金属学・材料科学に夢を与える 3つのポイント

川上 正 博*

ニュートンは間違っている

作用あれば反作用ありというが、壁を押した時、逆に壁から押し返されて突き飛ばされることがあるだろうか。一定の力を加えると等加速度運動をするというが、一定の力を加えてはじめて等速運動が維持されるというのが生活実感ではないか。自転車に乗る時のことを考えれば自明である。以上は私が高校生の時に初めて物理を習った時の疑問であって、その疑問が解けなかったのでもうしても物理を好きになれなかった。実はこのようにはっきりした疑問に整理できたのは物理を一応理解できるようになってからであって、当時は何か漠然とおかしいと思っていたに過ぎない。私は自分で納得しないと先へ進めない性分なので、だいたい回り道をしている。しかし、金属学・材料科学に限らず、学問を自分のものにするということは、えらい先生が言うことだから正しいと思って鵜呑みにするのではなく、自分の頭で考え納得して、自分の頭の中にその学問を構築するということに間違いはない。現在、1年次の学生に物理学Ⅲ(熱学)の講義を与えているが、まずそのことを強調している。それともう一つ強調していることがある。それは、自然界の現象は無限であって現在の学問で整理されていることは極限られた一部に過ぎず、新発見、新発明の可能性は無限であるということである。そのためにはまず疑問を持つことである。それと過去の先達はどのようにして学問を作り上げて来たのか、その道筋を勉強することが大切であることを説いている。現在は情報過多で、勉強と言えばなるべく多くの事柄を覚え込むことと思っている多くの学生達の目を開き、学問の面白さや新発見へチャレ

ンジする意欲を持たせたい、というのが第一点である。

褐色の石ころからピカピカの鉄を作ってみませんか

私の研究分野のメインは製錬工学であるが、この分野の原点は正にこの点にあると思っている。これまでの教育は、これはこうである、あれはこうであると言った机上の知識が多すぎて、それを暗記する苦痛ばかりが先にたち、これで興味を持つという方が無理である。現在の教育に欠けているものは必ず体験教育である。このパラグラフのタイトルは、東工大の助手時代から始め、本学へ移ってからもしばらく続けていた学生実験のテーマである。この実験の目的はどんな方法でも良いから、とにかく鉄鉱石から鋼を造らせることにある。許された時間によってやり方は異なる。東工大では、実験時間は2週のみであったので、第1週は鉄鉱石の水素還元、第2週に加炭溶解と脱炭をやった。本学では、8週程度の時間が取れたので、水素還元の他にコークス還元も行い、かなり多量の還元鉄を造った。その半分はプレス+焼結で塊成化し、強度の得られないことを実感させ、断面の顕微鏡観察により、脈石の介在状態を観察させた。残りの半分は加炭溶解し、脈石分離とスラグ生成の重要性を示した。加炭した鉄は再溶解し、それに酸素を吹き付け脱炭反応進行の様子を観察させた。所定時間毎に石英管でサンプルを吸引採取し、グラインダーに押しつけて火花を飛ばし、その形状、色彩観察様子より炭素含有量を推定し、大ざっぱな脱炭曲線を求めさせた。最後に、アルミニウムで脱酸して固めた。得られた鋼塊は半裁し、断面を研磨してピカピカな面を作って実験を

* 豊橋技術科学大学教授；生産システム工学系(〒441 豊橋市天伯町字雲雀ヶ丘1-1)

Three Proposals for Dreaming on Material Science and Metallurgy; Masahiro Kawakami(Department of Production Systems Engineering, Toyohashi University of Technology, Toyohashi)

Keywords: *thinking by your self, experiment on steel production, domestic iron ore, possibility of new findings, application of basic theory, development of new process*

1994年4月18日受理

終了した。この一連の実験で、現行の間接製鋼法の諸過程をシミュレートできたわけであるが、学生のほとんどが機械工学科の出身者であるにも拘らず、非常に興味を示してくれた。特に、融けた鉄に自分自身で酸素を吹き付け爆発的に反応が起こることを目の当たりにすると、驚嘆の声を上げていた。また、できあがった鋼塊は必ず持ち帰っていった。

高師小僧から鉄を造ろう

本学でもう一つ試みたことにこのテーマがあった。高師小僧とは写真に示すように、鉄分を多く含む褐色の円筒である。これは鉄分を含んだ地下水から植物が水分を吸収する時、根っこの周りに酸化鉄が析出したものである。この析出により、根っこは枯れてしまい中空の円筒だけが残ったものが高師小僧である。これは豊橋の高師原で多く見られたのでこの名前が付いている。今でも宅地造成などで掘り返された地面から比較的簡単に見つけられるので、ある年の実験の一部として、このテーマを取り上げた。

高師小僧には50パーセント弱の酸化鉄が含まれているが、水素で還元してみると、確かに質量は減少するのだが、生成物はとても金属鉄とは見えなかった。そこで、低品位鉱石の処理は湿式処理の方が良いだろうと考え、塩酸溶液の中に入れて鉄分の浸出を行い、その溶液から電解で鉄を得ることを試みた。ところが、電解しても水素発生が起こるばかりで鉄の電析量は微々たるものであった。これは鉄の溶解形態が3価であったためかもしれないので、まずは溶液内で2価に還元してから電解しようということになり、手近にあった還元剤として写真の還元剤であるハイボを添加してみた。しか

し、結果はうまくいかなかった。これらのプロセスはすべて学生と相談しながら行った。結局「高師小僧から鉄を造る」ことは失敗におわったのであるが、学生達にはその体験自体が面白かったようで、その中の数人は卒業研究のための研究室配属時に当研究室を選んでくれた。

これら二つの学生実験指導の経験からの結論は、学生達は実体験に飢えており、うまく導けば材料学の分野に興味を示す、ということである。体験教育を学生に、というのが第二点である。

コロンプスの卵を探しませんか

20年前にスウェーデンに留学した時に与えられたテーマはステンレス鋼の脱炭であった。これはCaOに富むスラグパウダーを溶鋼中に吹き込み、 P_2O_5 の活量を極端に下げると同時に反応界面積を増やすことにより実現しようという試みであった。このアイデアをエクトープ先生からうかがった時、いたく感激したのを思い出す。熱力学の講義では平衡定数や活量はこう定義され、活量はこうすれば求められる等は習うが、それをどう利用するかは習わなかったように思う(先生は教えたけど、学生は習わなかった、でしたら先生ごめんなさい。)。酸化精錬を促進するには漠然と酸素ポテンシャルを上げるものだ、ぐらいにしか考えていなかったのも、生成物の活量を下げて反応を促進させようという考えには非常に感激した次第である。そう思って見直して見ると、AOD(argon oxygen decarburization)の脱炭原理も全く同じである。これらはコロンプスの卵的で、示されてみればなるほどということであるが、実はその背景には製鋼温度においては異相界面では局部平衡が成り立っているとする仮定が含まれている。

現在、金属製錬の理論はかなり進んでおり、確立の域に入ろうとしている。しかし、その理論を十分に活かしきれているかという、必ずしもそうではないように思われる。新プロセスの開発には無限の可能性があるとされる。そのためには、まずこうなれば良いなといった夢を持つこと、そして、そのために改めて理論を勉強し直すことである。当研究室では、このような方針で研究を進めている。皆さんも一緒にコロンプスの卵を探しませんか。応用の観点から理論を見直そう、というのが第三点である。