of SDS-Pages gel electrophoresis of common milk type and its proteins

 <p>Figure 2: Electrophoresis of soy milk</p>	 <p>Figure 3: Electrophoresis of goat's milk</p>	 <p>Figure 4: Electrophoresis on whey (cow)</p>
<p>Consist of a globulin family of proteins called legumin (11S globulin fraction) and vicilin (7S globulin) (Patel, Cudney and McPherson, 1994)</p> <p>11S globulin are found within 28-52 kDa</p> <p>7S globulins are around 156 kDa (Abdel-Shafi et al., 2019)</p>	<p>The most abundant casein is <math>\alpha</math>s2-casein. (Runthala et al., 2023)</p> <p>Molecular weight: 25.2–25.4 kDa (ROMJ, 2024).</p> <p>Also contains whey proteins <math>\alpha</math>-lactalbumin, which is around 15kDa (ROMJ, 2024).</p>	<p>Whey proteins contain <math>\beta</math>-lactoglobulin (LG) and <math>\alpha</math>-lactalbumin (LA) (Ulluwishewa et al., 2022)</p> <p><math>\alpha</math>-Lactalbumin (<math>\alpha</math>-La) is the second major protein of whey with molecular weight of 14 kDa (Sánchez, Pérez and Parrón, 2020)</p>

## 2. Methodology

### Part 1: Preparation of the standard curve

The Bradford Assay was used to determine protein concentration in the different milks.

1. The egg-albumin sample was diluted to 0.02/100mL (there was a mistake and the sample was diluted to 0.2g/100mL, making the final concentration in g/10L).
2. The egg albumin stock solution was prepared using the ratios stated in the table below:

Table 3: Measurements for BSA stock solution

Concentration g/10L	Water (mL)	Cuvette	Amount of diluted egg albumin 0.02g/100mL
0	10	1	0
0.01	9.5	2	0.5
0.02	9	3	1
0.04	8	4	2
0.06	7	5	3
0.08	6	6	4
0.1	5	7	5
0.12	4	8	6
0.14	3	9	7

3. 5 mL of the diluted solution was pipetted into a new test tube for each concentration.
4. 1 mL of Bradford Reagent was pipetted into each 5 mL of stock solution.
5. After 10 minutes, the stock solution with Bradford reagent was pipetted into a cuvette.
6. After wiping the cuvette clean, the absorbance of each concentration was measured using a spectrometer.
7. The absorbance was calculated and placed as a graph as shown in figure 5 and 6

## Part 2: Determination of milk protein content

1. All milk samples were diluted to 1: 99ml, milk and water respectively
2. 5 ml of each diluted solution was placed into a tube
3. 1ml of Bradford reagent was added into the 5 ml of diluted solution
4. After 10 minutes, the solution was pipetted into a cuvette and its absorbance was measured
5. Steps 3-5 were repeated for each milk type
6. The actual protein content was calculated

## Part 3: Gel electrophoresis

1. 50 uL of 1:249 ml diluted milk samples were added to tubes
2. 50 uL of treatment buffer was added to each tube
3. Two sets of the six milk types were made and were placed in a boiling water bath
4. After heating for 5 minutes, each sample was pipetted into the gel to conduct the electrophoresis
5. Electrophoresis was conducted.

## 3. Results

### 1. Standard curve:

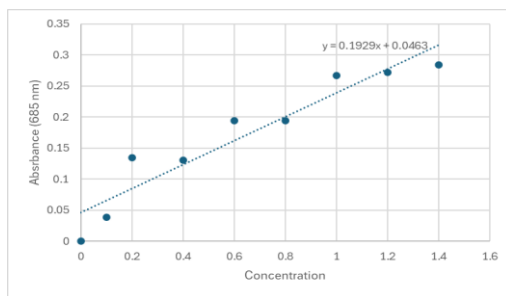


Figure 5: Standard curve from QASMT measured at 685 nm

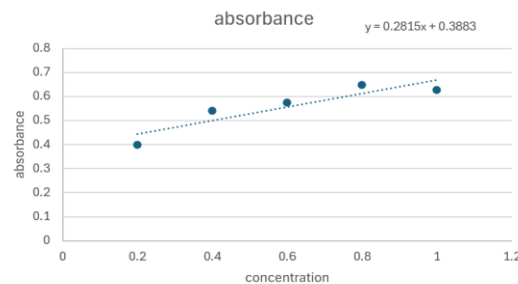


Figure 6: Standard curve from Tokai

A standard curve was prepared using egg albumin as described in methodology part 1. The absorbance of 685 nm (A685) for each solution was plotted against the known protein concentration. Linear regression was used to determine the line of best fit for the data to show the relationship between protein concentration and the A685 value of the solution.

The increasing absorbance was also evident in the darkening colour of the cuvettes after adding the Bradford Reagent:

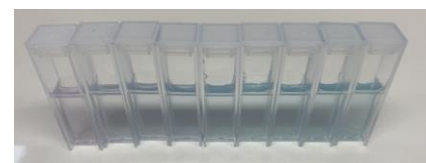


Figure 7: cuvette of different concentrations going low to high from left to right

### 2. Determination of milk protein:

The Bradford Assay was used to determine the protein concentration of the milk samples. The milk was diluted 100 times so that the absorbance value fell within the range of the standard curve.

Table 4: protein calculation from QASMT

Milk type	Soy	Full	Almond	A2	Oat	Goat
Actual protein (g/100ml)	3.3	3.3	0.6	3.2	0.8	3.5
Calculated protein (g/100ml)	3.054692	5.231985	0.721877	5.491187	1.045879	4.052618

Table 5: Protein calculation from Tokai

Milk type	Cow	Soy	Almond	Oat
Actual protein (g/100ml)	3.4	4.15	0.55	0.5
Calculated protein (g/100ml)	1.52	1.5	0.84	0.04

## Gel electrophoresis

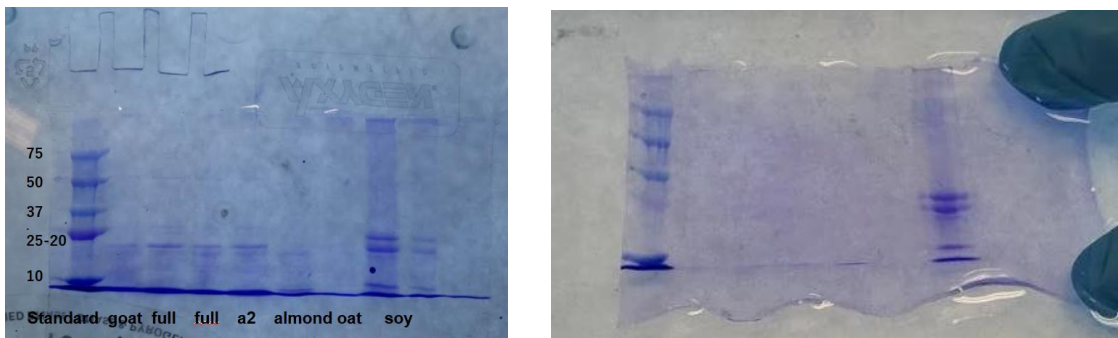


Figure 8: Gel electrophoresis results from QASMT

## 4. Discussion

As evident in figure 8, the standard curve of QASMT and Tokai are different. This may be due to a miscommunication of the methodological process. Another reason may have been due to the different number of trials that each school conducted.

As seen in figure 4, protein detection for almond and oat milk remains mostly clear, indicating lack of protein content. This supports the reason for the common use of almond and oat milk as an alternative to others that often cause allergic reactions. Meanwhile, goat, full, and A2 milk show some levels of protein. In figure 4, there is a clear detection at approximately 20 kDa, indicating the presence of whey proteins containing  $\beta$ -lactoglobulin (LG). This protein is prone to causing allergic reactions based on inflammation.

The results show soybean milks to contain the most protein around 20 and 35 kDa, like the detection of 11S acidic proteins in figure 4. These proteins are also one of the main contributors to allergic reactions, suggesting why soybean milks are not commonly used amongst those prone to allergic reactions.

However, these results show a significant difference to the literature results as proteins over 20 kDa are not identified. This may be due to over-diluting the solution or it could be a cause of a malfunctioning electrophoresis.

## 5. Conclusion

The purpose of this experiment was to investigate the protein contents in various common types of milk in Australia and Japan in response to their allergenic potentials. The results of the Bradford assay agree with the researched protein profiles, which are vital for understanding dietary requirements for individuals with milk allergies, especially children who require adequate protein intake for growth and development. Further, the results highlight the need for careful selection of alternatives in case of allergies, considering not only the allergenic properties but also the nutritional adequacy of protein to maintain a healthy diet. This experiment emphasises the need for further studies regarding establishing healthy milk alternatives.

## 7. References

- Abdel-Shafi, S., Al-Mohammadi, A.-R., Osman, A., Enan, G., Abdel-Hameid, S. and Sitohy, M. (2019). Characterization and Antibacterial Activity of 7S and 11S Globulins Isolated from Cowpea Seed Protein. *Molecules*, 24(6), p.1082. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules24061082>.
- Allergies and Anaphylaxis Australia (2024). Milk/Dairy - Allergy & Anaphylaxis Australia. [online] Allergy & Anaphylaxis Australia - Your trusted charity for allergy support. Available at: <https://allergyfacts.org.au/allergy/milk-dairy/> [Accessed 9 Jan. 2025].
- Bio-rad (2024). Bradford Protein Assay. [online] Bio-Rad Laboratories. Available at: <https://www.bio-rad.com/en-au/feature/bradford-protein-assay.html> [Accessed 3 Jan. 2025].
- Caffarelli, C., Baldi, F., Bendandi, B., Calzone, L., Marani, M. and Pasquinelli, P. (2010). Cow's milk protein allergy in children: a practical guide. *Italian Journal of Pediatrics*, [online] 36(5), p.5. doi:<https://doi.org/10.1186/1824-7288-36-5>.
- Khan Academy (2023). Khan Academy. [online] Khanacademy.org. Available at: <https://www.khanacademy.org/test-prep/mcat/biomolecules/x04f6bc56:protein-analysis-techniques/a/protein-electrophoresis-and-sds-page>.
- Patel, S., Cudney, R. and McPherson, A. (1994). Crystallographic characterization and molecular symmetry of edestin, a legumin from hemp. *Journal of Molecular Biology*, 235(1), pp.361–363. doi:[https://doi.org/10.1016/s0022-2836\(05\)80040-3](https://doi.org/10.1016/s0022-2836(05)80040-3).
- ROMJ (2024). Structure and biological functions of milk caseins | Russian Open Medical Journal. [online] Romj.org. Available at: <https://www.romj.org/2022-0209>.
- Runthala, A., Mbye, M., Ayyash, M., Xu, Y. and Kamal-Eldin, A. (2023). Caseins: Versatility of Their Micellar Organization in Relation to the Functional and Nutritional Properties of Milk. *Molecules*, 28(5), p.2023. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules28052023>.
- Sánchez, L., Pérez, M.D. and Parrón, J.A. (2020). Chapter 11 - HPP in dairy products: Impact on quality and applications. [online] ScienceDirect. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978012816405100011X>.
- Ulluwishewa, D., Mullaney, J., Adam, K., Claycomb, R. and Anderson, R.C. (2022). A bioactive bovine whey protein extract improves intestinal barrier function in vitro. *JDS Communications*, 3(6), pp.387–392. doi:<https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0245>.
- Williams, J. (2018). Protein's Important Role in Child Growth and Development. [online] Nutritionnews.abbott. Available at: <https://www.nutritionnews.abbott/pregnancy-childhood/kids-growth/why-is-protein-important-for-kids-growth/>.

# The study of microplastics in marine animals in the seas of Thailand and Japan

Nalinrat Homwisetwongsa<sup>1</sup>, Praewa Piyasoontrawong<sup>1</sup>, Kanoko Shigihara<sup>2</sup>, Tsukina Shigihara<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Chitralada School (Thailand)*

<sup>2</sup>*Fukushima Prefectural Fukushima High School (Japan)*

## Abstract:

Microplastics (less than 5 mm) contamination has recently posed a serious environmental threat to marine ecosystems and human health, as they can accumulate in the body through seafood consumption. This research aims to better understand which sea has a higher quantity and examine characteristics (shape, color, and size) of microplastics in seafood. The Thai team analyzed mackerel and mussels from the Gulf of Thailand and the Andaman Sea, while the Japanese team studied mackerel and clams from Japan's Pacific coast. Organic matter was digested with 30% hydrogen peroxide and 1% potassium hydroxide. Filtered microplastics were dried, inspected under a microscope, and categorized by shape and color. In the Andaman Sea microplastics were found most abundantly in fish flesh (31.4%), followed by mussels (28.3%), stomachs (20.4%), and the least in gills (19.9%). In the Gulf of Thailand microplastics were found most abundantly in mussels (32.9%), followed by fish flesh (24.1%), stomachs (23.8%), and the least in gills (19.2%). In the Pacific side of Japan were found most abundantly in fish flesh (27.3%), followed by stomach and clam (25.0%) and the least in gills (22.7%).

This study found slight variations in microplastic contamination between the Andaman Sea and the Gulf of Thailand, while levels in Japanese fish were more consistent. Overall, contamination levels across all regions were comparable, highlighting the widespread distribution of microplastics in the environment and their impact on ecosystems. Moreover, analyzing the shape, color, and characteristics of microplastics helps identify their sources, while ongoing research is crucial for assessing future risks to ecosystems and human health.

**Keywords:** microplastics; marine animals; contamination

---

## 1. Introduction

Microplastics are tiny pieces of plastic, smaller than 5 mm, that cannot be seen with the naked eye. They come from the breakdown of larger plastic items like bottles and plastic bags, which take a long time to decompose. These microplastics end up in seas and oceans, becoming pollutants that harm the environment and ecosystems. Because of their small size, microplastics are eaten by plankton and move up the food chain through different marine animals. Eventually, they reach humans when seafood is consumed. When people eat seafood, they may also consume microplastics, which can build up in the body and cause health problems. These problems include hormonal changes, issues with blood vessels, cancer risks, and a weakened immune system. Although the exact health effects of microplastics are not yet fully understood, they are considered a hidden danger. Studying microplastic contamination in food provides important information that can help develop measures to protect human health.

## 2. Methodology :

### Step 1: Sample Preparation

1.1 Select 5 mackerels and 5 mussels (clams) of similar weight and size. Clean them with fresh water to minimize external contamination.

1.2 For the mackerels : dissect the 5 fish to separate 5 stomachs, 5 gills, and the flesh from all 5 fish. Each sample is finely ground using an electric grinder. Each portion of the sample is placed into five beakers, with 1 gram per beaker. This results in 15 beakers.

1.3 For the mussels (clams) : blend all 5 mussels together into a fine consistency. Each portion of the sample is placed into five beakers, with 1 gram per beaker. This results in 5 beakers.

**Step 2 : Digestion of Organic Matter**

2.1 Add equal amounts of the following chemicals into all 20 beakers:

- 80 mL of 30% hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).
- 16 mL of 1% potassium hydroxide (KOH).

2.2 Place beakers on a magnetic stirrer. Set the stirring speed to 900 rpm for 2 hours until fully digested into a clear solution.

**Step 3 : Separation of Microplastics**

Filter the digested solution using the prepared filter papers to separate any undissolved materials. Use the same Whatman™ filter papers to filter microplastics from the solution. Dry the filtered microplastics in an Oven at 50°C for 1 hour to ensure complete dryness.

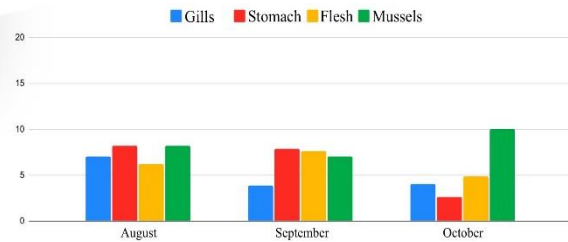
**Step 4 : Identification of Microplastic Shape and Color**

- 5.1 Examine the dried microplastics under a microscope (ZEISS Stemi 305).
- 5.2 Count the number of microplastic particles and measure their size.
- 5.3 Classify the shape and color of the microplastics.
- 5.4 Record all observations.

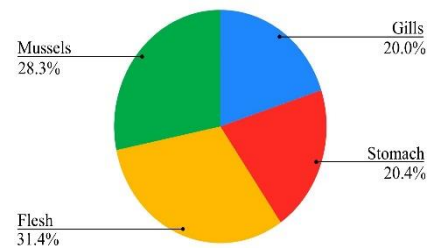
**3. Results and discussion :**

**Thailand**

From the experiment conducted between August and October 2024, the following results were obtained: Andaman sea

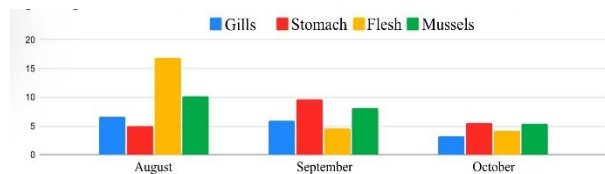


**Figure 1.** A graph illustrating the amount of microplastics in mackerels and mussels per 1 gram from the Andaman Sea between August and October 2024

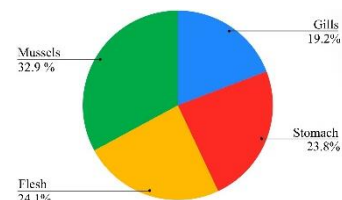


**Figure 2.** A graph illustrating the number of microplastic pieces in mackerels and mussels from the Andaman Sea between August and October 2024

Microplastics were found most abundantly in fish flesh (31.4%), followed by mussels (28.3%), stomachs (20.4%), and the least in gills (19.9%)

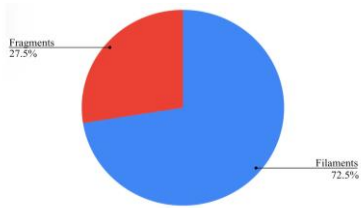


**Figure 3.** A graph illustrating the amount of microplastics in mackerels and mussels per 1 gram from the Gulf of Thailand between August and October 2024

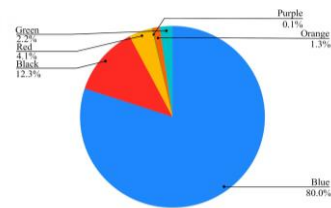


**Figure 4.** A graph illustrating the number of microplastics pieces in mackerels and mussels from the Gulf of Thailand between August and October 2024

Microplastics were found most abundantly in mussels (32.9%), followed by fish flesh (24.1%), stomachs (23.8%), and the least in gills (19.2%)

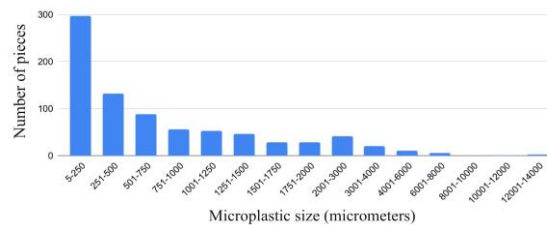


**Figure 5.** A graph illustrating the shape of microplastic pieces from the Andaman Sea and the Gulf of Thailand



**Figure 6.** A graph illustrating the colors of microplastic pieces from the Andaman Sea and the Gulf of Thailand

Overall, blue colored microplastics were the most common color(80.0%) followed by black(12.3%), red(4.1%), green(2.2%), orange(1.3%) and the least was purple(0.1%). Additionally, filament shaped microplastics were predominant (72.5%), followed by fragments (27.5%).



**Figure 7.** A graph illustrating the size of microplastics found in the Andaman Sea and the Gulf of Thailand

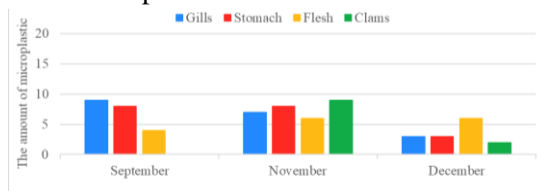
The sizes of microplastics found in marine animal samples from the Andaman Sea and the Gulf of Thailand ranged from the smallest, 5-250 micrometers ( $\mu\text{m}$ ) with 297 pieces, to the largest, 12001-14000 micrometers ( $\mu\text{m}$ ) with 2 pieces (as shown in Table).

This study did not analyze the type of microplastics to confirm their plastic composition using an FT-IR spectrometer (Perkin Elmer: Spectrum Two) due to limitations in available equipment.

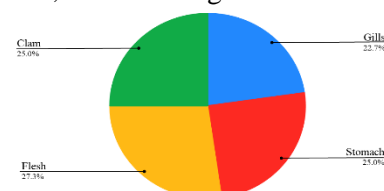
### Japan

- We were able to conduct three months' experiments on fish (September, November, December), but were only able to conduct two months' experiments on clams (November, December).
- Microplastics were found in marine animal's bodies at all months.
- Overall, the amount of microplastics did not change.

From the experiment conducted in November and December 2024, the following results were obtained:



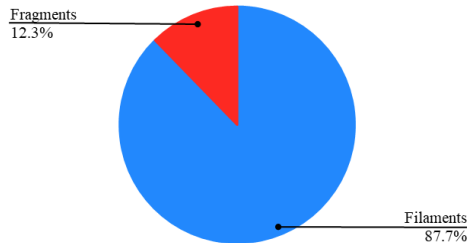
**Figure 8.** A graph illustrating the amount of microplastics in mackerels and clams per 1 gram from the Pacific side of Japan in September, November, and December 2024



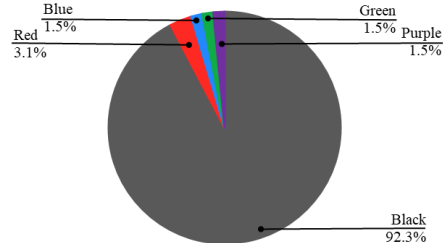
**Figure 9.** A graph illustrating the number of microplastic pieces in mackerels and clams from the Pacific side of Japan in November, and December 2024

- Microplastics were found most abundantly in fish flesh (27.3%), followed by stomach and clam (25.0%) and the least in gills (22.7%).

From the experiment conducted in September, November, and December 2024, the following results were obtained:

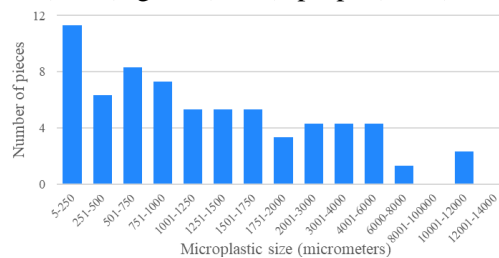


**Figure 10.** A graph illustrating the shape of microplastic pieces from the Pacific side of Japan



**Figure 11.** A graph illustrating the colors of microplastic pieces from the Pacific side of Japan

- Filament shaped microplastics were predominant (87.7%), followed by fragments(12.3%).
- Black colored microplastics was the most common color(92.3%) followed by red(3.1%), and the least is blue(1.5%), green(1.5%), purple(1.5%).



**Figure 12.** A graph illustrating the size of microplastics found in the Pacific side of Japan

- The sizes of microplastics found in marine animal samples from the Pacific Ocean side of Japan ranged from the smallest, 5-250 micrometers ( $\mu\text{m}$ ) with 11 pieces, to the largest, 10001- 12000 micrometers ( $\mu\text{m}$ ) with 2 pieces.

#### 4. Conclusion :

##### Thailand

Results show similar microplastic contamination in marine animals from the Andaman Sea and Gulf of Thailand, highlighting their widespread distribution and ecological impact. Examining the shape, characteristics, and color of microplastics proves to be valuable for identifying their sources. For instance:

- The shape of microplastics can reveal their source and the extent of their breakdown.
- The color of microplastics can help researchers determine the type of products they originate from. Clear microplastics often come from plastic bottles or bags, while black microplastics may originate from industrial plastics, potentially containing heavy metals. Blue, red, green, and other colored microplastics may come from toys, which could contain lead contamination.

Research tracking microplastics in the environment enables scientists to analyze the risks posed by microplastics to ecosystems and human health in the future. Furthermore, the study found that microplastics sized 5–250 micrometers were most common, posing risks to Thailand’s marine ecosystem. They can harm marine life by causing digestive blockages, toxin accumulation, and may

contaminate seafood consumed by humans. This highlights the urgent need for better plastic waste management to protect marine environments.

### Japan

This study concludes that there was not much difference between the number of microplastics found in various parts of mackerel and the number of microplastics found in clams, indicating the distribution of microplastics in the pacific ocean side of Japan in the environment and their impact on ecosystems.

Among the microplastics found, some were fragment-shaped, but filaments were the most common. Since there were many filaments, it is possible that those microplastics originated from plastic cloths and plastic fishing nets.

The color of microplastics was the highest proportion of black, and others were blue, red, green, and purple. From this, many of the microplastics found are thought to be derived from industrial plastics that may contain heavy metals and toys that may contain lead contamination.

### Comparison

- Distribution: Thailand saw slightly varied contamination levels between fish flesh and mussels across regions, while Japan showed more uniform contamination across fish tissues.
- Shapes: Both countries observed a high proportion of filament-shaped microplastics.
- Colors: Thailand had a mix of colors with blue being predominant. While, Japan observed a significant dominance of black-colored microplastics
- Implications: Both countries highlight the need for identifying microplastic sources to mitigate their impact on marine ecosystems and human health. Thailand emphasizes the variety of potential sources (e.g., toys, bags), while Japan's black microplastics suggest heavy industrial influence.

## **5. References :**

Eswar M., Saranya V., Lalitha G., Matias S., Wei-Hsin C., et al. (2024). Microplastics in marine ecosystems: A comprehensive review of biological and ecological implications and its mitigation approach using nanotechnology for the sustainable environment, *Environment Research*, 1-18. <https://www.elsevier.com/locate/envres>

Kumar R., Verma A., Shome A., Sinha R., Sinha S., et al. (2021). Impacts of plastic pollution on ecosystem services, sustainable development goals, and need to focus on circular economy and policy interventions. *Sustainability* 13 (issue 17). <https://doi.org/10.3390/su13179963>.

Puntip W., Apinya C. and Wachirah J. (2019). Microplastic Contamination in Marine Animals Used as Seafood : *The 58<sup>th</sup> KU Annual Conference*, 397-407.

S.E. Nellms., J. Barnett., A. Brownlow., N.J. Davidson., R. Deaville., et al. (2019). Microplastics in marine mammals stranded around the British coast: ubiquitous but transitory. *Scientific Reports*. 9:1075. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37428-3>.

Sonali P., Somava N., Shreya B., Susmita M. (2024). Unveiling the effects of microplastic pollution on marine fauna. *Blue Biotechnology*. 1:6. <https://doi.org/10.1186/s44315-024-00006-6>.

## 執筆者

小松原 洋行 (東海大学付属高輪台高等学校)  
高橋 梨緒 (利晶学園大阪立命館高等学校)  
武田 菜々子 (立命館高等学校)  
田中 博 (立命館大学)  
野中 匠 (東京科学大学附属科学技術高等学校)  
半田 亨 (早稲田大学本庄高等学院)  
廣松 光一郎 (立命館高等学校)  
松浦 紀之 (愛媛大学)

※ 執筆者氏名の五十音順で表記

## 編集

立命館高等学校 SSH 推進機構

### 国際共同研究推進に向けた実践指導事例集

2026年2月 発行

発行者 立命館高等学校 SSH 推進機構

〒617-8577 京都府長岡京市調子一丁目1-1

TEL:075(323)7111 / FAX:075(323)7123

**R** RITSUMEIKAN