授業実践例

［SEPUP（シーパップ）を使った授業実践］

『ブラックボックス』という教材

神奈川県藤沢市立秋葉台中学校　百武 三郎

1．はじめに

SEPUP（ Science Education for Public Understanding Program）はカリフォルニア大学バークレー校（UCB）ローレンスホールを中心にして，大学や産業界の科学者と実際に授業を行っている現場の教員とが協力して開発している科学教育プログラムである。

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あげられる。これは純粋科学が強く意識されてきた日本の理科教育に不足している科学の本質とも言えるものであり，ディベートやロールプレイングといった方法とともに，これからの日本の理科教育で必要である。

以下に示すブラックボックスは米国の SEPUP のモジュールにはない。米国 SEPUP について研究している日本 SEPUP 研究会が独自に開発したモジュールである。SEPUP の考え方を活かしながら“探求の過程”を大変効果的に学べる教材である。今の日本の理科教育に不足している科学の本質を気軽に体験できる教材なので，是非紹介したい。

2．SEPUP ブラックボックスの誕生。

ブラックボックスとの出会い，それは 2000 年夏，「日本の理科教育に新しい風を！」の決意のもとに参加した，SEPUP の全米指導者研修会（2nd Annual National Leadership Institute）の宿舎でのことである。

日本を遠く離れ，言葉のわからない中での研修であったため，UCB クラークカーキャンパスの宿舎で，日本から参加した仲間と共にビールを飲みながらその日の研修を振り返り，日本の理科教育の未来について語り合う時間が貴重であった。その時に仲間の一人から「ブラックボックスというのがあってね……」という話を聞いた。彼が話してくれたのは，FOSS（ Full Option Science System）と呼ばれるもので，SEPUP と同じ UCB ローレンスホールの科学教育プログラムの一つであった。

FOSS のブラックボックスは，プラスチック製の箱にボール紙の仕切りを入れ，輪ゴムで止めるだけの簡単なものだと後から聞いた。しかし，バークレーで話を聞いた時点で自分がイメージしていたものは，ベニヤ板で作られた重箱ぐらいの大きさの木箱であり，仕切りはラワンの角材，その中をビー玉が転がるというものだった。そして，『ブラックボックス』でこんな楽しそうな授業ができそうだ……と，米国に滞在した数日の間にイメージがふくらんでいった。

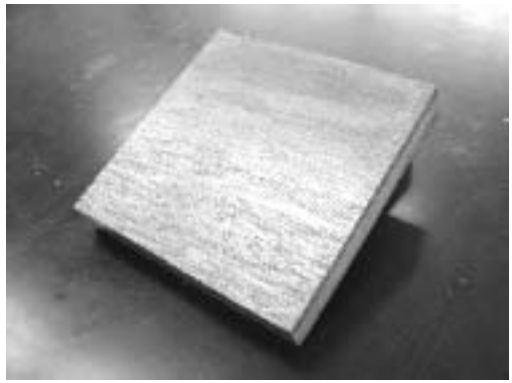
ブラックボックスの考え方自体は電気回路のブラックボックスを始めかなり以前からあり，研究がなされてきた。しかし，その面白さや重要性は認識されつつ，日本の理科教育には根付かなかった事も事実である。既知の法則や原理を習得することに重点が置かれた日本の科学教育では仕方のないことだったのだろう。このブラックボックスは今言われている“新しい科学観”そのものだと思う。

日本に帰国してすぐに DIY 店で端材を買い求めブラックボックスを作った。試作第一号である。端材の組み合わせであるため，費用は 200 円ほどと安く済んだ。しかし内部構造を複雑にしすぎたためにまともな結果を導き出せない，まさに『ブ

ラックボックス』になってしまった。

その後いくつかの試作を行う中で，次のような条件をクリアーしようとした。

・木製であること。
・持ちやすい大きさであること。
・中の仕切り（構造）は単純であること。
・出来るだけ検証の要素が多いこと。
・安価で作りやすいこと。
・学校での使用を考え，耐久力があること。



その結果，次のような箱にたどり着いた。

・適度の重さと転がりの感触を得るため，板厚9mm のベニア板とした。
・縁と仕切りは持ちやすさを考慮して一辺が14mm のラワン角材とした。
・持ちやすい大きさと製作時のベニア板の無駄を減らすため，一辺が20cm の正方形とした。
・検証の幅を広げるため，ビー玉ではなく鉄球を用いた。
・仕切りに14mm の角材を使用したことを考慮して，球が転がるときの適度の音の響きを得るために，鉄球の直径は11.9mm とした。
・耐久性を考え，表面は傷や水濡れに強いウレタン塗料による塗装にし，あえて黒くしない。
・検証やディベートなどの学習効果を向上させるため，箱の内部形状は2～3種類にする。

3．授業実践

授業時間計画は，各アクティビティに1時間ずつの3時間が最小時間である。しかし，確保されている時間数や生徒の活動状況などの条件がそろうならば，各アクティビティで2時間以上，合計で6時間以上の時間が使えると，より深まり広がりのある授業が展開でき，次への学びへの大きな足がかりになるだろう。

体験し研究すればするほどその奥深さに目を輝かせる生徒。探求を続ける生徒の希望で，本校では合計7時間の授業をブラックボックスに当てることになった。授業の展開の方法によって生徒の探求心が大きく開放されるのである。

アクティビティ1　ブラックボックスの中の様子を調べよう

このアクティビティでは仮説を立てることを学ぶため，活動→結果→そこからわかること，という考え方の基本を学ぶ。その後，生徒一人一人がブラックボックスについて研究している科学者という設定のもと，その時点での可能な限りの方法でブラックボックスの中の様子について調べていく。プログラムそのものにストーリー性があるので飽きることがない。また，生徒一人一人が目的意識をしっかり持つことで，その後の考察を深く広く持つことにつながる。

アクティビティ2　ブラックボックス検討委員会

このアクティビティでは発表や同意を得ることなどについて学んでいく。生徒はブラックボックスについて研究している科学者の会合（学会）に参加しているという設定で，それぞれが研究してきた成果を発表しディスカッションを行う。

感情に左右されることなく，多くの調査によって得られた証拠に基づいて自らの説の正当性，妥当性について発表する。と同時に，ブラックボックスについて研究した他の科学者（生徒）の発表を聴き，多面的に検証していくことの重要性を学ぶ。

ここで学ぶ発表の方法や同意を求める方法などは日本の理科教育で不足している部分でもあり重要である。

アクティビティ３　再検証，これがブラックボックスの中の様子だ！

ここではアクティビティ２で発表された説の正当性，妥当性の再検証を行う。一方的に調べたことを発表するのではなく，多くの考え方を受け止めて検証し直すことに大きな意味がある。

仮説→実験・観察→考察→新たな（次の）仮説，という大きな車輪を回すことで，科学的なものの考え方が養われていくのである。その後，ここまで数時間をかけてブラックボックスを使って学んできたことに関して，教師側から結論的な話しをし，まとめとする。

以下に授業（モジュール）を終えての生徒の感想を記す。

『中のことを知ろうと集中している様子は，まるでこれまで解明されていない答えを必死に探している人たちと同じようなのでは？と，思いました。科学の謎を研究すると言うことは，真剣に調べること，考えることを同じことなのでは？と，思いました。』

『プレゼンテーションを行ったことで，他のグループの人たちはどうやって調べたのかが分かって面白く為になった。』

『中の様子が分からなかったけど，どうやったらいいかなぁ，と考えたりするのが楽しかった。』

『夢中になってガタガタ動かして調べていたが，分からなくなってしまい行き詰まってしまった。しかし，聴診器やてんびんや磁石を使ってそこから先に進むことができた。達成感があった。』

『いろいろチェックしていくと障害物があるのが分かってきた。こうやって科学者たちは見えないものを解明してきたんだなぁと思った。』

『これは間違いない！！と，自信満々だったけど他の班のブラックボックスとは違うと知ったときはショックだった。でも，検討委員会の時，他の班の説明を聞いたときは「なるへそ〜」と思った。一つのものをあんなに調べることはないから，いい体験ができた。』

『聴診器を使って調べているグループもあったけど，本当はそのような目的で使うのではありません。でも中を知るのに聴診器が使えたそうです。違う目的で使う器具も他の目的で使えることが分かりました。』

このブラックボックスの授業を通じて，生徒は失敗を恐れることなく実験に取り組むようになっていた。答えは一つであるという概念からの変化である。

また，理科の授業だけでなく，日常の話し合い活動などでも“如何にして皆の同意を得るか“を意識した発言がなされるようになった。感情に訴えるものではなく，証拠や根拠に基づいた発言であり説得力がある。授業によって現れた，生徒の大きな変化である。

ブラックボックスを使った授業の取り組みをして５年目になるが，ブラックボックスは選択授業だけでなく通常に理科の授業，あるいは総合の時間でも利用できる。しかも３年間で一度だけということでなく，毎年同じブラックボックスについて調べ，継続的に研究することができる。その間に内部を知るための新たな方法が見つかることもある。初めてブラックボックスを使った授業を行

った頃はなかった聴診器が，生徒のリクエストで理科室に置かれるようになった。科学の進歩で新たな発見がなされるように，ブラックボックスとは直接関係のない道具との出会いが新たな手がかりを得るきっかけとなることもある。科学の世界の最先端を疑似体験しているとも言えるだろう。

このブラックボックスは，実践する上で重要なポイントがある。それは【箱は絶対に開けない】と言うことである。ここについては論議が分かれるところかもしれない。しかし，

- 正解が一つではない問題を克服する。
- 自分で調査したことを証拠に基づいて説明し，皆の同意を得る。

という考えから，絶対に箱は開けないことを条件にしている。開けてしまえば今までの日本の理科教育と何ら変わらず，場合によってはただのクイズになってしまうからである。考える過程を重要視するがゆえ箱を開けることはせず，実際の箱の内部の様子も伝えない。

多くの生徒は実験が楽しいという。しかしその多くは活動が楽しいのであって“考える楽しさ”を知らない。考えることをしていないから考察が書けない。これは中学生に限ったことではなく，大学生や研究者達もしかりである。ブラックボックスは考える楽しさを知り，科学的な力を育てることが可能な教材である。

モジュール終了時，私は生徒に次のように話している。

『君たちはブラックボックスについて研究している立派な科学者である。君たちが発表した結果が，現時点での最も信頼できる説である。10年後，20年後，あるいは2000年後には君たちの説が間違っていたと証明されるかもしれない。天動説と地動説のように。新たな科学者が君たちの説に異論を唱えたとき，再び研究し話し合おう！』と。

4．おわりに

オハイオ州のSEPUPセンターのスタッフにこの『ブラックボックス』を紹介した。大変興味深いおもしろい教材であり，科学を学ぶ上で重要な内容である，と言う感想をいただいた。また，国内で実施してきた日本SEPUP研究会の全てのワークショップで参加者にブラックボックスを体験してもらったが，同様の感想をいただいている。

ブラックボックスを授業で取り上げるには，ただ箱を作って生徒に渡し，ワークシートを配って子供に体験させるだけでなく，指導をする先生方に“指導のためのテクニック”も学んでもらいたい。他の授業でも同様だが，特にブラックボックスの授業は多少なりともテクニックを身につけてから授業に臨めば，その深まりや目的の達成度合いに大きな差を生じると感じている。

せっかく素晴らしい教材である。願わくば，日本SEPUP研究会のワークショップにご参加いただき，生で『ブラックボックス』を体験していただきたい。そして実際の授業で利用してもらいたい。自分の理科教育観が変わる“目からウロコ”のブラックボックスを先生方にも是非味わっていただきたい。そして子どもたちの新たな可能性を開いてもらいたい。

SEPUPやBlack Boxに関する問い合わせは，下記の日本SEPUP研究会事務局まで。

（sepup@rika.com）