

選択授業における SEPUP の実践

神奈川県藤沢市立秋葉台中学校 百武 三郎

1. はじめに

明治以降、日本の理科教育・科学教育は学問として取り扱われ、自らの疑問を解決するためというよりはむしろ、あらかじめ決まっている結論を導き出すという形態がとられてきた。

中学校における必修理科の授業においても問題解決的な学習の指導法が工夫されているが、最終的には既知の法則性を発見させ、理解させることに主眼をおいた指導になってしまっている。このため生徒は、あらかじめ期待される一つの答えがあり、それ以外は間違いである、という考えを持ってしまう。実験などにおいては、期待されない測定値や結果は、間違いとして捨て去られ、あるいは改ざんされてしまうことにつながってしまう。これは本来の科学の探求ではなく、結果のみを重視しかねない日本の科学教育の特徴かもしれない。しかし科学は、その結果へとつながる探求過程を重視すべきだし、その探求過程を最も楽しむべきだと思う。

また、必修理科では、我々の生活に直接関連した内容を学ぶことは少ない。そのため、生徒は理科の授業で学んだことが日常の自分たちの生活や社会など、周囲の状況に貢献しているという実感が湧きにくい。多様化していく社会において、事実や証拠に基づいて、最良の方法を意思決定できる市民を育てることも科学教育の大切な役割であろうし、このことは今後益々重要になると思われる。

この春からの指導要領の改訂に伴い、選択授業の時間が大幅に増える。必修理科では学ばせきれなかった内容、理科教師として学ばせたい内容を、年間を通じて生徒とともに学習できたらどんなに

楽しいことだろう。このような思いをもって一昨年からは米科学教材 SEPUP を用いた取り組みを行っているので紹介したい。

2. SEPUP の取り組み

a. SEPUP とは

SEPUP とは Science Education for Public Understanding Program の略で、カリフォルニア大学バークレー校のローレンスホールを中心に大学・産業界の科学者、授業を行う教員が協力して開発している科学教育プログラムである。元々は CEPUP (Chemical Education for Public Understanding Program) として化学の分野を中心に開発されたものだが、その後、化学領域以外のプログラムも開発され、SEPUP として今日に至っている。

SEPUP の特徴として、調査や実験によって得た確かな情報とその分析に基づいて、最良の方法・判断を下せる力を身につけた市民を育てるという視点を持っていることが挙げられる。このことは即ち、科学が単に用語の学習ではなく、コストやリスクなどを含めた、社会の中でよりよく生きていくための力を育てることを意味しており、必修理科の授業では身に付けさせ難い内容であると思う。また、SEPUP は、それぞれの学校や地域、あるいは指導する教員にあわせて柔軟に対応することも特徴の一つである。

SEPUP は実験キット、生徒用ワークシート、教師用指導書がセットになっている。基本的な物品がすべてセットされているため、授業のたびに多くの準備時間を必要としない。多忙化する中学校において、これは大変ありがたい。(日本では中村理科工業株式会社が販売している)

SEPUPには十数時間程度で学習できるモジュールから、いくつかのモジュールを組み合わせたもの、さらには週5時間で1年間以上かかるものまである。

基本のキットには、いわゆるビーカーや試験管を実験に用いない代わりに、SEPUPトレイというプラスチック製のパレットのようなものを使う。これがなかなかの優れたもので、試験管に見立てた9個の小さなくぼみと、ビーカーに見立てた5個の円筒形のくぼみをつにしたようなものである。手早く水洗いができるだけでなく、破損しにくく、万が一のときでもガラス製ではないので怪我をしにくい。保管も容易である。



また試薬類はポリエチレン製の滴びんに小分けされており、持ち運びも楽で実験時も使いやすい。この滴びんも良く出来ていて、試薬を一滴ずつきちんと滴下することができる。

このようなキットを使うために、SEPUPは必ずしも理科室を使う必要がない。パケツに水を汲んでおけば一般教室だけで授業を行うことができる。選択授業が増え、常に理科室が使えない状況においても実験を含む授業ができるのだ。

学習には4・2・1システムと呼ばれる基本の形がある。これは4人で一つのグループを作り、このグループで滴びんなどの試薬を共用する。2人の生徒で一つのSEPUPトレイを用いて実験を行う。そして実験方法が記され、結果の記録や考察に用いるワークシートは生徒一人一人が用いるというものである。この4・2・1システムによ

って、個々人の考察はもちろんグループ内での実験や情報交換、またクラス全体での討論、発表までもが行えるようになっている。このことによって科学を学ぶことは個人の意思決定の力を高めると同時に、周囲の状況に貢献していることを生徒は学んでいこう。

b. ブラックボックス

私はSEPUPのモジュールを始める前にある教材で授業を行い、生徒の気持ちの変革を図っている。SEPUPと同じローレンスホールのプログラムであるFOSSの考えを参考に作ったものだが、木製の箱にいくつかの仕切りを作り、ビー玉を一ついれて封をしたもので、『ブラックボックス』と呼ばれる。生徒はこの箱を開けることなく、色々な方向に動かすことによって中の仕切りの位置を考える。そして互いに自分の意見を発表しあい、討論する。生徒は答え(中の仕切りの様子)を知りたいと申し出るが、絶対に箱は開けない。そして生徒にこう言う。『君が導き出したその答えが正しいのだ。なぜならばそのことについて研究しているのは世界でただ一人、君だけだからだ！誰が君の考えが間違っているといえようか？君は立派な科学者なのだ。』と。このことで教科書に載っていない実験でも、失敗を恐れずに自信を持って取り組んでくれる。以下に生徒の感想を紹介したい。

『音や感覚だけで中の仕切りを見わかるなんて、いくらなんでも無理だと思いました。～中略～最後にグループ内で出した案には自信がありました。そのため答えを早く知りたかったのです。しかし答えがないと言われたとき「それは面白いかも」と思いました。案に自信があったこともあり、自分たちの案が現時点での答えになるというのもいいと思ったのです。』『選択理科を選んで最初にやったのがこのブラックボックス。～中略～理科をあまり知らなかった自分が、初めて理科の学者になった気分だった。理科は答えじゃなく考えるというのが大切だなぁ～と思いました。』

c. 有害な廃液

『有害な廃液』は電気メッキの過程を通じて、メ

ッキ工程で生成された有害な廃液を安全で且つ経済的に処理する方法を学ぶものである。またこの中で、百万分率 (ppm)、電解質・非電解質、沈殿・ろ過などについても、実験を通して学習できるようになっている。もちろん、環境基準や排水基準など社会問題に目を向けさせつつ、正しい判断・行動のできる市民を育てる工夫がなされている。全体の構成は次のようになっている。なお、時間に関しては標準的な時間であり、ディスカッションの内容や深まりによってはさらに時間が必要になる。また、他のモジュールを経験することで省略できる内容もある。



『有害な廃液』 17時間

アクティビティ1『銅メッキ』(2時間)

電気メッキ操作を通じて溶液内のイオンの動きについて探求していく。イオン記号を使うことなく電解質について考え、電解質水溶液と非電解質水溶液の違いについて学習しつつ、メッキによって生じた廃液処理について検討する。

アクティビティ2『塩化銅溶液の希釈』(3時間)

電気メッキによって生じた廃液の処理方法の一つとして、希釈による廃棄方法についてその優位性、非優位性を学ぶ。

アクティビティ3『廃棄物回収方法』(2時間)

銅とアルミニウムの交換反応から、廃液として廃棄するものの中には回収やリサイクル、製品原料として有用なものが含まれていることを知り、費用など社会的背景も考えながら廃棄物の処理と

低減化としての回収について学ぶ。

アクティビティ4『金属交換反応』(3時間)

溶液から銅イオンを取り出す方法として、3種類の異なる金属による交換法の検討を行い、決定の際のコストや安全性、効果などの様々な要因を検討、議論し判断する能力を身につける。

アクティビティ5『沈殿反応』(2時間)

沈殿のろ過の方法を習得し、アンモニアによる銅イオン検出検査を学ぶ。また、酸性雨を想定した沈殿物の安定性について学習する。

アクティビティ6『固体化と固定化』(3時間)

有害な重金属を含む廃液の処理として、液体の固体化について学習する。また酸性雨を想定した重金属イオンの流失回避のためのセメントと珪酸ナトリウムの組み合わせの効果的な方法を検討する。

アクティビティ7『廃棄物マネージメント』(1時間)

ここまで学習したことを振り返り、各種の廃棄方法の優位性、非優位性について、コストや廃棄プロセスの容易性などを含めて検討し、廃棄物マネージメントを提案する。

評価問題(1時間)

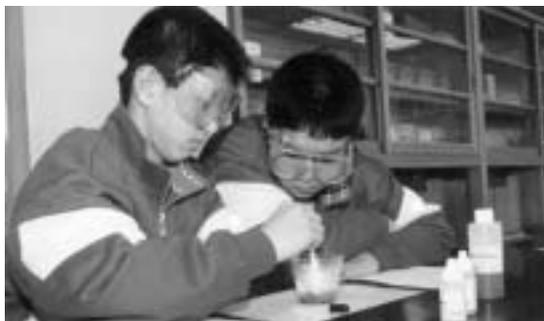
3. 実践を通じて

イオンが全面的に削除された新しい学習指導要領にあって、イオン記号を使うことなく発展的な内容として社会問題に目を向けさせつつ学習できることは、現場の理科教員としてうれしい。アクティビティ1ではメッキを行うことによって当然できる廃液というものを、どうしても考えなければならぬという状況を作る。ここでの問題提起が最後のアクティビティまでの様々な学習の柱になる。生徒にはアクティビティ7でプレゼンテーションを行うことを伝えるが、ゴールを示すことで学習に対する意欲が継続する。問題をストーリー化することで、社会問題を科学的に解決していく力が育つのである。

また各ワークシートは実験の結果を記入するだ

けでなく、なぜ？ どういう理由で？ ということ自分の言葉で記入させる。もちろん結果の色なども自分の言葉で表現するのだが、ある生徒は薄い青色と言い、別の生徒はブルーハワイの薄い色、と表現する。この「自分の言葉で」ということが大切なのだと思う。

新聞などの記事を使うよう指示される場面があるが、問題を身近なものとして感じた時、理科をあまり得意としない生徒も楽しそうに活動に取り組むようになっていた。



アクティビティ7はこのモジュールの総括であり、今まで学習してきた内容をバックグラウンドとして自分の考えを述べる。生徒はこのモジュールで学習した、『希釈法』『銅 - アルミニウム交換法』『金属交換法』『沈殿法』『固化法』から、最も良いと思う方法を採用するようにプレゼンテーションを行う。提案に対しては質問も出るし、当然それには答えなければならない。これまでの学習や経験、さらにはプレゼンテーションのために自らが新たに学習したことを最大限に駆使する、最も興奮する場面かもしれない。

評価問題はその多くが記述式である。その一例を挙げる。

(問) 多くの地域では希釈による廃液の処理を許可していない。なぜ許可されないのか、最低二つの理由を書きなさい。

生徒は今までに学習した内容を駆使して答えることになる。単に用語を覚えれば解けるというものではなく、自分の解答に対する根拠や高い思考力を必要とする。生徒の分析力、総括力、データ

からの推論や情報を統合する力が問われるわけである。これは社会生活を送っていく上で重要なものと言えると思う。

私が色々述べるよりも、生徒の感想の方がより様子を感じ取っていただけたと思うので、以下に紹介したい。

『連続希釈では1リットルの塩化銅水溶液を50000ppmから5ppmまで薄めるのに(水を)9999リットルも使うなんて、なんかもったいないと思いました。アフリカのほうでは水を手に入れるために幼い子どもが水を汲みに行ってるのに・・・』

『色々な処理方法を試したりして、廃液の処理がどれだけ大変かがわかりました。会社は作り出すだけではダメだということを感じました。』

『塩化銅水溶液の廃液を最初に見たときは、はっきり言ってこんなに危険そうな色の水溶液を扱うのか・・・と思ったが、きちんとしたやり方をすれば、人体に有害な廃液も処理できるので、科学の力はすごいと思った。』

『プレゼンテーションをすることによって、色々な物事の考え方や決め方がわかりとてもよいと思います。様々な方向から一つのことを考えるということはとても大切だと思います。』

『最後のプレゼンテーションで長所、短所をさがし、最終的にどの方法が一番良い方法かという事を考えるのは、とても面白かった。だからこのSEPUPの面白さをもっと広めたい。』

4. おわりに

普通の理科の授業はあまり好きではなく、時として眠そうな顔をしていた生徒が、SEPUPを使った選択授業では目を輝かせ、自分の意見を堂々と皆の前で発表している姿が大変印象的であった。なお、ここで紹介したSEPUPは、『日本SEPUP研究会』が日本での研究と普及を行っている。

研究会への参加や問い合わせは、下記事務局へ。
(sepup@rika.com)