

# 考える力の育成を目指す生徒による実験プランニング

—マイクロスケール実験による中学校理科の授業展開—

佐藤 美子・芝原 寛泰

(神戸大学附属中等教育学校・京都教育大学)

Experiments Planning by Students to Encourage the Ability of Thinking  
—A Teaching Method of Junior High School Science by Microscale Experiments—

Yoshiko SATO and Hiroyasu SHIBAHARA

2009年11月30日受理

**抄録**：考えて行動することを重要なプロセスとして、実験プランニングを柱とした授業展開を行った。ここでは、中学理科の消化酵素の働きを例に、マイクロスケール実験を最適な手段として、小集団でのプランニングと実験に取り組み、学習の過程で生じる疑問点の解明に向けての生徒間の相互協力や相互作用に注目した。科学リテラシーを培うことを目標に、考えて行動するという具体的活動を通して、科学的思考力・判断力を鍛え、さらに実験結果のまとめと発表により表現力を身につけることを試みた。授業実践を通して、実験プランニングにおける生徒らの取り組みを分析、検証した。

**キーワード**：実験プランニング、考える力、科学リテラシー、マイクロスケール実験、中学理科

## I. はじめに

理科教育における実験活動の重要性は様々なところで指摘されている。2000年より3年ごとに義務教育修了段階の15歳児を対象としたPISA(OECD)による国際的な生徒の学習到達度調査<sup>1)</sup>が行われている。2006年調査では、57ヶ国約40万人の15歳児が参加した。調査分野の1つである科学リテラシーに関して、2006年ではこれまでの2位から6位に後退する結果となり、その原因がいろいろと取り上げられ話題となった。しかし、私たちが考えなければならないのは、科学的な考えを持ち、諸問題に自ら進んで関わっていくために、科学リテラシーに基づいた個人に求められる科学的能力についてである、すなわち「科学的疑問を認識すること」「現象を科学的に説明すること」「科学的証拠を用いること」、これらの3つの能力をどのようにして培うか、理科教育において、その能力の育成にどのように関わるのか、大きな課題である。以上の観点から、理科教育の果たすべき役割を考えると、実験活動の重要性をより強く認識し、そのあり方を模索しているところである<sup>2)</sup>。

中学校学習指導要領解説理科編<sup>3)</sup>では、実験活動について、「観察、実験は、生徒が自ら問題を見だし、目的意識をもって主体的に行う活動、さらに、結果を分析して解釈し、自らの考えを表現するなど、科学的に探究する学習活動」として記述されている。また、理科の学習を通して、達成すべき目標としてあげられている基本的な考え方は、①科学に関する基本的概念の定着を図り、科学的な見方や考え方、総合的なものの見方を育成すること、②科学的な思考力、表現力の育成を図ること、③科学を学ぶ意義や有用性を実感させ、科学への関心を高めること、④科学的な体験、自然体験の充実を図ることであり、これらはPISAにおいてあげられている3つの科学的能力と合致するものである。観察、実験は科学的に探究する学習活動として、すべての項目、また3つの科学的能力と深く関わり、授業展開の中で非常に大きな役割を担っている。

第一に、目的意識を持って主体的に取り組み、考えて実験を行う力を養うことが重要である。実験を通して科学的思考力・判断力を駆使し、結果を表現していく過程で、科学の基本概念は定着していく。私たちには、生活していく上で、あらゆる諸問題に対して考えて行動できる力が必要であり、理科という教科を通して、その基本となる考える力を培うことが求められている。

第二に、協力して実験を成し遂げようとする心情と力を養うこと、すなわち、仲間と問題を共有し、問題につ

いて討論し、協力して実験を行うという仲間との相互作用による活動を通して、集団における自己の責任を果たすにはどうすればよいかを考え、行動する中で、協調性や自己責任能力などを養うことが可能である<sup>4)</sup>。

以上のような点から、理科教育における実験活動を通して、考える力を養うことを具体的目標とし、教科書を見て単に実験をまねるのではなく、学習を通して、実験の方法を学び、自ら考え、実験計画を立て、遂行すること、すなわち実験プランニングに取り組むことを授業の中での1つの課題としている。仲間との相互作用による学習活動を重視した授業計画を立てている。その際、実験内容に応じて、小さいスケールの器具を使用するマイクロスケール実験を導入し、生徒による実験の機会を増加させることに努めた。

本論文では、中学理科の「だ液のはたらき」の実験授業を例に、実験プランニングをとり入れ、授業の改善を試みた。また、同じ内容の授業を教員志望の大学生にも行い検証した<sup>5)</sup>。

## II. マイクロスケール実験の導入理由

マイクロスケール実験は、環境問題に配慮した化学として注目されている。グリーンケミストリーの概念、さらには「社会の発展が持続可能な化学」Sustainable Chemistry の概念に基づく実験方法である。しかし、それにとどまらず、生徒の考える意欲と力を引き出し、「自ら課題をみつけ解決する力を養う」には非常に適した実験形態であると考え<sup>5)</sup>。

生徒による実験プランニングを実現するには、考える意欲と力を引き出すことが必要である。限られた時間の中で、生徒に出来るだけ多くの実験の機会を与えるために、どのようにして実験時間、実験器具、試薬、実験の場所を確保するかが重要である。マイクロスケール実験を、次のような理由から今回の目的に適した実験方法として導入している。

### 1. 積極的な実験活動への参加

マイクロスケール実験では、器具が小さいので1つの実験テーブルで多くの器具を使用でき、したがって、4～5人で1つの実験という班活動中心の実験スタイルから、2人、あるいは1人での個別実験も可能となった。班での実験活動では協力して実験を行うことから、協調性が育つという長所はあるが、実験の役割分担が固定化し、器具に触れる機会さえ少ない生徒も見られる。しかしマイクロスケール実験では、自ら実験器具を手に取り実験を進め、積極的に実験に参加し、考える意欲と力を培うことができる。生徒一人一人が自ら実験活動に責任をもって携わり、集中して取り組む機会を増すことで、科学的思考力・判断力を養い、科学リテラシーを獲得していく可能性が飛躍するものと考え。

### 2. 内容の充実

実験器具のスケールを小さくすると、条件をいくつか変えて結果を得ることが可能となり、比較検討が容易になる。また、実験時間の短縮にもつながり、授業時間内での複数の実験を可能にし、実験結果を比較、検討する時間的ゆとりも生じる。例えば、4人の班で全員が同じ実験をしたり、さらには、4人が各自、別々の実験を行い、それぞれ実験結果を比較検討し、考察することも可能である。このように、マイクロスケール実験は様々な実験形態が可能であり、充実した実験内容を提供し、生徒に満足感を与える実験方法として教育的効果は大きい。

また、生徒からもう一度やり直したいという声があがるときがある。それは実験中や実験後にまちがいに気づいたり、変更や試してみたいことが出てくるからである。従来の実験では、限られた時間の中での再実験は不可能であり、再実験を申し出た生徒たちは必ず落胆して戻っていく。このような時も、マイクロスケール実験では、実験時間の短縮により、再挑戦することも可能となった。生徒の意欲を失わせることなく、達成感を味わう機会を与え、実験を充実させることができる。

### 3. 環境への配慮

マイクロスケール実験の導入により、従来の実験器具を、セルプレートやミニ試験管等に置き換えると、薬品の量と廃液量を大幅に削減させることができる。出来るだけ廃液量を少なくし、環境への負荷を減らすことを考慮しながら、いかに生徒の考える力を引き出す実験を行うか、どれだけ実験を行う機会を与えられるかが重要である。マイクロスケール実験は、実験の充実と環境への配慮の両面において、Sustainable Chemistry の理念と一致している。

以上のような観点から、学習内容に応じて、マイクロスケール実験を取り入れている。しかし、グループ実験が適している学習内容もあり、先述のように、グループでの活動から学べる点も非常に多い。また、最初から個別の実験は難しく、経験と能力に応じてグループ実験から2人実験、1人実験へと個別化していくことも考える。実験形態に変化をつけ、多様化させることが望ましい。内容と生徒の実態を考慮して、1つの単元の中で、グループ実験、個別実験と様々な形態を取り入れ、仲間との相互作用による学習活動に変化をつけている。活動の多様化は、生徒たちの概念の定着、科学的な思考力・判断力、表現力の育成を通して、現在および将来にわたって必要な科学リテラシーを育てていく機会を拡大するものである<sup>2)</sup>。

### Ⅲ. 授業実践

中学校理科、第2分野、単元「動物の暮らしとなかま」3章「生命を維持するはたらき」の中の「だ液の働き」について、中学2年生115名（男子50名、女子65名）、教員志望の大学生20名（男子16名、女子4名）を対象に、2009年5月～7月に授業を実施した。本実験は、全27時間（単元）中、発展的な学習の時間を含めて4時間を配当している。また、実験に先立ち中学生は消化酵素の性質について学習し、大学生はすでに理解しているものとみなし本実験のみを実施した。

#### 1. 授業の展開（全27時間中の4時間）

中学校での取り組みを、4時限の授業として表1に示す。その際の注意事項を以下に記す。

表1. 授業の展開と活動形態

	テーマ	活動形態	内容
1 時限目	第1回・実験①, 実験②	教師による演示	実験①指示薬によるヨウ素デンプン反応の確認
		小集団での確認（小集団）	実験②ベネジクト反応の確認
	第2回実験プランニング	クラス全員（小集団）	だ液のはたらきを確認しよう
2 "	第2回実験	小集団での確認（小集団）	ヨウ素デンプン反応とベネジクト反応
	第3回実験プランニング	クラス全員	酵素のはたらきの疑問点をあげる
		小集団（各個人）	1疑問点を1実験としてプランニング
3 "	第3回実験とまとめ 実験結果の発表	小集団（各個人）	プランニングに基づいて実験
		小集団（小集団）	実験のまとめと結果発表
4 "	これまでの実験の総括	クラス全員	消化酵素のはたらきを確認する

- (1) 実験プランニングでは、教科書の実験方法を見てまねるのではなく、実験の方法を考えるプロセスを大切にし、また考えて話し合う討論の時間を確保して計画を立てることを重視している。
- (2) 大学生は90分2コマの授業として1日で授業を行った。表1のカッコ内の活動形態は、大学生の場合の活動主体者を示している。
- (3) 1つの実験テーブルで行う3～4名の受講生を小集団と呼ぶ。単なる実験グループではなく、小集団のメンバーは各自の役割を持ち、1つの集団を形成している。小集団の集合体がクラス全員である。
- (4) 小集団における役割は、主に次のA～Dの4つとし、メンバーがそれぞれの役割を意識して行動し、全体

としてのプランニングと実験活動が円滑に進み、機能することをねらいとする。3人のグループではAとDを兼ねるなど状況に応じて工夫を行う。

A:司会進行役, B:記録係, C:活動の管理(実験中のタイムキーパーなどの重点項目担当)  
D:ムードメーカー(全体の流れを見て、活動が進むような補助や励ましの声掛けを行う)

## 2. 第1回実験, 教師による演示実験と小集団での実験

### (1) 実験①: 教師の演示による指示薬の確認

食物中の炭水化物(デンプン)は、だ液から分泌されるアミラーゼにより分解されることを、小学校6年「人と体のつくりと働き」ですでに学習している。また、実験前の講義の中でも復習した。物質の変化は、指示薬の色の変化により確認できるので、教師の演示実験により、デンプンが存在すると、指示薬のヨウ素液が青紫色になることを確認した。

### (2) 実験②: 小集団での指示薬によるベネジクト反応の確認

生徒たちはデンプンが糖に変わることを学んでいる。それを確認する指示薬について全員に問いかけると、すぐにベネジクト溶液と返答があった。そこで、小集団で、だ液入りのデンプン溶液のベネジクト溶液による色の変化を確かめ、さらに、実験①で用いたヨウ素溶液の色の変化も確認した。また実験方法の図を黒板に書き、全員の共通理解を得た。図1に、ヨウ素デンプン反応とベネジクト反応の様子を示す。



図1左: ヨウ素デンプン素反応 右: ベネジクト反応

## 3. 第2回実験プランニング: だ液のはたらきを確認しよう

第1回実験で確認した指示薬の色の変化を根拠に、教科書を見ないで、だ液のはたらきについて確認する実験方法を考えた。デンプンと糖の存在は、色の変化により確認できることに気づけば、デンプンはだ液により分解され、さらに糖に変化することは確認できる。その方法を問いかけて、クラス全員で考えた。実験方法として、だ液入りとだ液なしのデンプン溶液について、指示薬で調べればという意見がでた。そこで、小集団で対照実験として実験の図を考え、プリントに記入した。その際、比較実験を前回の実験②を参考にし、図2のように小集団で実験の方法・実験の図を完成させた。

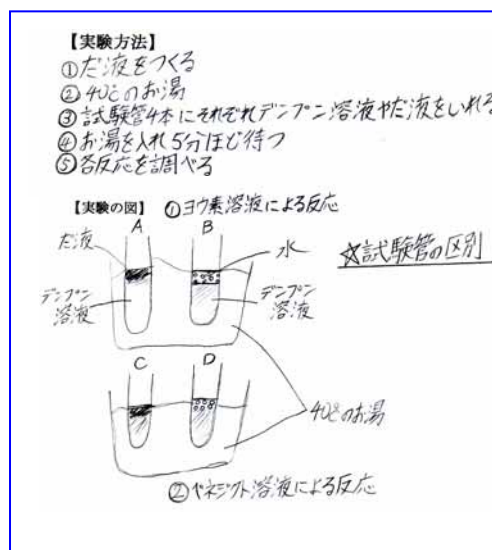


図2 小集団で考えた実験の方法

## 4. 第2回実験: だ液のはたらきを確認しよう

実験プランニングに沿って、小集団で実験を行った。だ液入りとだ液なしの試験管を区別するため、小集団ごとに工夫して様々なシールを貼っている。図3は一例であるが、どの方法がわかりやすいか、他の小集団の方法を見て気づき、区別の仕方も大切であることがわかる。だ液入りとだ液なしのデンプン溶液に、始めからヨウ素液とベネジクト液を入れたため、時間とともに試験管Eの色は青紫色から薄れた。約10分してから、2つの反応を調べることを確認したが、計画段階で手順を間違えた。しかし結果として、変化の様子を観察でき、この方法も間違いではないこと、方法は1つではないことも知った。図4の生徒の感想にも、実験が成功したことや、小集団で実験を成し遂げた喜びが記されている。主体的に取り組み、達成感を味わうことが重要であり、これにより生徒は、知識を実感の伴った科学概念として形成していくことができる。尚、

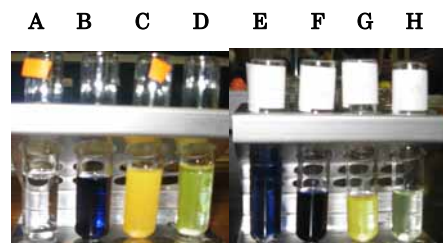


図3 左: だ液入りのにのみシール A, C 右: すべてにだ液の有無を記入

図3の左右では、だ液入りのデンプン溶液ではベネジクト液により、試験管Cは赤褐色に、試験管Gは黄色に、

【実験の感想】  
 ヨウ素液を入れるタイミングがまちがえてしまったけれど、それはそれでよかった。準備や片付けは素早くできた。最終的にはよい結果を得られたと思う。  
 じょじょに透明になっていったので、少しずつ分解される

ヨウ素液では試験管 A は透明に、試験管 E は薄く青紫色が残っている。図 3 のように、ミニ試験管を並べて比較しながら色の違いについて考えることも必要である。

【実験の感想】 実験の計画、方法、手順、結果などについて  
 ときはきずんだことには、すんだのですか、  
 班でいろいろもめたりして時間をかけてしまったのがと悔しいです。  
 結果もいかに出すこともできました。失敗とかもなく安全な実験ができたのでよかったです。

5. 第 3 回実験プランニング

第 2 回実験から、だ液がデンプンを分解することは理解できたが、実験結果に疑問も残った。全員で疑問点をあげて明確にしていくと、それを解決するための実験が必要になった。

図 4 生徒の感想より

- ①最適温度は本当に体温近くなのか (第 3 回・実験 1. 最適温度について)
- ②反応はどれくらいの時間で起こるのか (第 3 回・実験 2. 反応時間について)
- ③糖の粒子はデンプンより小さいのか (第 3 回・実験 3. 粒子の大きさについて)

①～③の疑問を、次回の実験テーマとしてとりあげた。しかし、ある生徒から意外な発言があった。本当にだ液はデンプンしか分解しないのか、他のものは分解しないのかという内容であった。想定外であったが、生徒から出た意見として尊重し、取り入れることにした。疑問に思ふ気持ちを外部に発信し、その疑問を解決し、より明確な概念、知識を獲得することが大切であると考えた。

- ④アミラーゼはデンプンしか分解しないのか (第 3 回・実験 4. アミラーゼの分解可能な物質について)

第 3 回実験では、以上の 4 つの疑問点をとりあげた。表 2 に示す 4 つの実験を考え、小集団ごとに各実験についてプランニングを行い、検証する活動である。

表 2 各実験の内容

実験1	実験2	実験3	実験4
最適温度	反応時間	粒子の大きさ	分解可能な物質
0℃,40℃,80℃の各温度における反応の違いを比較	だ液を入れたデンプン溶液のヨウ素デンプン反応の時間変化を確認	①だ液によるオブラートの変化を確認 ②分解された半透膜をデンプンが通過するか調べる	アミラーゼは、デンプン以外のものとしてゼラチン(タンパク質)を分解できるかを調べる

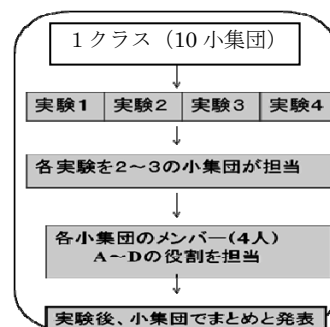


図 5 第 3 回実験活動

第 3 回実験の流れを図 5 に示す。1 クラスに 10 小集団があり、1 つの実験を 2 ～ 3 の小集団が担当する。各小集団は実験テーマについて、これまでの実験方法や手順をもとにプランニングを行い、役割分担に基づき実験を行う。実験後は小集団で話し合い、結果をまとめ発表した。さらに次の授業において最後のまとめも行った。

小集団の各メンバーが各自の役割に責任を果たし、第 3 回のプランニングと実験はスムーズに進行した。自らが発した疑問を自分たちで解決する機会を繰り返すことで、考えることを習慣づける、すなわち科学的思考力、判断力のもととなる考える力を養うことをねらいとしている。また、実験を成し遂げるにはメンバーとの協調性と、一人一人が責任を果たす意志と自己責任能力が必要である。仲間との相互作用による実験活動を継続する中で、それらを育むことも目標としている。活動においては、各メンバーの役割を決めて意識付けを行い、担当の役割について責任を果たすことを習慣づけていく。プランニングは、自力では難しくても、簡単なアドバイスをこれまでの実験方法を参考に、小集団での話し合いによって可能となる範囲の内容を基本とする。図 6 は、生徒による実験 1 のプランニングの一例である。

6. 第 3 回・実験 1 最適温度



図6 実験1プランニング

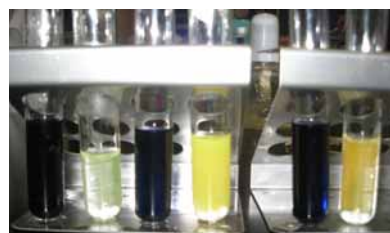


図7 温度による変化 (小集団 A)



図8 温度による変化 (小集団 B)

実験プランニング後、提出したプリントをチェックして返却し、本番の実験を行った。実験ではデンプンが糖に分解される温度に注目した。すべての試験管に指示薬を入れ終わるまでの時間が小集団によって異なるため、反応に差が生じ、色の違いとなって表れた。例えば、図7では、0℃においてヨウ素デンプン反応だけが見られ、40℃ではヨウ素デンプン反応もベネジクト反応も見られる。80℃ではベネジクト反応が少しみられ、ヨウ素デンプン反応も40℃の場合より明らかに濃い結果が得られた。このことから、40℃で最もデンプンから糖に分解が進んでいることが確認された。図8においても、40℃で最もデンプンが糖に変化したことが反応の色より確認できる。試験管を放置すると、さらに色が変化した。0℃、80℃いずれの場合も、温度が室温に近づくと、溶液の色も40℃の状態に近づく。色の変化に気づき、なぜ色の違いが見られるのか疑問に思い、その理由を考え、探究することが必要である。そのことで、より正確な実験を考えるきっかけにもつながる。また、明らかに予想と異なる結果の場合にも、ミニ試験管を用いたマイクロスケール化した実験であるため、再実験も時間的に可能である。疑問に思ったらすぐに調べてみることを、科学的な解決策をとることが重要である。

## 7. 第3回・実験2 時間の経過

デンプンが糖に分解されるまでの時間を知るため、時間による溶液の変化を調べた。図9からもわかるように、ある小集団では、完全に分解されるのに10分間必要であった。図10に示す生徒の考察でも「ヨウ素液の色がうすくなったことから、デンプンがだ液によって時間と共に分解されることがわかった。」と記述されている。さらに、「今回はスムーズに全員が方法や手順を把握して実験ができました。この実験は勉強になった。」と感想を述べ、「今回は他の人の進行やサポートも少しずつできたのでよかった。」と自分の役割を自覚し、責任を果たす努力をしたことが、図10の実験プリントから読み取ることができる。

## 8. 第3回・実験3 粒子の大きさ

この実験では、デンプンは分解され粒子が小さくなることを確認した。実験を担当する小集団のみ、確認方法についてアドバイスを与えた。小さくなったことを視覚的に確かめる方法はないか、視覚的にさらに小さくなくてもデンプンの固形物は残らないのか、というところまで考えを引き出した。しかし、確かめる方法について考える時間的ゆとりもなく、また質問した直後でもあり、だれも思い浮かばなかった。もう少し考える時間をとれば、方法を引き出すことができたかもしれない。考える機会を取り入れ、思考力を高めていきたいが、生徒にとっても様々な知識の広がりが必要となる。今回、視覚的に確かめるために、デンプンでできたオブラートを使用し<sup>8)</sup>、シャーレの中でヨウ素液をかけたオブラートの、だ液の有無による変化の違いを比較観察した。図11のように、だ液なしの場合には変化はないが、だ液を含むオブラートは時間とともに分解されて溶けて小さくなった。次に、

シャーレの中の水溶液を少しとり、ヨウ素液とベネジクト液を加えて、反応を確認した結果が図 12 である。図 13 はある生徒が実験プリントにまとめた結果である。

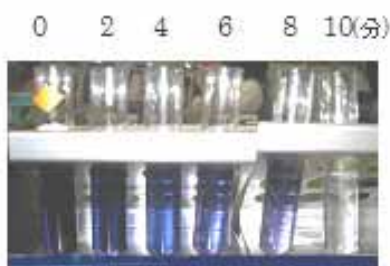


図 9 実験 2 の色変化の時間経過

【結果】実験の結果を表にまとめる。

時間(分)	0	2	4	6	8	10
色の変化	濃い	ヨウ素液の色がうすくなっていく				薄い

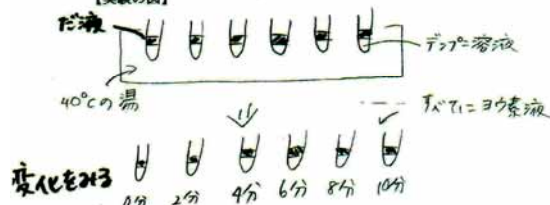
【考察】結果からわかること。推測できること。

ヨウ素液の反応がうすくなったことから、デンプンが「だ液」によって、時間がたつと共に分解されていたことが分かった。

【実験方法】

- ① デンプンと「だ液」を入れた試験管を 6 本用意する。
- ② 6 本の試験管にそれぞれヨウ素液を入れる。
- ③ 40℃の湯に入れて、0分 2分 4分とヨウ素液の反応を見ていく。

【実験の図】



【実験の感想】実験の計画、方法、手順、結果などについて

今回はスムーズに全員が方法や手順をばあくして、実験できました。自分でもこの実験は勉強になった。

【小集団での自分の役割について】自己評価 A~Cで記入(A

今回は他の人のサポートや進行も少しづつできたのでよかったです。

自己評価 (A, B, Cで記入)

実験計画	実験作業	レポート	全体の評価
B	A	A	A

図 10 実験 2 の方法 (左) と結果 (右)

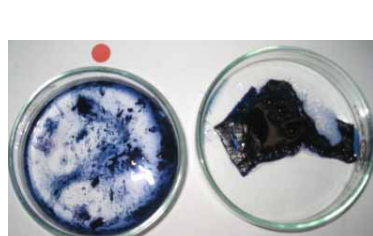


図 11 左: だ液入り、右: だ液なしのオプラー特 (中学生の実験結果)



図 12 ヨウ素デンプン反応(AとC)とベネジクト反応(BとD)

	ヨウ素液	ベネジクト溶液
だ液	無色	黄色
水	青紫	無色

オプラー特の形	だ液	水
	とろとろにとけた。	そのまま同じ。

図 12 ヨウ素デンプン反応(AとC)とベネジクト反応(BとD)より

さらに、時間的に可能なら、もう 1 つの比較実験を同時に行うことを提案した。小さくなった粒子だけを通わせる半透膜に、ヨウ素液と共にデンプン溶液を入れ、だ液の有無による違いを比較した。シャーレ (直径 5cm) に少量の蒸留水を入れ、オプラー特や半透膜が乾燥しないようにした (図 14)。半透膜に入れただ液なしのデンプン溶液には変化なく、一方、だ液を含むデンプン溶液は分解され、青紫色から透明に変化した。

そこで、デンプンは分解されると小さい粒子の糖になり半透膜を通過するので、シャーレの水溶液をミニ試験管に取り、ベネジクト反応を確かめたが、反応は見られなかった。ベネジクト反応が見られないのは、全量が少なく、糖の量も少なく、ベネジクト反応を十分に確認できなかったと推測した。そこで、その後の大学生の授業では、より小さなセルプレートに変更して行った結果、ベネジクト反応を確認することが出来た (図 15, 表 3)。

### 9. 第 3 回・実験 4 分解可能な物質

アミラーゼはデンプンだけを分解すること、すなわち、デンプン以外は分解しないことを確認するため、タンパク質であるゼラチンとデンプンの分解を調べる実験を提案し、プランニングを小集団で行った。図 16 は 2 つ

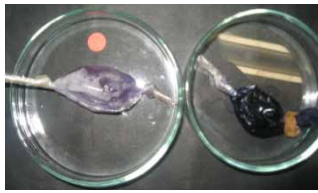


図14 半透膜を用いた実験とまとめ (中学生の場合)



図15 セルプレートでの実験 (大学生の場合)

の小集団のプランニングによる実験方法の図である。左は第2回実験を参考に対照実験を考えている。この小集団では、試験管AとCにヨウ素液を入れ、BとDにベネジクト液を入れ、比較検討を行った。右は間違った図であるが、不十分なプランニングであることを小集団のメンバー全員が後で気づき、訂正している。小集団で話し合い、プランニングを行うことで、概念を明確にし、思考力を培うことが出来る。図17は他の小集団の結果であるが、試験管AとCでヨウ素デンプン反応を、試験管BとDでベネジクト反応を調べた。ヨウ素デンプン反応から試験管Aのデンプンの存在を、さらにだ液により試験管Bでは、糖に変化したことをベネジクト液により確認した。試験管Cにはデンプンは存在せず、試験管Dからも糖は確認されなかった。

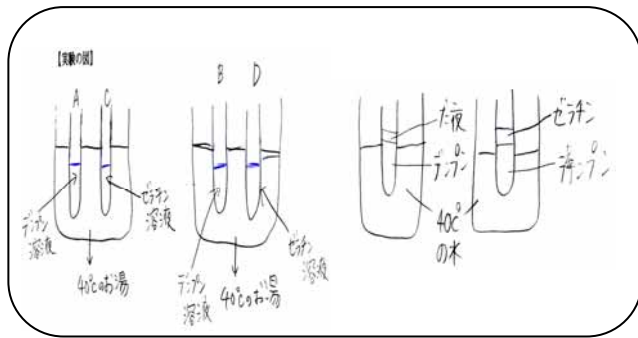


図16 生徒によるプランニングの図

実験4では、だ液中のアミラーゼによってゼラチンが分解されているのか不明であるので、そこで実験4を改良し、4組の生徒を対象に再実験を試みた。実験方法は、今までと同様に、セルプレートを用いて、実験3と同様にデンプンであるオブラートと、タンパク質の固めたゼラチンを使用した。それぞれにだ液と水に溶かしたタンパク質分解酵素であるペプシンを加え、どのように変化するか調べた<sup>8)</sup>。ゼラチンには食紅で色をつけ、オブラートのセルの下には黒画面紙を敷き、識別しやすく工夫した。実験結果を図18および表4に示す。

表4 実験4の結果のまとめ

第3回実験4	だ液 (アミラーゼ)	ペプシン
たんぱく質 ゼラチン	X	O
でんぷん オブラート	O	X
結果	たんぱく質はペプシンで分解され、 でんぷんはだ液 (アミラーゼ) で分解される。 分解されたらO・分解されていないXで表示 よって消化酵素は分解する物質 がそれぞれ異なる。	

10. これまでの実験の総括

消化酵素のはたらきについてまとめを行った。図19は実験の様子である。4つの実験後に小集団でまとめをし、図20のように実験結果をスクリーンに映し、発表を行った。

表3 実験3の結果のまとめ

オブラートの形		
	だ液 (アミラーゼ) 入り	水のみ
オブラートの形	分解される 形がのこらない	形がある
結果	だ液にはデンプンも分解が働きがある。	

ビスキングチューブ (半透膜) に入れた場合		
	だ液 (アミラーゼ) 入り	水のみ
色の変化	透明	ヨウ素液の色→青紫
結果	だ液がデンプンを分解して透明になった。だから、アミラーゼはデンプンを分解が働きがある。	

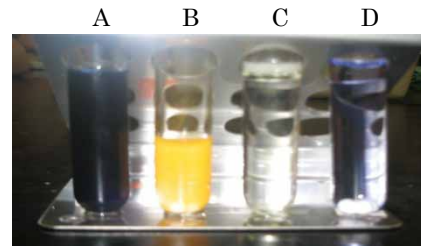


図17 デンプン(A,B)とゼラチン(C,D)

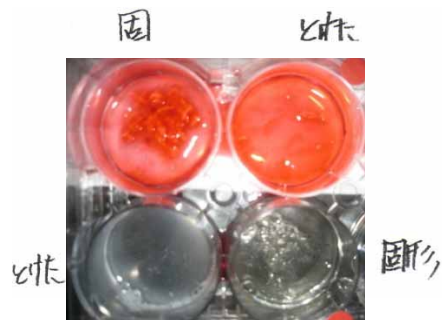


図18 ゼラチン (上段) とオブラート (下段) のアミラーゼとペプシンによる分解



#### IV. 生徒の実態調査

実験終了後にすべての授業についてアンケートを行い、中学生 102 名、大学生 20 名から回答を得た。中学生はこれまで通常のスケールの実験器具を使用しており、今回のようにマイクロスケール実験用の

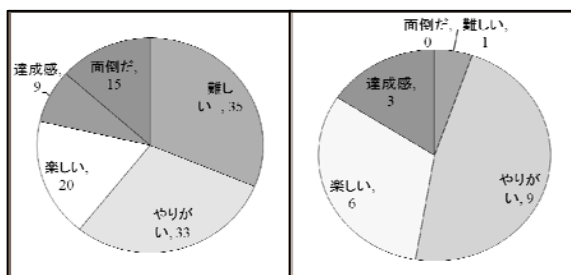


図 19 実験の様子



図 20 実験後の発表の様子

小さなスケールの試験管などを使用するのは初めてであった。そこで、まず小さな器具の取扱いについて尋ねたが、不便さを感じている生徒は少数であった。一方大学生はすでに化学実験の授業で小さな器具を使用し慣れているため、むしろ使いやすいと考えており、使いにくいと答えた学生はいなかった。中学生も使用回数が増すにつれ扱いに慣れ、使いやすい器具となる可能性もある。現時点において、小さな器具の使用に関する問題はないと考えられる。



中学生 大学生  
図 21 実験プランニングの感想 (数字は人数)

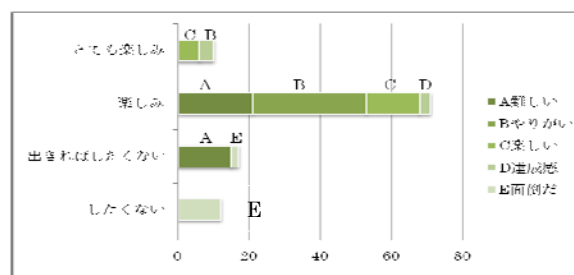


図 22 次回の実験プランニングについての感想と理由 (中学生の場合)

次に、実験のプランニングを行うことについては、図 21 に示すように、中学生は難しい、やりがい、楽しさを感じ、大学生になると、難しいが減って、やりがいや、楽しさ、達成感を強く感じている。またプランニングを行うことが難しい、あるいは楽しいと感じている中学生が、“次回”の実験プランニングについては、どのように思っているのか調査した。その結果、生徒たちの多くが次回の実験プランニングも楽しみにしていることがわかった (図 22)。理由として、難しいけれど楽しみであり、やりがいを感じていること、また決して難しいからしたくないとは思っていないことに注目したい。中学生に対する調査より、消化酵素の最適温度などの働きを問うすべての質問に完答できたことから、科学的知識を深めることができたと推測できる。

また、「消化酵素の働きから食事のとり方について」という質問では、中学生は「しっかり噛んでだ液をたくさん出す」「よく噛んで、ご飯にあるデンプンを糖に変えて食べる」と記述している。大学生の場合も「時間をかけてご飯を食べるように言われた意味を今一度理解した」と、学習を通して、よく噛んで食べることの大切さと、自分のからだの働きを再認識したことが記されている。理科での学習を単なる知識の獲得に終わらせることなく、生活していく上での科学的な根拠となる知識の習得であることが望まれる。

#### V. おわりに

今回の実験プランニングを通して、生徒たちは楽しいだけの実験ではなく、少し難しくてもやりがいのある実

験に満足感と達成感を感じ、考えることによって、科学的思考力、判断力、表現力を、さらには科学リテラシーを獲得していくと確信した。また、小集団の中で自分の考えを伝えながら、仲間との相互協力の重要性や伝えることの難しさも学んだ。生徒たちと、今後もプランニングの練習を継続しようと約束し単元を終えた。

21世紀は新しい知識・情報・技術の重要性が増し、知識基盤社会化やグローバル化が進むと言われている。しかし一方で、生徒の科学離れや学力低下が社会問題ともなっている。このような状況の中で自己の能力を発揮するには、課題解決のための科学的な知識とそれに基づく思考力や判断力、および他者に伝えていく表現力が必要となる。科学的な理解を深め、明確な知識を獲得することが思考力、判断力につながる。その昔、「知識は力なり」といったロジャー・ベーコンも「科学の基盤は、綿密な観察と実験の蓄積によって得られる経験的事実でなければならない」と述べた。単なる知識の注入ではなく、実感を伴った具体的操作的活動を通して概念の明確化を図ることが重要である。理科の学習においては講義と実験の両輪により科学的理解力を深め、科学リテラシーを育てることが必要である。また、学習には仲間との相互作用が不可欠であり、「生徒は仲間と問題を共有し、それらの問題に関わる談話と活動に携わることによって、知識と理解を構築する」<sup>9)</sup>と考えられている。

実験活動はまさに他者との関わりを必要とする社会的活動であり、その中で知的な能力を発達させることが出来る。そこで、生徒自身が主体的に取り組み、小集団で全員が共に考えて進めていく実験を目指し、実験プランニングに取り組んだ。実験を通して人と関わる楽しさと重要性に気づき、積極的な交流により協調性や表現し伝達する力、小集団の中で果たすべき自己責任能力などを養うこともねらいとしている。

実験プランニングの能力を高めていくには、似たような課題に対しては蓄積した知識を活用し、さらに問題を吟味し解決を図るという経験を繰り返し積むことが必要である。しかも与える課題は、これまでの知識を概念化して考えられる程度、すなわち話し合うことによって解決できそうな領域に留めておくことが重要である。現在、次の単元でも、マイクロスケール実験を用いて、実験プランニングを行っているが、誰一人実験プランニングをいやだという生徒はいない。生徒の調査結果からも、難しいがやりがいと満足感を感じ、次回を楽しみにしていると回答したことが最も大切と考える。考える力の育成により、様々な場面で活用できる思考力、判断力、そして表現力を培っていくことを望んでいる。

## 参考文献

- 1) OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA2006) 文部科学省  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/07032813.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/07032813.htm)
- 2) 佐藤美子, 芝原寛泰 「環境にやさしい理科教育実験—中学校理科におけるマイクロスケール実験の実践例—」 京都教育大学環境教育研究年報, 第17号, p.15-27, 2009年
- 3) 文部科学省「中学校学習指導要領解説 理科編」2008年
- 4) ジョンソン, D.W 著, 杉江修治他訳, 「学習の輪—アメリカの協同学習入門—」 p.48, 二瓶社
- 5) 佐藤美子, 芝原寛泰, 「中学校理科における酸とアルカリの中和反応に関する授業実践例—マイクロスケール実験を用いて—」 日本理科教育学会近畿支部大会発表論文集, p48, 2008年  
佐藤美子, 芝原寛泰, 「考える力の育成を目指す生徒による実験プランニング—マイクロスケール実験による中学校理科「だ液の働き」を題材に—」 日本理科教育学会全国大会発表論文集, p103, 2009年
- 6) マイクロスケール実験の説明および実践例は以下のURLを参照  
<http://natsci.kyokyo-u.ac.jp/~shiba/html-KMSchem/index.html> あるいは  
<http://science.icu.ac.jp/MCE/>  
<http://WWW.smallscalechemistry.colostate.edu/>
- 7) 「3. 生命を維持するしくみ」 指導書詳説 理科2分野 p.321, 啓林館
- 8) 「化学を楽しくする5分間」 p.117 化学同人 2003年
- 9) 植田一博・岡田猛編著「協同の知を探る—創造的コラボレーションの認知科学—」 p.108, 共立出版  
本研究は科研費 (基礎研究C 課題番号 20500753, 代表者 芝原寛泰) により実施された。