

化学Ⅱにおける課題研究実施の諸問題

山田 雅明

学習指導要領の改訂に伴い、高等学校理科では観察・実験を重視し、科学的な思考力を育成するために、新しく探究活動や課題研究が位置づけられた。課題研究は自然探究という科学の最も重要な部分の学習に有効な方法であるとともに、生徒自らが主体的に、そして創造的に学習に取り組むことを目指したものである。

本校では、これまでに探究活動や課題研究の実践が多数行われ、一定の成果をあげてきた。課題研究はより幅広い探究活動であり、それを進めるに当たっては ①科学的に探究する方法、②課題の設定、③問題解決の能力の育成、④調査・研究の実施方法、⑤調査・研究の成果のまとめと発表⑥評価 など様々な留意点があげられる。今回は高校3年次において、単元「酸化還元反応」終了時に課題研究を取り入れ、生徒へのアンケート結果をもとにその意義と実施に当たっての問題点を検討してみた。

1. はじめに

これまでのわが国の理科教育の現状は知識中心の授業がなされてきたのは周知の事実である。よって理科教育の持つべきもう一つの側面、たとえば科学的思考力や態度、創造性の育成、科学的探究活動、自然観察、科学愛好の精神の高揚などの面では必ずしも十分な成果をあげておらず、わが国の理科教育の欠点ともなっている¹⁾。また、そのことは理科の面白さが理解されず、徐々に生徒の理科離れが進行している原因の一つになっている。当校におけるアンケート調査においても高学年になるにつれて理科が好きである割合が漸減していることがわかった²⁾。

このような現状を打破するためには、授業の形態の改善が必要であり、本年度から実施されている高等学校の新教育課程における理科の目標の中にも観察・実験の重要性と科学的に探究する能力と態度を育てることが強調されている。そして、そのような自然探究の新しい学習方法として、物理Ⅱ、化学Ⅱ、生物Ⅱ、地学Ⅱにおいて課題研究が位置づけられ、生徒自らが課題を探究し解決することによって科学的思考力や創造性を高められるとして期待がよせられている。

2. 単元「酸化還元反応」終了時における課題研究の実践

今回は化学Ⅱの実施に先立ち、高校3年次において、単元「酸化還元反応」終了時に課題研究を取り入れ、生徒へのアンケート結果をもとにその有り方を探ってみた。化学分野の中でも「酸化還元反応」の単元は、生徒にとって電池をはじめとして疑問点を持ちやすいところである。また、身近な材料で実験できるものも多く、実験自体も電圧や電流の強さなど定量的に測定でき興味深い。そこで、単元終了後に生徒の持つ疑問点を課題として取り上げさせ、問題解決させようと試みた。実施したクラスは高校3年生の理科系の選択クラス（生徒数48名）で、実施時期は1学期期末考査後である。単元の終わりに生徒の抱いていた疑問点を課題として考えさせ、二人以上五人以内の班ごとに課題研究を実施した。中には個人で調査研究を申し出た生徒もいたが、それも認めた。それぞれのテーマは次のようなものである。

◇ 各班の課題研究のテーマ

研 究 テ ー マ	研 究 の 内 容
イオン化傾向の確認	いろいろな金属の中から2種類を電極とし電解液の中に浸し、その電位差を測定することによりイオン化傾向を確認する。
電池における極板の種類と起電力の関係	過酸化水素水を加えた希硫酸水溶液に2種類の電極を浸し、極板の種類と起電力の関係を調べる。
手作り乾電池	乾電池をつくり、加えた電解液と起電力の関係を調べる。
鉛蓄電池の製作とそれを用いた硫酸水溶液の電気分解	鉛蓄電池を製作し、それを用いて希硫酸水溶液を電気分解し、ファラデーの法則を検証する。
太陽電池について調べる	太陽電池の歴史、仕組みを文献で調べる。
電池について調べる	電池の歴史と仕組みを文献で調べる。
目に見える酸化・還元反応	様々な酸化・還元反応において色の変化を観察する。
簡単な電池をつくる	いろいろな電池をつくり電池に対する理解を深める。
果物電池をつくる	レモン、林檎、西瓜、葡萄などに2種類の金属を差し込み電池をつくり、その起電力を調べる。
蜜柑電池をつくる	蜜柑電池をつくり、極板を変えその起電力を調べる。
鉄くぎのさびについて	いろいろな条件のもとで鉄のさび方をしらべる。
銀鏡反応における酸化・還元	ぶどう糖水溶液で銀鏡反応を行い、酸化・還元の仕組みを考察する。

3. 課題研究の意義に関するアンケート

今回の課題研究を実施したクラスでその意義と満足度についてのアンケートを行った。

(1) 課題研究の意義に関するアンケート

「課題研究は普段の実験と比べて実施する価値があると思いますか。」という問いに対しては

非常にある (25%)	少しある (52%)	わからない (13%)
あまりない (6%)	全くない (4%)	

のように答え、大部分の生徒は実施の価値を認めている。また、さらに「今回実施したような課題研究は興味深いと考えますか。」という問いに対しては

大変興味深い (21%)	まあまあ興味深い (35%)	ふつう (21%)
あまり興味深くない (19%)	全く興味深くない (4%)	

と回答しており、およそ半数以上の生徒が興味深いものであったとしている。

次に、その理由を次の①～④にまとめてみた。

① 実際に実験することの大切さを再認識する。

- ・理論だけでしか知らなかったことを実際に体験することによって理解が深まる。
- ・自分がよく理解していないところを研究することができ、大変興味深い。
- ・普段細かな点まで考えて学習していないが、今回は課題研究をすることで自分自身で考えることができた。
- ・分からなかったことが実際、実験をやってみることでよく分かった。
- ・あまり普段このような機会がないので、大変興味深かった。

② 自分が興味あることを自由に実験できる。

- ・範囲が決まっているとはいえ、好きなことができるので興味深い。
- ・自分で興味あることを好きなように実験できる。
- ・自分の興味あることだけに時間を費やせるから。
- ・自由に実験できるから。
- ・自分のやってみたいことを追求できるから。

生徒はある程度自由度のある実験を期待しているようである。画一的で結果が見えているような実験よりも一歩踏み込んで自分の興味ある事、疑問に思うことを自由に実験によって追究したり検証したりすることを望んでいるようである。

③ 自分の将来に役立つ。

- ・物事の根本的な性質を知っていれば、将来、大いに役立つように応用できると思うから。
- ・自分の知識が実際にどのようなものか知る上で役に立つし、研究課題を究めることで創造性が磨かれるように思うため。

④ 実験の手順を自分たちで考えることに意義がある。

- ・やり甲斐があるが、何をするかを考えるのがつらい。
- ・自分たちで必要なものをすべて調べなければならないので役に立った。

本校で実施している化学実験では準備物はすべて用意されているものを使用し、実験内容も全て教師側が準備したプリントの内容にそって行うというものである。よって、生徒が何のための実験であるかを認識せずただやってみて結果は後から考察するというケースが多い。それに比べて今回の課題研究は自分で実験の準備から始めなければならず、実験本来の趣旨がよく理解できていないと何もできないのである。自らが課題をもち、自らがそれを解決していくことは実験

の内容を生徒自らが考えることから始まるのである。そのとき、教師は実験方法に対して適切なアドバイスをしたり、予め実験に必要なものを予測し準備しておく必要があるのはいうまでもない。逆に次の⑤～⑦のように否定的な意見もあったので以下に示しておく。いずれも課題の設定に問題があるようで、今回の課題研究の反省点でもある。

⑤ 実験の目的がはっきりしない

- ・目的がはっきりしなかった。
- ・まだよく理解できてない分野だったので、何をやっているのか分からなかった。

⑥ 課題の限定やグループ研究のため自由度がない。

- ・課題を限定されているのが嫌である。自由研究のほうが良い。
- ・グループ研究をした為、自分の理解を超える範囲の実験を行わざるを得なくなって全く身につかなかった。

⑦ その他

- ・楽しいけれど、私たちくらいの知識だと、大したことができないので、そこがつまらない。
- ・大発見ができず、つまらなかった。
- ・どうせ分かっているようなことを実験したので、興味がわかなかった。
- ・化学の実験にはあまり興味もてない。
- ・深い考察が必要とされる実験ではないと思ったから。

(2) 課題研究は役に立つかどうかのアンケート

「課題研究は大学受験に役立つと考えますか。」という問いに対しては

非常に役立つ (6%) 少し役立つ (27%) わからない (33%)
あまり役立たない (21%) 全く役立たない (13%)

と回答している。

さらに「課題研究は自分の将来に役立つと考えますか。」という問いに対しては

非常に役立つ (13%) 少し役立つ (19%) わからない (49%)
あまり役立たない (15%) 全く役立たない (4%)

と回答している。また、役に立つ理由としては次のようなことをあげている。

- ・こういう形での研究というものは、自分が高校で学んだことについてよりよく頭の中に残ると思うから。
- ・課題を自ら定めてそれを研究するという行いそのものが自分の将来の希望である。それゆえに、このようなことで慣れさせるのは是非とも必要であると思う。
- ・大学でこのようなことをやりそうだから。
- ・興味をもったものを研究することは自分も楽しいし、より深い勉強ができると思う。
- ・自分で予想をたて、それを確認することは研究のためには絶対に必要だから。
- ・自分で目的意識をもって研究課題を決めるのは良いことだと思うから。
- ・大学では自分でテーマを見つけて研究するそうであるから、そういう面で少しだけ役立つだろうと思うが、個性的な実験が高校ではやりにくい。
- ・実験をするのに、筋道の立て方や準備の仕方が経験できてよかった。
- ・研究のプロセスを学ぶことができる。

課題研究が将来役に立つと考えている生徒が32%しかいなかったのに対して、役立たないと回答した生徒が19%、わからないとした生徒が49%もいたことは意外であった。本校生徒の知識優先で研究に対する姿勢に問題があるのか、課題研究の実施方法に問題があるのか、検討を要するが、課題研究実施にあたっての重大な課題が残されたといえよう。ただ、課題を与え、自由に研究させるという安易な実施では、課題研究の教育効果はあまり期待できないのではなかろうか。

(3) 今回の課題研究の結果の満足度のアンケート

「1学期期末試験後に実施した課題研究の結果は満足できるものでしたか。」に対して

大変満足している (4%)	まずまず満足している (29%)	わからない (16%)
少し不満足 (31%)	不満足 (23%)	

生徒は課題研究は意義があると認めながらも、今回の研究に対する満足度は必ずしも高くはなかった。その理由として、①課題の設定がまずかったこと、②施設、実験、器具などの不足から計画通りの実験ができなかったこと、③実験に対する期待とは逆に成果が思わしくなかったことが考えられる。以下に課題研究を終えた後の生徒の感想を示す。

【イオン化傾向の確認の研究において】

授業で学習したイオン化傾向を確認するというこで、一番簡単な実験を選んだつもりである。しかし、それぞれの金属の表面が酸化していて思惑通りの結果が得られなかった。実験は失敗したが、自分達の手で実際に確認できたので良かった。電池の話で一番初めからつまづいていた私にとって大きな収穫であった。

【目に見える酸化・還元反応の研究において】

2時間かかって実験を終えたとき、「ああ、やれやれ。」というのが正直な感想である。私は昔から実験が好きで、選択で化学を選んだのも、それが理由の1つであったが、自分で資料を探し、道具は何があるか調べ、溶液を作るのがどんなに大変であるか、これほど強く感じたことはない。普段の実験はすべて準備してもらっているからこそ、スムーズに実験が進んでいるのだ。準備されている方に感謝しなければならない。一番嬉しかったのは色が思ったように変化してくれたことである。まるで小学生のようだが、何かさっと変わっていくものを見ると理論的にどんなに単純なものでも、心が引きつけられる。不思議だということから、その仕組みを知りたいという知識欲が起こり、それが化学の進歩につながったのかなと考えているうちに、なんだか2学期の化学に対する意欲がおほろげながらも感じられた。

【鉛蓄電池の製作とそれを用いた硫酸水溶液の電気分解の研究において】

実験内容が濃かったので、最初の電池をつくる時点でつまづいてしまったから、その後にやる実験もうまくいかなかった。もう少し、実験を簡単なものにすればよかった。この実験によって、実験をやる前より、少しは電池に関して知識を得たので、それなりに意義のあるものだったと思う。実験をきちんと行うには相当厳密にやらねばいけないことが分かった。昔の化学者はすごいと思った。

4. 課題研究の実施にともなう問題点

課題研究の実施にともなう問題点は数多くある。今回は課題の与え方、実施時期、実施の形態、実験準備の有り方、事後指導を取り上げ、生徒へのアンケート結果を踏まえながら、それらについて一つずつ検討してみた。

(1) 課題の与え方

課題研究とは生徒一人一人が自ら課題を持ち、自らの意志で主体的に学習に取り組むことを目指したものである。生徒を有意義な問題解決の学習に導くことができるかどうかは、課題の与え方によるところが大きい。通常、教師が生徒に課題を与える方法としては次の三つが考えられる。³⁾⁴⁾

① 課題が教師により設定され指示される場合

- ア. 一斉授業のように教師から与えられた一つの課題をどの生徒も同じように研究する場合⁵⁾
- イ. 複数の課題が教師により指示され、その中から生徒が自らの課題を興味、関心に応じて選択し研究する場合⁶⁾

② 課題それ自体を生徒に発見させ、それを追究させようとするもの⁷⁾

③ 単元のまとめとしてさらにその内容を発展させるために設定されるもの⁸⁾

課題研究の趣旨からすれば当然②のように生徒が自分自身で課題を発見し、計画の立案から課題解決まで、すべて自分で研究を進めていくことが望ましいが、その際次のような問題点が生じる。

- ア. 一定の成果が得られそうもないテーマを設定する。
- イ. 自分の理解度を越えたテーマを設定する。

ウ. 学校では設備が無いのでできそうもないテーマを設定する。

エ. 限られた時間内に終わりそうもないテーマを設定する。

オ. 課題研究とその準備の期間が長時間になる。

それゆえに、①または③のような課題の設定が一般的に行われると考えられる。

次に、今回の課題研究の後で、実施クラスの生徒に化学で課題研究してみたいテーマを上げさせたところ、以下のように回答した。

・金属イオンの定性分析	6人	・遷移元素について	1人	・色々な滴定分析	1人
・有機化学分野の実験	4人	・化学分析	1人	・火薬の合成実験	1人
・気体の性質、製法	2人	・反応速度	1人	・やりたくない	3人
・コロイドの実験	2人	・溶解度	1人	・わからない	20人
・自由なテーマ	2人	・水素爆発実験	1人		
・生活に関連したこと	1人	・燃料電池	1人		

生徒は教科書の各単元からいろいろなテーマをあげているが、具体的に自分が何を課題として取り上げてみたいか分からないとする者が半数を占める。その点から考えると、課題研究では、教師がある程度範囲を絞った、具体的な課題テーマを与えるほうが、生徒にとっては探究しやすいのではなかろうか。よって、範囲もない自由な課題の設定は生徒には無理難題であり、課題設定に必要以上に時間を使うだけである。

また、生徒自らが課題を決める場合には教師と生徒の間で綿密な議論が必要である。今回は教師一人でそれに対応したが、全員に的確なアドバイスを与えることができなかった。ここは是非とも複数の教師によるチームティーチングの導入により、生徒全員に細かな指示を与え、適切な課題の決定がなされるべきである。

(2) 化学Ⅱにおける課題研究の実施の時期・期間について

課題研究に要する授業時間は課題のテーマにもよるが、準備期間、事後指導も含めて最低5時間は確保しておく必要がある。そうすると、化学Ⅱの単位数により大きな問題点が生じる。例えば標準単位数である2単位の場合、週2時間で課題研究を実施することになるが、当然のことながら実施期間が長くなる。したがって、実験の途中で準備室等に実験途中の試料や器具を放置する期間が長引き大変である。また、実験によっては長期間放置したままでは支障を来すものも出てくる。3または4単位の場合も連続で授業を展開するなどの工夫が必要である。今回の実践の場合、二週間にわたり4時間で実施したが、実験計画に工夫が必要な場面も多かった。これらのことより、課題研究のテーマはある程度短期間で結果が出せるもののほうが無難である。次に実施時期と実施授業数における今回のアンケート結果を示す。

1学期期末考査後の実施時期はどうであったかという質問に対しては次のように回答している。

適切 (31%)	まずまず適切 (31%)	わからない (30%)
あまり適切でない (6%)	適切でない (2%)	

実施に要した授業数 (4回) については次のように回答している。

多い (4%)	やや多い (8%)	適切 (63%)
やや少ない (23%)	少なすぎる (2%)	

課題研究を期末試験後に4時間に渡って実施したことについて、生徒は適切と感じているようである。

また、実施の時期においては、化学Ⅱが3年次に置かれることを前提に考えると、1学期もしくは2学期の前半までの実施が望まれる。現実的な問題として、2学期の終わりでは受験を目前にしてレポート提出などを考えるとどれだけ実践できるか不安である。

(3) 課題研究を実施する人員構成について

課題の与え方により、個人、グループ、全体での実施が考えられるが、個人で行う場合が理想であるのと言うまでもない。しかし、学校の試薬、器具の貸出に制限があり、個々の生徒に対する教師の実験の準備は大変なものがある。そこで、グループにおける実施が考えられる。しかし、その場合でも多クラスに課題研究を実施するときはいろいろな問題点が生じる。当校中学校の実践では3～4人のグループで3クラス合計30班が実験・観察を行ったが、実験に使用する試薬や器具の準備、それらの放置場所の確保には随分悩まされた⁷⁾。結局2人の教師で対応したが、1人ではとても無理であった。これが5クラス以上となると、グループでの実施もなかなか困難になることが予想され、さらに複数の教員で対応することが望まれる。クラス全体での実施は生徒一人一人の個性を生かしたものとはいえないが、実験によってはそのようなケースもあり得るのではなかろうか。

(4) 実験の準備や普通授業での指導について

課題研究を行うためには、平素の授業からできるだけ生徒実験を行うような展開が望まれる。日常は、ほとんど実験を取り入れずに、いきなり課題研究を行なおうとしても、生徒は課題の設定、実験準備に手間取るだけである。化学ⅠBにある探究活動がうまく運営されてこそ、その延長に課題研究が位置づけられているのである。

また、日頃からレポートの書き方の指導を重ねておくとよい。生徒は意外に研究の目的、方法、結果、考察、結論といったレポートの書き方に慣れていないようである。

設備や施設の面では、実験を行うために必要な基本的な器具・薬品、機器などをある程度充足しておく必要がある。しかし、すべての物を備えることは不可能であり、身近な物を生徒に工夫させて器具として利用させるなどの配慮が必要である。

(5) 事後指導について

課題研究の事後指導においては各自にレポートを提出させることや発表の場を設定し、お互いの研究に対して議論することなどが考えられる。今回の課題研究では生徒一人一人にレポートを提出させたが、「課題研究においてレポートを書くことは必要だと思いますか。」のアンケートに対して、生徒は次のように答えている。

必要 (75%)

不必要 (2%)

わからない (23%)

その理由は、以下のように回答している。

- ・自分のやったことを適切にまとめることは必要である。
- ・結果を整理するのに有効である。
- ・自分が何を理解できたかを整理することが大切である。
- ・記録として残すのは必要である。
- ・自分でやったことを相手に分かりやすく伝えることは大切である。
- ・実験だけでは頭に残らないし、本などを調べることで知識もそれなりに増えるから。
- ・実験中のささいな出来事でも、いざレポートを書くときになると思い出せるから
- ・研究での失敗点を見直すことができる。

さらに、「課題研究の成果を、クラス全体で発表することは必要ですか。」の問いに対しては次のように回答している。

必要 (6%)

不必要 (46%)

わからない (48%)

生徒はレポートを書く意義は認めているのであるが、全体において発表し、議論することはどうも苦手なようである。これは今日の理科教育において欠如している一項目であると考え。自分たちの疑問点解決のためにお互いが議論することは不可欠である。また、そうすることにより互いの研究についての理解が深まり、より一層の教育効果があると考え。その機会として、授業や文化祭などでの発表は生徒に充実感をもたせ、意欲的な学習へとつながる⁷⁾。

5. おわりに

課題研究を実施するために解決すべきいろいろな条件について、実践に基づいて提案した。しかし、一方では課題研究を行なっても、こと大学入試に関するかぎり、授業の進度が遅くなって不利であるとか、課題研究を行なっても推薦入試などで評価されないのが無駄だ、というような意見が聞こえてくる。目の前に大学入試を控えているので、課題研究よりも問題演習を行うべきだという人も現実には多いのではなかろうか。この点に関しては大学側が入試に何らかの形で課題研究を取

り上げていくべきではないかと考える。将来すぐれた研究者になれるかどうかは、単なる知識の詰め込みよりも基本的な実験の技術習得や科学的な思考力を身につけることが先決ではあるまいか。課題研究を通じて生徒が自然科学を学ぶおもしろさや楽しさを少しでも体験できるように、様々な問題を解決し、より魅力があり意義深い理科教育を模索していかねばならない。

6. 注及び参考文献

- 1) 寺川智祐：「課題研究をどう取り扱うかが鍵」，教育科学理科教育，4月号，V236，pp49～50，1987年
- 2) 山崎敬人，柏原林造：「第43回日本理科教育学会中国支部大会研究発表要項」，1994年
- 3) 高野恒雄：「課題研究の意味と方法」，教育科学理科教育，4月号，V236，pp89～91，1987年
- 4) 清水 誠：「中学校・生物における生産と消費」，理科の教育，vol.38，pp50～52，1989年
- 5) 柏原林造：「遷移金属元素の単体と化合物に関する探究活動」，広島大学附属福山中・高等学校，中等教育研究紀要，第30巻，pp35～44，1990年
- 6) 柏原林造：「気体の性質に関する探究活動」，広島大学附属福山中・高等学校，中等教育研究紀要，第31巻，pp19～28，1991年
- 7) 山下雅文，山田雅明：「環境問題をテーマとした課題研究」，広島大学附属福山中・高等学校，中等教育研究紀要，第34巻，pp61～70，1994年
- 8) 丸本 浩：「課題研究（探究活動）について」，広島大学附属福山中・高等学校，中等教育研究紀要，第32巻，pp39～49，1992年