

理 科

科 学 的 思 考

水 越 饒

I 総 論

理科学習においては基礎的知識・技能の習得と同時に、科学的思考能力や、科学的態度の習慣形成が必要である。単なる科学的知識の理解と暗記や計算能力だけではいけないと考える。再生産的思考による学習をできるだけとり入れ思考力や態度を培うことによって生産的思考が励起され自然科学の分野のみでなく日常思考に大いに役立つようにしたいものである。

我々が問題に直面したとき、それを解決しようとする意欲が起り、その状況・条件に応じて各種の思考をなす。試行錯誤的に考えて解決方法を見つける幼稚な場合、これが少し能率化して、理由はともかくとして機械的に模倣し物事を解決していこうとしたり、理由について、なぜか、はっきり知った上で模倣していく洞察的模倣、これ等とは異って自から考えて原理・法則性を予測して新たに創造する方法での問題の解決の仕方がある。日常生活において模倣的思考もなされるが大切なのは創造的思考である。

授業は、帰納、演繹、定義、概念の説明とあるが実際どのようなことが多いだろうか。

帰納的授業（探究学習、発見学習）はむづかしく少ない。大部分が因果関係的に説明することになり帰納法から遠ざかりやすい。また教師による帰納説明だったりする。

現在の教科書内容は帰納して得た知識を整理し伝達することに傾り結論である原理、法則その計算応用、定義の羅列とその解説、具体例が多く、少し数学的帰納法が入っている程度である。学習問題演習も実験も適当に考えさせることが興味を増す。

帰納的な学習を機会あるごとに進めることにより科学的思考力が養われるが創造的能力が身につくだろうか。問題を把握し、情報を集め、分析・調査・実験・観察して予測し、検証する科学的方法も、はっきり示すべきであろう。

どの程度拡散的思考が可能か。施設、時間、教師、情報収集条件、情報収集能力、意欲など考慮に入れて決定すべきである。

力学の分野を始めてとして、数学的帰納のところは多少ある。中学校の内容（原理、法則、結論の説明多く演繹的）や、物理Aにおいては非常に少なくなってくる。

II 問題把握

問題を見出すことが大初である。しかし、授業において問題把握が計画通りに能率的にできることは無理であろう。そうなると、多くの場合、問題提起を教師が与えなければならないと思う。

こうした理由から真の問題発見と把握は特別に考慮しなければならない。授業を始めるにあたり問題場面に追い込む工夫を身の事象例とか視聴教材を使うとか実験を見せるとかするが、生徒代表実験でも授業始めに見せることはよいだろう。できうれば、意表をつくようなものであれば更に効果的である。尚、この時、観察の仕方における基本的な考え方や態度は教授しておかなければならないと思う。

問題把握力として観察力・思考柔軟性・観点変更・透徹性・敏感さ・融通性・知識・技術の理解・観察力などがかわりをもとう。問題を持つとは半ば分っており、半が分っていないときに起る。それまでの行動の仕方では行動できなかつたり、それまでの考え方は考えられない。あるところまで分り、あるところまでわからない。予想と現実とのずれに驚く。しかし、準備のできていない人には変っているのか、あたり前の事なのか問題にならない。この準備には知識的準備と情緒的（意志的）準備とがある。観察する対象の理解ができないとか、情報が不足しているとき問題把握ができないことが多い。しかし、多くの場合知的準備はあっても、観察する習慣や、手段・方法が整っていないために通り過ぎてしまうことが多いのではなかろうか。

観察力の養成としあは、自由観察法として気象の変化；植物・動物の成長；生態観察；その他自然現象（逃げ水・静電気・音・光・自動車・電車・ひこうき・まさつ、など）、について自由に観察日記を書かせる方法がある。指定観察法として乾湿計・エーテル球（鳥）を見せて観察をさせ、気づいた項目を書かせるのも一方法である。

また、詩・和歌・俳句・図画・作文なども大いに観察力に関連すると考えられるのでその面からの指導も有効と考える。

問題把握のないところに創造はないのであり生産性はないのである。

問題把握の仕方には、いろいろ考えられるが現象的

面を把握・分析して把握・物事を統一的に把握があると思う。

問題把握を刺激する方法としては、すぐこわれる；使いにくい；面倒；もっとかんたんにならないか；なぜだろう；どうなるだろう；もっと良いものはないか；式・実験の一点か二点について方法・材料を変えたらどうなるか；条件を変えたら；素材を与え、実験方法・内容を指定しないでやらせる；自由課題・研究をやらせる、などが考えられる。問題把握、意欲の刺激として授業前にカードに書かせておくのも一方法である。

Ⅲ 予 測

問題把握について予測は創造における重要な思考過程である。問題を分析して関連する情報や資料を集め整理することが大初である。

これをもとに予測するとき、情報量・分析力・総合力・柔軟性・観点変更・流暢性・類推・類比・連想力・直観・再構成・抽象力・観察力などの能力が創造の可能性を左右する。予測は、ただ思いつきをあげるのではなく、問題について、分かる限り分析してそれを整理しそこから論理的に推理すべきである。

授業で思いつき意見や、自由発言では創造的思考能力は身につかない。思いつきでよければ生徒は考えなくなる。帰納的思考が行なわれずして試行錯誤になることもあるが、初めから試行錯誤にならず、あくまで考えが充分なされた後のことである。

充分帰納により予測できなくて、予想の段階でも、実験に移る場合があってもよいと思う。

解決への意欲をもって問題把握し、その本質を見きわめ法則性を帰納する努力が払われる。このために、試行錯誤や、直観的思考力が含まれるが論理的思考が主要なものとなる。条件を定めては、その問題がどのようになるか考える。条件を定めるにも試行錯誤的であったりするけれども論理的に分析し、各項ごとに検討を加える。いくつかの条件を一度に調べるのではなく一つ一つの条件ごとに予測を進めないと難しい。複雑な問題になると条件を一つずつ変化させることが困難なこともある。だが、一つだけ条件が変化するように工夫し、他の恒常状態におくことが必要である。こうして予測された事象も、頭の中で考えた結果で予測が甘く、条件設定がまちがったりしていることが多い。こうなると、もう一度予測の立て直しをしなければならない。実験・観察をしてみると全く予測に反したことが、しばしば発生する。これは予測が予想になったりしているからである。予想というのは、論理的でなかったり、適当（甘い）な情報・分析・総合や直観で表わそうとするからである。

予測の種類としては、計量的予測・確率的予測・類推などがあり、予測の方法としては、データを集めてそれを分析し共通点などを見出して規則性などを求め、法則などを発見する分析的方法、種々調査して傾向を見つける調査的方法、更に、実験を考え、実際に試して（観察したり）どうなるか実験的方法などがある。

問題を与え把握させたとしても、情報量の不足などから帰納して（准創造的思考）いくことが難しいことが多い。また、どの情報が役立つかわからないことも多い。高校で習うことで、生徒が簡単に帰納できることは、そう多くない。それならば、情報不足（忘れたことも多い）のときは補わなければならないし、ヒントなど手だすけもしなければならない。情報の補足、ヒントなどによる思考過程の規制も条件により、時に応じて変化せねばなるまい。

予測能力（分析総合）の向上策としては、本を読んでもとめる；一つの物について用途・利用を種々考える（類推がはたらく）；ご・しょうぎなどが考えられる。

Ⅳ 検 証

問題把握と予測が創造における大初な要素を占めるわけであるが、検証は、その創造の良否や、質を評価するのであって、これがなされないでは空論になりかねない。勿論、問題把握及び予測した人が必ずしも検証しなくてもよいわけだが、多くの自然科学の場合や、日常生活は、問題把握・予測・検証が組をなすものである。理論者・実験者・応用者と分類されようが、理習家・実験家とも本質的には問題把握・予測（理論）、検証とたどることが必要であろう。科学的思考や創造性を養うという場合、帰納的（問題把握・予測・検証）な面と演繹的（応用）な面の両者を基本的要素として意識すべきであろう。

学習が帰納されたものであれば検証の意義も出てくる。生徒は期待をもって実験するであろう。結論が与えられたものであるとき、ややもすると、検証が機械的となりやすい。

検証については、実際にやらせなければ効果は小さい。単に見るだけの代理経験（間接経験）～教師実験・図・表・写真・映画～では思考のされ方（表面思考、一方向思考、一面思考、一次元思考）が少なく、認識が浅い。自分でやるとなれば、方法なり考え予測したりする。どうなるだろう、これでよいか、うまく予測通りになってくれをか、考えたりして期待も大きい。また、直接行動するのだから考えやすいし、観点を変更して見る機会も多い。（多面的・多方向的・立体的思考）検証力の養成として各種実験をやらせるの

に、原理・法則の実験法を考えさせて（帰納法）実施するとよい。

検証しながら更に問題把握し発展させるためには、充分な問題についての予測内容の理解と、装置、素材の可変性が大きいことが望ましい。特に検証実験を見ただけでは効果が薄いのは、思考をしないで済んでしまうということと認識が浅くなりがちであり、直接手に触れないことや多面的に見ない（一面的思考、一方向的思考、表面的思考）ということと身につかない。しかし代理経験（むづかしい）はしないよりはいい。

問題演習のときや具体例説明、検証実験のときなどで、方法を考えるときは帰納的であり演繹的推理思考は定義、原理、法則から出発して、これにあてはまる事象を考えたり観察してみついたり、あてはまる事象を人工的に作って実験したりする。しかし、説明できない事象にぶつかれば矛盾が起り問題把握の機会となる。これが帰納的推理思考へと発展する。

演繹的推理思考の向上策としては、原理・法則のあてはまる事象を探究させ観察させる。原理・法則の検証法（帰納）を考えさせる。応用を考えさせる。問題をつくらせる。一つの物から多用途を考えさせる。元になるものの要素を分析して基本性質をさがし、その応用を考えさせる。

V 科学的思考向上策

帰納的推理思考の向上策としては、帰納的授業をし

たり、問題を持たせ研究させる。物品の故障修理をさせる。何か実験しようとか、作ろうとして、上手にできなかったことについて解決策を考えさせる。思考道具（ブラックボックスなど）を使う。（問題演繹でも問題をみつけ予測して式を使う。）

（1）科学的態度，思考力を養う各種の票

- ① 授業前の問題把握調査票 ② 観察記録票～問題把握，科学的態度，習慣 ③ 帰納票～ A. 修理をもとにした科学的思考票 B. 変換票～1, 2点かえる C. 応用票～測定法，実験法，原理，法則，道具，部品，装置， D. [自由題実験 E. 素材実験票 ④ 演繹票

- （2）各種実験法 ① 理論，方法確認実験 ② 理論確認，方法帰納実験 ③ 理論帰納，方法確認実験 ④ 理論，方法帰納実験 ⑤ 問題指定，原理，方法帰納実験 ⑥ 問題指定，方法確認，数的帰納実験 ⑦ 応用発展実験 ⑧ 研究実験 ⑨ 材料制限，内容，方法帰納実験

科学的思考票を用い課題として出したところ結果は良かった。票は問題・予測・方法計画・検証結果・こまった点、について記入させた。また観察記録の感想としての一例をあげると「私に何かを見つけるということを見せてくれました。自分の目で見てそれを自分の頭で考え、何かを見つけたときには、たとえそれがつまらないことでも何となくうれしい気持ちになりました。何かを見つけることは案外楽しいことだと思いました」