

課題研究のテーマの変遷から考えるより良い課題研究の指導法  
～天王寺高等学校における10年間の事例から～

1 はじめに

本校では2年次の1年間で360名の生徒全員が課題研究を実施しており、そのうち生物分野に所属する生徒は毎年約40名である。この人数は指定当初から大きく変動することなく実施している。本稿では生物分野の課題研究内容の変遷をみることで、より良い課題研究を進めていくために必要な指導者側の注意点を整理したい。

2 本校における課題研究の年間スケジュール

- 4月 分野わけ, グループ決め
- 5月 テーマ設定, 先行研究調査
- 6月 予備実験
- 7月～ 本実験
- 10月 中間考査(定期考査期間にペーパーテストを実施)
- 11月 中間発表
- 2月 論文締切
- 3月 全校ポスター発表会

3 平成26年度からの研究内容

平成26年度から令和5年度までの1グループの人数および研究内容を挙げ、その年度の指導概要を整理する。

【平成26年度】

課題研究対象生徒160名中31名が生物分野を選択、教員3名

- ①マウスのストレスと嗜好の関係性(6名)
- ②マウスの性差および血縁の有無による危険への対応の違い(4名)
- ③乳がん細胞の上皮間葉転換における線維芽細胞増殖因子および形質転換増殖因子の役割(5名)
- ④植物の育成の効率化(5名)
- ⑤プラナリアの嗜好について(5名)
- ⑥スポンジの殺菌についての研究(6名)

①, ②はA大学の先生にマウスの入手や飼育方法などを教えていただいたが、研究内容は生徒が自由に決定した。そのためマウスを使って興味のままに進めただけで研究とはいえない内容となった。③は非常に高度な内容だが、cDNAおよびプライマーの作成はすべてB大学の先生にやってもらい、送られてきたサンプルをPCRして電気泳動をするという内容だった。言いなりにになっているだけで理解ができなかったため論文作成時が大変だった。④, ⑤は生徒が自主的に行ったが、あまりにもレベルの低い内容だった。教員側の指導の問題が大きかった。⑥はC大学の先生に指導していただき、定期的に来校していただいた。当初はウイルスについての研究がしたいと思っていたが、無理とわかり細菌に切り替えた。

【平成27年度】

課題研究対象生徒160名中34名が生物分野を選択、教員3名

- ①マウスの性差と環境による学習能力の違い(6名)
- ②マウスの異性意識下における行動の変化と性格の遺伝について(7名)
- ③行動で診るウーパールーパーの味覚嗜好性(4名)
- ④動物の交替性転向(6名)
- ⑤メダカの不安様行動と逃避行動に対するアルコールの影響(2名)

⑥嘘はばれる（5名）

⑦集中の仕方とは（4名）

①、②は引き続きA大学の先生にご指導いただいたが、他は本校教員による指導に切り替えた。この年度より不完全ながら検定を行うグループが見られた。教員による「これって本当に差があるのかな？誤差ではないのかな？」という言葉がけが必要だとわかった。何もないところから思い付きで実験を計画しているという反省点から、「研究者が教える動物実験第1巻～第3巻（共立出版）」を購入し、ここからテーマを見つけるように指示し、③～⑤はここから着想を得た。⑥・⑦はこの年度に赴任した教員が人の行動に興味があったため、行動をテーマにすることにした。

#### 【平成28年度】

課題研究対象生徒160名中35名が生物分野を選択、教員3名

①アリの味覚嗜好性（5名）

②クマムシの生態（2名）

③シアノバクテリアからのエネルギー生産（4名）

④ミドリムシの変色条件を調べる（5名）

⑤メダカの色覚感覚（4名）

⑥最高の記憶術～運動が記憶に及ぼす影響とは～（5名）

⑦唾液中アミラーゼ活性を指標とした行動と自律神経系調節との関連（5名）

⑧土壌透水性の違いによる植物の成長速度（5名）

この年度は分野開きをする前に、例題を用いてt検定による有意差を考える練習をした。またグループごとに課題（2016名古屋大学第3問）を課し、実験方法の組み立てを考えた。前年度から使用している「研究者が教える動物実験第1巻～第3巻（共立出版）」を引き続き使用したことにより、思い付きではない方法を構築できるグループが見られた。方向性が見られたことで自主的に時間を見つけ研究に取り組むグループも見られた。

#### 【平成29年度】

課題研究対象生徒360名中48名が生物分野を選択。この年度より2年生全員が課題研究を実施することになったため、生物分野の人数・テーマ数が多くなった。生物の教員数が3名から4名に増加した。

①手に繁殖する細菌について（3名）

②街路樹における抗菌作用の有無（2名）

③オカダンゴムシとワラジムシの相補性効果の解明（5名）

④ミジンコの走性に関する基礎実験（3名）

⑤クモの巣の構造とその実用化（3名）

⑥髪の毛のダメージはどこから？最も悪影響なものとは（3名）

⑦シロツメクサの生育と四つ葉への変異（2名）

⑧水酸化カリウムを用いた透明骨格標本の作成方法の検討（5名）

⑨ニッポンバラタナゴの繁殖（4名）

⑩ワラジムシとオカダンゴムシの2種間の相補性効果（2名）

⑪樫井川の汚さに迫る（2名）

⑫食虫植物の肥料の有無による消化時間の差および消化条件（3名）

⑬リンゴの変色について（3名）

⑭コケ植物が有性生殖する条件（6名）

⑮長居公園におけるワラジムシ類の生態調査（2名）

この年度に土壌生物を大学で専門に学んだ教員が赴任したため、それに関連するテーマが多くなっている。人数やテーマ数などに制約を設けなかったためテーマ数が多くなり、教員側の指導が手薄になった。手が回らなくなったことにより大学の先生に指導を仰ぐということもほぼなくなるなど、悪影響が

大きかった。実験室の設備やスペースの問題から安易に人数、テーマ数を増やすべきではないという教訓を得た。

#### 【平成 30 年度】

課題研究対象生徒 360 名中 44 名が生物分野を選択。教員 4 名

- ①腐敗物に対するセンチュウの走性とその実用化（6名）
- ②発酵を題材とした生化学実験プログラムの作成（5名）
- ③プラナリアにおける様々な環境と記憶の関係（6名）
- ④魅力的な笑顔への数値化の検討（6名）
- ⑤オカダンゴムシの空間認識能力（3名）
- ⑥ワラジムシ類の個体数による摂食量の違い（3名）
- ⑦惹かれあうオカダンゴムシとワラジムシ（4名）
- ⑧ジャガイモの緑化（6名）
- ⑨虫に右利き左利きはあるのか（5名）

昨年度の反省をもとに、1グループの人数をもとに元の水準に戻し、テーマ数を減らした。しかし、6名のように人数が多いグループでは今まで顕在化していなかったフリーライダーが目立つようになった。①のセンチュウはD大学からの提供を受けて実験を行った。飼育も数か月は行えたが、途中でさぼったため途絶えてしまった。この年度より SDS-PAGE を行えるようにし、タンパク質の研究が行えるようになった。DNA と違い、サンプルの調整が比較的容易であり、食品や生物間や細胞間の比較など様々なテーマでの使用が可能である。②は納豆やヨーグルトが発酵していく過程でタンパク質がどのように変化していくのかを調べた。この過程での生徒自身の気づきを教材にしてはどうかと考えた。

#### 【令和元年度】

課題研究対象生徒 360 名中 41 名が生物分野を選択。教員 4 名

- ①アリのコロニー識別能力（4名）
- ②プラナリアの摂食行動と温度の相関性について（3名）
- ③ずっと新鮮なリンゴ（4名）
- ④コオロギの音波の嗜好性（5名）
- ⑤ドキドキするとパフォーマンスはあがる？（4名）
- ⑥プラナリアの水質汚染における影響と複眼の遺伝（4名）
- ⑦オカダンゴムシの脱球形化までの経過時間（3名）
- ⑧生物種によってカタラーゼ活性が異なるのはなぜか（4名）
- ⑨豆苗の切断箇所による収量の違い（5名）
- ⑩特殊詐欺において通話機器が与える影響の検証（5名）

フリーライダー対策として1グループあたりの人数を基本的に4名とした。グループのメンバー決定は生徒の意思を尊重しているため、研究内容や仲の良さなどの関係で±1名までは認めることとした。試料の入手のしやすさやデータを多く得られるテーマに誘導する意図はなかったつもりが、教員側の気持ちを汲み取ってくれたのか、全体的にこじんまりとした印象を受ける学年となった。

#### 【令和2年度】

課題研究対象生徒 360 名中 57 名が生物分野を選択。生物担当教員が3名に減少。またうち2名が他分野の指導主担にあたったため、さらに指導体制が手薄になった。

- ①オカダンゴムシの空間認識能力（4名）
- ②環境 DNA によるニホンウナギの生息域調査（4名）
- ③ミドリゾウリムシの誘引物質に対する化学走性（3名）
- ④簡易ビオトープを用いた中性洗剤における生物多様性への影響（4名）

- ⑤金魚の光の色による摂食量の違い（4名）
- ⑥鳥の翼の形状と滑空の特徴（4名）
- ⑦BALM仮説の検証（4名）
- ⑧アルテミア乾燥卵の保存状態と孵化の関係（4名）
- ⑨プラナリアの走性（5名）
- ⑩グリーンカーテンの効果の向上（4名）
- ⑪クモの巣の効果的な除去のしかた（5名）
- ⑫効率よく除菌する素材別の方法（4名）
- ⑬性格が及ぼす文字認識の傾向（4名）
- ⑭光の色によるオカダンゴムシの行動の変化（4名）

②で本校ではじめて環境DNAをテーマとした研究を開始した。平成26年度以降サーマルサイクラーを使用する機会がなくなっており、有効に活用する方法として取り入れた。フィールドで活動する場面と研究室でミクロな実験を行うことが両方経験できるテーマとなった。操作に慣れるまでは教員の指導が欠かせないが、軌道にのれば主体的に研究が進められるため1つの方向性が見出せた。全体として1グループの人数は4名前後であったが、グループ数が多すぎたため指導はかなり手薄になった。しかし、手持無沙汰のなったり教員からの声掛けがなければ動き出せないようなグループは幸いにもなかった。研究テーマを策定する初期段階で、マインドマップを作成しグループ内の意思統一をしたり、先行研究を調査し記録していくワークシートを利用したことなどがその要因ではないか。この内容は次年度に独自教材として冊子化して生徒に配布した。

#### 【令和3年度】

課題研究対象生徒360名中38名が生物分野を選択。教員4名

- ①環境DNAを用いたウナギの生息域と植生の関係（5名）
- ②ニホンウナギの生息域におけるCODおよびリン酸濃度（4名）
- ③ダンゴムシの平衡感覚（4名）
- ④接ぎ木を用いたサボテンの寿命操作（4名）
- ⑤アンチゴキブリフローリングを作ろう（4名）
- ⑥シマミミズの水中溶存酸素利用能力（5名）
- ⑦多眼プラナリアの走光性（4名）
- ⑧植物におけるカタラーゼ活性の違い（4名）
- ⑨鶏卵のアレルギー物質を軽減させる方法（4名）

この年度も継続して環境DNAをテーマとし、2グループに増やした。サーマルサイクラーのキャバや電気泳動装置の数を最大限生かすことができた。また平成30年度に導入したSDS-PAGEを手段として活用してアレルギー物質に関して調べたグループも現れた。グループ数も実験室のキャバから考えるとちょうど良く、教員の指導が行き届きやすかった。初期段階のように研究として成り立っていないものを研究に落とし込んでいくと、データが取れやすいもの、実現可能性が高いものに誘導しがちであるが、テーマとしての面白味は少なくなってしまう。この年度に現れたゴキブリ班はこのマンネリ感を打破するインパクトはあった。

#### 【令和4年度】

42名が選択、教員4名

- ①精神的ストレスによる魚の記憶力の変化について（5名）
- ②昆虫に右利き左利きはあるのか（4名）
- ③コオロギは明るさによって記憶することができるのか（4名）
- ④トビイロシワアリの気象要素における行動の変化（4名）
- ⑤鶏卵を用いた抗体作製方法の簡略化（5名）

- ⑥牛乳アレルギーの分解（4名）
- ⑦ホッキョクグマと水辺の原生生物（4名）
- ⑧オジギソウの気温と気温差の反応性の相違（4名）
- ⑨陸生等脚類と周囲の環境の相関（4名）
- ⑩光発芽種子の発芽のメカニズム（4名）

動物の行動に関するテーマが多く見られた。近隣の天王寺動物園をフィールドにしたテーマを1つ設けた。課題研究の時間に動物園に行きホッキョクグマを観察したり、飼育員からサンプルをいただいたりした。植物を題材としたテーマは季節性や成長に時間がかかるなどデータが多く取れない傾向にあるが、種子の発芽はデータがとりやすく主体的に活動しやすいことがわかった。プラナリアをテーマにしていたグループは飼育がうまくいかず、秋にテーマを変えることになった。教員からの提案で抗体に関する短期間である程度の成果が見込めるテーマを与えた。テーマ変更後は興味をもち主体的に活動に取り組む様子が見られた。

【令和5年度】

43名が選択、教員4名

- ①コオロギの成長と密度効果の関係（4名）
- ②ミミズが土壌に与える物理的影響（4名）
- ③大豆アレルギーの低減化（4名）
- ④ゴボウ種子における浸水と光発芽性の関係（4名）
- ⑤植物間コミュニケーションが植物精油成分の抗菌効果に与える影響（4名）
- ⑥クエン酸水溶液濃度の変化と植物の成長阻害関係（4名）
- ⑦ホッキョクグマと藻類の関係（3名）
- ⑧プランクトンと水深の関係（4名）
- ⑨コンポストにおける分解能力の鍵を探る（4名）
- ⑩天王寺高校における土壌動物相の調査とその評価（4名）
- ⑪環境DNA分析を用いた淀川水域におけるオオカナダモ(*Egeria densa*)の分布調査（4名）

牛乳や鶏卵を用いたSDSPAGEを3年連続で実施した。考察がやや深まりにくい欠点はあるが酵素反応の条件を細かく設定でき、実験内容を自分たちで検討できる要素が多いのは利点である。昨年同様天王寺動物園をフィールドにした研究、コオロギ、土壌動物、SDSPAGEなど引き続き行うものがみられた。環境DNAは試料の採取から結果が得られるまでの過程が長く、また実験が課題研究の時間と放課後を合わせても収まりきらないことが見られたため今後は実施しない方向とする。

表 テーマ数およびグループの平均人数の変遷

	植物系	動物系	微生物系	心理・行動系	分子生物系	その他	1グループ平均人数	全人数	教員1人あたり担当生徒数
平成26年度	1	3	1		1		5.2	31	10.3
平成27年度		5		2			4.9	34	11.3
平成28年度	1	3	2	2			4.4	35	11.6
平成29年度	4	8	2			1	3.2	48	12
平成30年度	1	6		1	1		4.9	44	11
令和元年度	2	5		2			4.1	41	10.2
令和2年度	1	9	1	1	1	1	4.1	57	14.2
令和3年度	2	4			3		4.2	38	9.5
令和4年度	2	6			2		4.2	42	10.5

令和5年度	3	4	2		2		3.9	4.3	10.7
計	17	53	8	8	8	2	-		

#### 4 比較してみたの考察

##### (1)グループ数、1グループの人数

グループ数は教員1名あたり3グループが限界だと感じた。もちろんそれ以上担当することも可能であるが、研究の進捗をリアルタイムで共有できず、こちらが研究に入り込めない。そのためどうしても熱意が生まれにくく、気持ちが離れていってしまう。そうすると大学の先生との橋渡しなども手が回らず（気持ちも回らず）せっかくの機会を失ってしまう。また、グループ内の人数は4人が基本となりそうだ。2名は少なすぎて実験の分担ができず、また論文作成では負担が大きくなる。6名以上では役割分担がうまくいかず、手持無沙汰の生徒やフリーライダーの生徒が生まれてしまう。生徒の人間関係や興味のあるテーマで±1名は許容しても良いが、あまり深刻でないのならある程度の強制力を使って4名にするほうが、生徒の学びは深まると感じた。

##### (2)テーマ設定

平成27年度から導入した「研究者が教える動物実験第1巻～第3巻（共立出版）」（2年間のみ使用）のようにある程度、研究が進められるヒントとなるような書籍はかなり有効であると感じた。カタログのように興味のある内容を見つけ、まずはその通りにやってみて、そこから自分たちで疑問を見つけ出して、再スタートすることでスタートするまでのうだうだとした時間を省略することができる。もちろん問いをみつけるこの期間を経験できることが課題研究の醍醐味の1つであるが、何もない0の状態でも悩んでも何も生まれない。

次に生徒の興味関心を尊重してすべて生徒に任せるという方法は、自主性を生かして一見美しいが先が見通せないのであれば助け舟を出してやる必要がある。課題研究の指導の経験が浅ければこの匙加減は難しいが、対話を通して批判的に考えるきっかけを生徒に与えてやりたい。そのためにも担当するグループ数は3までが限界と考える。

##### (3)テーマの特徴

思っていたよりも動物系の研究が多いことがわかった。動物系の実験ではまずは安定して飼育ができる、採取ができることが絶対条件となる。そのため、ダンゴムシ、プラナリア、ミミズ、コオロギなど特定の種に偏ることになる。もちろん他校の課題研究も同じような傾向になるため発表会などで似たようなものを見ることになり面白みには欠け、新規性のある内容を見つけるのは難しい。ただ他校との交流はしやすくなるので、お悩み相談など盛り上がるため、このあたりは一長一短である。ブルーオーシャンにいけばいいのかということそうでもなく、ありふれた種であってもデータをきちんと収集し、新規性がなくてもお作法がしっかりして研究として成り立っているのであれば、課題研究を通して素晴らしい経験ができたことは間違いない。

植物系の研究は生徒に人気の高い内容である。しかし季節による変動が大きく、育成の期間が長いことなどでデータ数が少なくなる、信頼性が低くなるなどの問題があるため、本校ではあまり薦めてはいない。植物を生育させるのではなく、顕微鏡観察や酵素の活性、タンパク質の比較などミクロの方向にもっていくか、1発勝負になるが被度や種数の変化など経時的に年間通して定点観測をするなどであれば可能性は残る。

行動・心理系も無理やり生物分野に入れられることがある。データを得ることは容易であるため、生徒は流されがちであるし、教員からの誘導もあるかもしれない。一方でバイアスがかなりかかる内容であるため、かなり批判的に考えないと研究として破綻したまま進めることになりがちなテーマである。このあたりの批判的思考の育成に重きをおけるテーマであるので、一定数残す方向で検討したらよいと思うが、あまり数が増えすぎないようにしたい。

##### (4)教員の持ちネタへの誘導、既存の設備の使用を前提とした内容への誘導

生徒の主体性を尊重することは重要であるため、すべてを誘導することは好ましくない。しかし無用な時間を過ごすグループが出てくるのであればある程度の誘導は必要である。教員の持ちネタを毎年深

めていくことで、普段の授業で使える新規の実験内容が生まれたりすることもある。教員は教材開発を頭の片隅において指導をすると WinWin の成果が得られるかもしれない。生徒は、普段は扱えないような機械や器具を使えると、優越感に浸れるのかとてもうれしそうにする。このような経験ができるのも課題研究の利点の 1 つである。特に SSH 校でせっかく高価な機材があるのであれば有効に活用するように仕向けるのは重要なことである。