

「学生実験」の効用と限界

内 島 俊 雄

筑波大学物質工学系
 〒305 つくば市天王台 1-1-1
 (1995年3月16日受理)

Benefit and Limitation of
“Laboratory Practice”

Toshio UCHIJIMA

Institute of Materials Science,
 University of Tsukuba,
 Tsukuba 305

(Received March 16, 1995)

前任地の大学で若い頃、物理化学の学生実験担当講師を命じられて、必死の思いで5年間それを勤めたことがある。時あたかも、大学紛争が燃え盛る真っ最中にそれがはじまった。

学生諸団体の間では、建物封鎖やら何やらの戦争ごっこが相次ぎ、先生達の間では、日夜大学改革の議論が激しかった。若手教官が集まれば、自然の勢い皆さんが講座制解体を声高に唱えて、それに逆らうものは人にあらずの雰囲気があった。

論客ではない私はついてゆけなかった。仕方なく、私にできる私なりの大学改革・教育改革を一人でやろうとした。大したことはない。物理化学実験の七つ八つのテーマのその一つ一つの不備を改善して、正しい操作をすれば正しい答えが出る実験にしようとした。

授業が行われなまま夏休みに入り、しばしの静穏が戻った暑い時期、もちろん冷房などない。上半身裸になって来る日も来る日もそれに打ち込んだ。

たいていの不備を改善したあとに、どうしてもうまくゆかない実験が一つ残った。「二元合金の状態図」というテーマである。

常用温度1,000℃の小型電気炉を使って、組成を変えた珪素とアルミニウムの系の冷却曲線を描くという、例の何でもないはずの実験である。それがうまくゆかない。アルミの融点をはっきりと出る、ところが析出曲線の折れ曲がりが出ない、共融点の水平線さえも出ない。考えられる限りの問題点を想定しては、朝から晩までそ

の実験を繰り返した。

ほぼ一週間それをやり、遂に刀折れ矢尽きた。なぜこんな簡単な実験が自分にできないのか、とうとう俺にも焼きが回ったのかと悲嘆に暮れた。こんな恥ずかしいことは、とても同僚に相談するわけにはゆかぬ。馬鹿にされるのは火を見るよりも明らかである。

熱電対の刺さった坩堝を前に、途方に暮れて眺めていた。一時間であったか二時間であったか。追い詰められたときは何もしないほうがよい。ぼんやりと睨んでいることにはそれなりの効用がある。

自棄っぽい気持で、その坩堝を割って見ることにした。ハンマーで思い切り叩いた。融けて複雑に曲がりくねった形のアルミに挟まれて、直径1ミリ以下の珪素の粉が仕込んだときと同じ形で頑強に残っていた。わかってしまえば何ということはない。

ある組成範囲であれば、そして1,000℃もあれば、平衡論的には両者は融液をつくることになっている。しかし、融点1,400℃の珪素はこんな電気炉では融けるはずがないのである。まして珪素の表面は、シリカの酸化膜で覆われている。

道具立てはそのままにして、試料をある組成範囲の銅とアルミに変えて、とりあえずは問題のすべてを解決した。

久し振りに明るい顔で早い時刻に帰宅した私に、幼稚園児の娘が飛びついてきた。私がビリビリしていないことが幼児にも本能でわかる。妻も私の表情から、今日はいいことがあったのだと察しがついた。貴方の好きな冷えた茄子ソーメンができてると、弾んだ声で妻にいわれて、家族でその美味しい田舎味を楽しんだ。

思えば、割れた坩堝を見たのはそのときがはじめてということではなかった。

学生が盛大に割るからである。それがいつもテーブルの上に転がっていた。数年にわたってそれを見たのは、物理化学系の助教授・助手のほとんど全員である。しかし、だれもその問題点に気づかなかった。

これは、先入観のしからしむところである。だれしも、思い込みや先入観がある。

近頃の学生はどうしようもない、モノを壊すわ、ろくなデータも取れないわ、いかんともしようがないと、元学生の先生達は決めてかかっている。

したがって、割れた坩堝を日常眺めながら、だれ一人としてその試料が融けあっていないことに気づくひとはいなかったのである。人間の盲点は恐ろしいものである。

そこで過年度の学生達のレポートを点検することにした。今はおのおの世界で偉くなっている元学生達のレポートである。中には、今や中年の大学の先生や国立研

究所の研究者になって名を成している人達もいる。

ときの学生達は頭がよい。

半数の学生が正解をレポートしていた。そして半数が、この実験は失敗であったと謙虚に反省を書いていた。

なぜ半数が正解を得たか。これもすぐにわかった。

テーブルの上に、金属便覧からコピーした状態図が、プラスチックのケースに入れて置かれてある。そろそろ曲がるはずだ、冷え方が速いよ、ちょっとブレーキを掛けようよと、知恵の働く学生がいう。そしていわれた相棒がそれに従う。

それに違いないと確信した私は、それをやって見た。この辺りでブレーキを、ちょっと1アンペアだけ電流を増やそう。案に違わず綺麗な折れ曲がりが出た。

そこで思うのであるが、いわゆる学生実験・練習実験とは何であるのか。よく整備されていて、正しい操作によって正解が出る実験がよいのか、整備されていない実験で、学生を悩ませ苦勞させるほうが教育的であるのか。当然前者であると私は思うが、あるいは議論のあるところかもしれない。

この「二元合金」の練習実験をつくったのは、物理化学系のある研究室の若手教官のグループであった。私が担当する前の5年間は、とにかくそのような不備のまま実験が行われていた。

教官も忙しいからといういわけもあろうが、しかし、私には割り切れないものが残っている。

というのは、実験担当の5年間、私なりの教育効果を追い求めたその挙句、自分はいったい何をやってきたのかと私を悩ませることがあったからである。

担当にも慣れた頃、物理化学実験は何をやっているのかと、私にくっついてかかってきた若手教官がいた。卒論で研究室に配属された学生達が、ろくに実験の仕方を知らない、ポテンシオメータや検流計の準備についてその要求される感度やら機器の繋ぎ方やらもわかっていない、物理化学実験で何を指導しているのかというのである。「二元合金」の練習実験の設営を任されて、その準備をした当の研究室の、当時助手である。

古い話で、ポテンシオメータなど、今は使われていない骨董品を持ち出すのは時代錯誤かとは思いますが、本稿の主題を考えるうえで、話の本質は変わらないと思う。

学生実験に、どこまでの効用を求めるか。四年生で、装置の設計・組み立てからそのオペレーションまで、安心して任せられるところに教育の目標を置くのか。

結論として、それは無理であると思う。

どこの大学でも学生実験は、すでに知り尽くされていることを追体験させる、いわば受身の練習として位置づ

けられている。それでは、学生の目的意識が、正解が出れば当り、出なければ外れといった辺りに低迷してしまう。実験の道具建てが、どのような要請とそれに対する工夫で造られてあるかを、子細に検討する意識も余裕も出てこないであろう。

それを改善したければ、受け身を能動に変えるしか方法がない。テーマの与え方を、たとえば「電気化学的方法で酢酸の解離定数を求めよ」といった漠然としたものとし、その道具建てから実験手法の一切を教材なしで自分で考えさせるやり方である。危険でさえなければ、学生の計画に合わせて必要器具は何でも与える。失敗したら、もう一度考えさせる。学生は能動的にならざるをえないし、そこでの苦勞は、間違いなく身に着いたものとして残るであろう。よほど高度な教育効果が期待できる。

しかし、これは理想論もしくは空想である。卒業要件が4年間で126単位、限られた予算と人員とスペースといった枠の中では、とても実行することのできない空論である。

現実に戻って、私は、学生練習実験にはあまり多くの期待をしないほうがよいと、常々思っている。

指導にしたがって操作をすれば変なことは起きない、からくりを理解して手順を踏めばボタンの操作で爆発することはない、手加減をしないとモノによっては破損する、それらを実地に体験することが重要なのである。

恐怖を消すこと、それが実地訓練の存在意義であり、その辺りで以って瞑すべしではないかと思う。

私にもささやかな経験がある。原子力研究所時代に、X線回折の実験をする状況があった。本格的な経験がなく慣れないことであったが、私には恐怖がなかった。学生実験で、先輩から蛍光板を使つての光軸の合わせ方を教わったことがある。ああ、あれだなと思って、若干の本を自学自習してそれをやることに抵抗がなかった。

学生実験の意義として、基本操作に習熟する、測定方法を理解する等々、いろいろとあるであろうが、やはりその真髄は、恐怖を消すことにあると思う。

パソコンの画面で、実験様のことを追体験させることを、安全であるとして得々としていう人がいる。これは間違いである。危険を危険と知って、いかにしてそれを安全にこなすかが、プロのプロたる所以である。その教育がなくては、練習実験の教育的意味など何もない。

筑波に来てからも、いくつかの練習実験のテーマを創り、この数年は一年生の化学実験を一手に担当している。

楽しんでるわけではないが、学生実験に関する限りは生半可でない経験をしてきたと思っている。