

実験の組み立て～対照実験を意識した実験デザイン～

多治見北高等学校 川瀬 里央

1 研究のねらい

現在岐阜県の実験書に掲載されている実験は、実験方法が書かれており、その方法に従って実験を進めるものが多い。しかし、近年の共通テストでは、初見の実験問題から考察するもの、そもそも実験の組み立ての段階を問うものが多く出題される。本校でも、そのような問題に翻弄され、生物の試験で伸び悩む生徒が多い。また、学習指導要領でも「探究」を重視した内容が多く、今後更に自分で考えて実験を組み立てる訓練を行う必要が高まると考えられる。

そこで、共通テストを控えた本校の3年生文系の生徒を対象に、対照実験を意識した実験デザインの仕方を学びなおすこととした。この実践は、生物基礎の授業で広く行われているカタラーゼの性質を利用した実験を用い、複雑な実験問題をシンプルに考える力を付けることを狙いとして行った。

2 実践した内容

3年生の文系3クラスを対象に、共通テストを間近に控えた11月に2時間にわたって実践を行った。

1時間目の前半は、共通テストの模試の問題を複数用い、対照実験とは何か、考え方の基本を学習した。問題作成者が対照実験を意識して問題を作成していること、条件を一つずつ変えた実験系でのみ仮設の検証を行うことなどを伝えた。その後、次の授業時で用いるカタラーゼの説明を行い、試験管A（酵素液2mL+3% H_2O_2 4mL+蒸留水2mL）をコントロールとして、実験プリントの〈証明したいこと〉の3つを証明するために必要な試験管の条件を考えさせた。証明したいことは、以下の3点である。

- ① 過酸化水素が水と酸素に分解する反応は、物理的な衝撃で起こるものではなく、酵素のはたらきによるものである。
- ② カタラーゼは加熱により活性を失う。
- ③ カタラーゼは酸性条件下で活性を失うが、酸化マンガンは酸性条件下でも活性を保つ。

2時間目は、前時に組み立てた実験計画を実行した。実験を行う前に結果の予想を立てさせ、見通しを持って実験を行うことの大切さを伝えた。実験後は考察を行い、カタラーゼと過酸化水素の反応についての理解、対照実験についての理解を評価した。

3 実践中および実践後の生徒の変容

実践前は、はじめて見る実験問題に対して複雑に考えてしまい、適切な答えが導き出せない生徒が多くいた。しかし、様々な分野の実験問題を定型的な考え方で練習することで、対照実験を意識した実験問題の解き方を習得した。その後、実際に実験を用いて計画を立てることで、今後の学習に繋がる確かな知識へと変わっていった。以下、実験後の生徒のアンケート（一部抜粋）、図1は生徒の実験計画プリントである。

【実験の組み立て方について学んだこと、気付いたことなどを書いてください】

- ・対照実験の際に何を調べるために行っているか、どんな試験管が必要かを考えることが大切だと思った。
- ・試験管の条件は1つしか変えてはいけなかったことが分かった。
- ・加熱や酸性条件下にするだけでも、1つ1つ条件を変えて試験管を増やしていかなければならないことが分かった。
- ・すべての条件をそろえるためには、入れるものだけではなくて試験管の振り方や量も適切にそろえなければいけないと思った。
- ・条件は1つだけ変えることの大切さが、実験を実際に行うことで体感できた。試験に活かせると思う。
- ・自分で実験を計画したことで、触媒の中でも無機触媒と酵素の違いを意識して考えることができた。本当に無機触媒は酸性でも変性しないことに驚いた。
- ・証明したいことが1つでも、試験管は複数必要であることが分かった。
- ・カタラーゼなどの酵素は、熱に弱く、変性することを再確認できた。

- ・今まで実験問題に苦手意識を持っていたけど、条件比較を行えば意外と単純だということが分かった。

<使用して良いもの>
 酵素液, 加熱した酵素液, 酸化マンガン (IV), 石英, 蒸留水, 3%過酸化水素水, 2mol/L 塩酸, 2mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

表1

試験管	A	B C	D E	F		
触媒	酵素液2mL	加熱した酵素液 2mL	石英	酸化マンガン	酵素液	酸化マンガン
基質	3% H_2O_2 4mL					
その他	蒸留水2mL	蒸留水 2mL	蒸留水 2mL	蒸留水 2mL	塩酸	塩酸
<予想>pH	中	中	中	中	酸	酸
<予想>反応	-	-	-	-	+	+
<結果>pH	中	中	中	中	酸	酸
<結果>反応	+	-	-	+	-	+

反応する (+) or 反応しない (-)

図1 生徒の実験プリント (実験の組み立てと結果記入)

4 研究のまとめ

本研究は、生物基礎の実験で広く行われているカタラーゼの性質を用いた実験を活用し、論理的思考を高めるための授業計画を考えた。対照実験を意識した問題演習の後に、コントロールの試験管から対照実験を意識して実験計画を立案させることで、複雑な実験問題をシンプルに考える方法を学習させた。この実践で、今まで実験問題に苦手意識を持っていた生徒も、冷静に条件比較を行うことができるようになった。

5 実践した授業の単元計画と学習指導案

学習指導案

科目	生物基礎	使用教材	改訂版 生物基礎 東京書籍		
指導クラス	3年生文系クラス	単元	酵素の性質		
クラス観	真面目に粘り強く学習を継続できる集団である。知識・技能は十分定着しており、授業や実験に対する意欲も高い。ただ、模試の問題などでは、初見の問題に対応する思考力が低い。				
本時の主題	実験の組み立て～カタラーゼの性質～	本時の位置	1・2 / 2		
本時の目標	対照実験を意識して、2時間にわたり実験問題の考え方を習得する。				
評価の観点	<ul style="list-style-type: none"> ・実験が適切に組み立てられるか【思考・判断・表現】 ・考察まで意欲的に取り組むことができるか【主体的に学習に取り組む態度】 				
本時の展開(2時間分)					
進	学習内容	教師の働きかけ	学習活動 (生徒の活動)	評価の観点 (具体的評価規準)	評価方法や 指導上の留意点
導入	対照実験の 考え方 (10分)	例1 ホルモンと 受容体の問題を用 いて対照実験の考 え方を説明する	例1を解く 解説を聞く		【留意点】 結果を比較する ときは条件を1 つ変えたもの同 士で比較するこ と
	実験条件の 確認 (10分)	例2 血液凝固の 問題を用いて実験 条件の作成方法を 説明する	例2を解く 解説を聞く		【留意点】 実験を組み立て る際は条件を1 つしか変えては いけない
	実験結果の 比較の仕方 (15分)	例3 カエルの飼 育実験の問題を用 いて実験条件と結 果の見方を説明す る	例3を解く 解説を聞く		【留意点】 基準の実験と比 較して、条件を 1つ変えるとど う変わったかが 重要である。考 察を選ぶ際は1 つずつ検証する こと。
展開 ・ ま と め	実験の組み 立て (10分)	<ul style="list-style-type: none"> ・カタラーゼの説 明をする。 ・実験班になり、 実験で用いる試験 官の条件を考えさ せる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験プリントに記 入しながら説明を聞 く。 ・実験班で試験管の 条件を考える。 	<ul style="list-style-type: none"> 【思考・判断・表現】 ・証明したいこと3つ がすべて証明できる実 験計画が立案できてい る(A) ・証明したいことが1 つまたは2つ証明でき る実験計画が立案でき ている(B) ・証明したいことが1 つも証明できない(C) 【主体的態度】 ・すべての実験計画が 書かれている(A) ・一部実験計画が書か れ、考えた形跡がある 	<ul style="list-style-type: none"> 【留意点】 ・試験管A(酵素 液2mL+3%$H_2O_2$4mL+蒸留水 2mL)を基準とし、 条件を1つ だけ変えながら 試験管を作成す ること。 ・実験プリント の<証明したい こと>を証明で きる試験管を考 えること。
	プリントの 回収 (5分)				

				(B) ・ひとつも実験計画が書かれていない (C)	
--	--	--	--	------------------------------	--

2 時間目

過程	学習内容	教師の働きかけ	学習活動 (生徒の活動)	評価の観点 (具体的評価規準)	評価方法や 指導上の留意点
導入	<ul style="list-style-type: none"> ・前時のプリント返却 ・対照実験の考え方の復習 (5分) 	<ul style="list-style-type: none"> ・前時のプリントを返却する ・対照実験の考え方を再度復習する 	<ul style="list-style-type: none"> ・前時のプリントを見ながら復習する 		【留意点】 実験を組み立てる際は条件を1つしか変えてはいけない
展開①	実験 (25分)	<ul style="list-style-type: none"> ・実験の準備 ・入れる順番を説明する ① 基質 ② その他 ③ pHを測定 ④ 酵素 ⑤ 線香 ・実験を行う 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験準備を行う ・説明を聞く ・実験を行う 	【主体的態度】 <ul style="list-style-type: none"> ・実験に参加している (A) ・実験に参加していない (C) 	【留意事項】 <ul style="list-style-type: none"> ・入れる順番は必ず守らせる。酵素と基質が入るとすぐに反応してしまうため、必ず酵素を最後に入れる。 ・班によって試験管の番号が異なるため、条件を間違えないように注意喚起する。
展開②	発展の実験を行う (10分)	<ul style="list-style-type: none"> ・班で、＜発展＞の実験を行う試験管を考えさせる。 ＜発展＞反応が停止した後の試験管に、酵素液または過酸化水素のどちらかを追加して、再び反応を起こしてみよう！ 	<ul style="list-style-type: none"> ・班で、＜発展＞の実験を行う試験管を考える。 		
まとめ	考察、感想記入 プリント回収 (10分)	<ul style="list-style-type: none"> ・考察と感想を記入させる ・プリントを提出させる 	<ul style="list-style-type: none"> ・考察と感想を記入する ・プリントを提出する 	【思考・判断・表現】 <ul style="list-style-type: none"> ・考察がすべて埋まっている (A) ・一部の考察のみ埋まっており、考えた形跡が見られる (B) ・1つも考察が書かれていない (C) 	