



高田高図書館だより

第 55 号

発行
1999年3月1日
発行所
高田高等学校
TEL 高田 20123

科学教育の「1」の道

理科 桐山 信一

学校は、科学を教える場である。逆に、科学以外の迷信や偏見を教えるはならない。しかしながら、科学的な概念(「知識」はこのようにして獲得されるのか?)ということは、決して自明なことではない。ここで、一つの質問を試みる。

質問 「1円玉は電気を通すか。」

これは、金属についての問である。ここで、一見合理的にみえる「実験したことがないので・・・」という返答には、何の進展もない。経験のない現象であっても、自分の持っている金属についての知識(「金属概念」)を使って答えるところに、科学を学んだ価値がある。解答するには、4つの論理が必要である。

① 1円玉の材質はアルミである。

② アルミは金属である。

③ 金属は電気を通す。

④ したがって、1円玉は電気を通す。

金属については、小学校から高校までかなり学んでいるはずであ

る。しかしながら、高校生や大学生の持っている金属概念は、次に示すように非常に貧弱なものである。

- アルミニウムは電気を通さない。
- ニクロム線は水よりも電気を通さない。
- 水も人間も金属と同様に電気をよく通す。
- 金属の錆は電気をよく通す。
- 知識として金属の特徴(いわゆる金属概念)を聞くと、彼らは次のように返答する。

金属は、

- a. ピカッと光る。
- b. 電気をよく通す。
- c. 板や針金に加工し易い。
- d. 熱をよく通す。

- 延 外
- a 光沢
 - b 電気伝導性
 - c 展性・延性
 - d 熱伝導性

← 内 包 →

言葉として記憶していても、それが金属概念形成に直結してはいないことが理解される。

一般に、概念は上図のように、それを規定する法則群や命題群(上のa~dのようなもの)によって表され、内包とよばれる。学習者は、法則に共通に出てくる金属という言葉を基に金属概念を作り上げていく。したがって、概念の形成は法則の理解と独立になされるものではない。一方、金属概念が全くなければ、法則の理解は不可能である。つまり、金属概念の外延である「具体的な金属」について理解できないで、共通性を理解することはできない。共通の性質としてまとめた言葉を何度繰り返して暗記したとしても、概念の内包の理解は成立しない。

以上のことからうかがえるように、通常の教育では、不十分な概念をもとに、その概念に関わる法則を理解する中で、しだいに概念も豊かになるというプロセスをたどることになる。金属の4つの代表的な性質(上のa~d)の中で、学習者にとって金属を代表する典型的な、光沢、電気伝導性、延性、展性の3つの性質を用いて考えられた概念形成のためのプロセスとは、およそ次のようなものである。

ここでは、

- (ア) 学習者の認識を揺さぶること。
- (イ) 概念の普遍性に気付かせること。

をねらって、各段階において適切な課題(質問)が設けられている。典型的概念の端緒

I 留意した4種類の金属(A、Cu、Fe、Pb)の共通性は光沢にある。

● 4つの物質(上記)を見ただけで名前を当てられるか。

● 見ただけで金属と分かったのはどんな性質からか。

● 分厚い湯呑み茶碗とアルミをこの湯呑み茶碗とアルミを薄くしたアルミ箔とでは、どちらが光をよく通すか。

II 概念の内包を増やす

光沢があるなら電気をよく通すという、概念の普遍化がはじまる。

● 回路に銅の代わりにアルミを入れても電球はつくか。

● アルミ以外の金属も電気をよく通すと考えるのか。

● 鉄を間にいれても電球はつくか。

III 内包の法則の普遍化

光沢のあるどんな物質も電気をよく通すというように、概念が普遍化される。

● ガムを包んでいる光沢のある紙を間にいれても電球はつくか。

● 仁丹は電気をよく通すか。

● 内包をさらに増やす

IV 金属光沢のあるどんな物質にも延展性があるという、概念のさらなる普遍化が生じる。この

とき、内包の法則の限界も理解される。

- 銅の針金を引っ張ると銅は伸びるか。

- (a) 伸びない
- (b) わずかに伸びる
- (c) よく伸びる

V 概念の一層の普遍化

金属光沢がなく、延展性がない物質は電気を通さない。

● フェライト磁石は電気をよく通すか。

● 人間は電気をよく通すか。

● ニクロム線は電気をよく通すか。

特に、段階Vでは指導者は物質の比抵抗率のオーダーをよく理解しておくことが大切である。以上の研究は、ICU高校の滝川洋二氏によって行われたが、金属に関する学習者が学校で習う前に持っている考え(これを金属の前概念という)が、どのようなプロセスを経て科学的概念に進化していくかを分析し、概念形成のための必要な条件を見つけ出そうとしている。そして、今まで十分に概念の進化を図れなかった領域の指導においても、どのような概念形成の手だてがあるかを見通そうとしている。ここで、一つ設問。「鉛筆の芯は金属か?」 答えは、読者にゆだねる。前述のa~dをチェックされたい。

イギリスのR・ドライバー(リーズ大学)は、論文「物理カリキュラムの再構成」において、子供の科学的概念形成がどのように行われるかを研究した。それによると、前概念(preconception)につ

いては、国を越えて共通のものが
見いだされている。例えば、熱は
ある種の物質のように考えられて
いる。金属棒の一端が熱せられた
とき何が起きているのかを説明
する際、十二才の子供は言う。
「熱はこらえきれなくなるまで棒
の一端に貯められて、その後棒に
そって動き出す。」金属棒の熱伝
導は、日本の教科書でも小学校理
科第4学年で、単元「もののおた
たまり方」の中で出ている。また、
「熱さ」と「冷たさ」は違うもの
と考えられている。水の棒を水中
に入れたときに何が起きているのかを
説明するのに、十二才の子供は言
う。「冷たさがいくらか氷の棒か
ら水の中に移った。」(これらは、
eriksson 1979より)これらの前概
念は、教育を受けたのにもかかわらず
らず生き残り、大学の物理学科の
学生にもそのいくつかが使われる
と述べられている。このような研
究から判明したことは次の通りで
ある。そして、子供の発達と踏ま
えた科学的概念形成プロセスが考
えられるようになった(後述①)。

⑥科学的観点からは同じ種類
とみなされる状況を、子供達
は異なった観念で説明する。

右の「熱」と「冷」のように。
(イ)同じ子供が同じ状況の中で、
場合によって異なった考え方
で反応する。このことは、
個々人が状況に対する利用可
能な「いくつかの見方」を持
っていることを示している。
この多元的な見方こそが、学
習を成立させ、概念の転換が

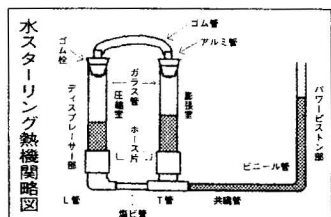
起こるのを可能にしている。
(ウ)子供達が考慮に入れる要素
の中に無理な理由付けが増加
している間は、概念の転換は
起こらない。
(エ)子供達は、実験的な証拠の
観察だけでは現象を説明でき
ない。
(オ)前概念を科学的概念に進化
させていくには、次のような
プロセスが存在する。
①子供達に彼らの概念を明確に
する機会を与える。前概念
の明確化
②その概念を説明する
③その概念を変更する機会を与
える。
④その概念と対立する体験を与
える。
⑤観察・実験などの体験
⑥新しい概念を導入する。
⑦科学的概念の有用性・
一般性
⑧獲得された概念を使用する機
会を与える。

特に、(イ)の認識は重要で、学
習者の誤答の内容には貴重なメッ
セージが含まれていると見るべき
であろう。
ところで、筆者は熱機関をどの
ように教えればよいか目下研究し
ている。熱機関とはエンジンのこ
とで、若い人たちの多くは自動車
に興味を持っている。だが、ここ
でいう熱機関は、ターボやツイン
カムの話ではなく、理念型として
の概念装置についてのことである。
理念型とは、身の回りに三角形を
したものを見て、心に思い浮かべ

る「三角形」のようなものであつ
て、人はそれを概念とも理論とも
あるいは「アイデア」ともよぶ。熱
機関は、熱を移動させ、その一部
を継続的に仕事に変換し続ける。
ウランの核分裂を制御することに
よって発生させた熱を電気に変え
る原子力発電も熱機関の仲間であ
る。そして、これらの背後に実在
する物理法則である、熱第一則
(エネルギー保存則)、同第二則
(エントロピー増大則)は、カル
ノー熱機関の研究を通して確立さ
れてきたという歴史的経緯がある。
さらに、現在の環境問題の本質が、
熱や物のエントロピー蓄積にある
こともわかってきている。したが
って、熱機関の学習は、世界認識
のための法則理解には欠かせない
ものであつて、学習者が熱機関の
概念をどのように理解していくの
かを研究することは、教育的に大
きな意味を持つ。様々な熱機関に
みられる共通性(熱機関の内包と
いうべきものは、次の2点に
代表される。
a サイクル動作を行う。
b 熱の一部が外部への仕事に換
わる。
そして、概念の外延として具体的
なエンジン装置類がある。ここで、
教材として用いる熱機関は、水ス
ターリング熱機関である。この装
置は、簡単に自作できて、水ピス
トンがゆっくり作動するのを見る
ことができる。したがって、a、
bを視覚的に確認できるので教育
的である。その動作を観察してp
-V図を得ることができれば、
Aサイクル動作の図的確認

B熱学第一則を用いた熱効率の
解析
が可能になる。元来抽象的となり
がちな熱機関の学習において、等
温変化や断熱変化などの要素過程
を組み合わせて、熱学的作動原理
に到達することは容易ではない。
その点、Aは(可逆)熱機関を具
体的にイメージし、その機能を理
解するための素材となり得ると自
負している。そのために、同熱機
関の圧縮室内の圧力pの計測に加
えてワーピストン部の水位の変

化から気体
の体積Vを
計測する方
法を考え出
した。今は
試案の段階
を越えて、
実験の段階
にある。
最後にな
りましたが、本稿を見ていただい
た片岡先生、中川先生に感謝いた
します。



第44回青少年読書感想文奈良県コンクール 高等学校の部

- 〈入選〉 『モモ』を読んで 二年七組 庄田 裕香
- 〈佳作〉 『岳物語』を読んで 三年一組 喜多奈津子

全国高校生読書体験記コンクール

- 〈優良賞〉 『自分をためすということ』 一年六組 山本 磨理
- 〈入選〉 『人間としての生き方』 三年二組 岩佐 智香

第10回読書感想画奈良県コンクール 高等学校の部

- 〈研究会賞〉 『よだかの心』 二年九組 奥村 訓浩

※本紙には、前記のうち上位入賞の二点を掲載しました。