化学系技術者の自己学習システムの必要性

Necessity of Self-Learning System for Chemical Engineers

石原 顕光
Akimitsu ISHIHARA

吉川 美雪
Miyuki YOSHIKAWA

朝倉 祝治
Shukuji ASAKURA

創造性が求められている化学系技術者に対して、技術開発の現状や基礎の学習環境に関する詳細な面談調査を行った。その結果、現在の技術開発は経験に基づくノウハウに頼っており、技術や現象の本質を捉えたうえで行われているのではないことがわかった。その原因の一つは、技術者が基礎を十分に習得していないことであった。しかし技術者の基礎学習を支援する状況が少ないことも明らかとなった。そこで技術者個人の自己学習を直接支援するシステムが必要であることを述べ、その学習システムが持つべき特徴に言及した。

キーワード：工学基礎教育、創造性開発、自己学習システム

Nowadays, the creativity is an ability especially required for chemical engineers. We interviewed such engineers and investigated elaborately the current situation of the technology development as well as the conditions to learn the basic knowledge. As a result, we found out that the present technology has been developed on the basis of the know-how through experience but not been based on the essential understanding about technology and phenomenon. One of the reason is that the chemical engineers have not aquired the basic knowledge enough. But at the same time, we also made it clear that there are few opportunity to support them in learning the basic. Therefore, in this paper we describe the necessity of a system to help an individual engineer in his self-learning and explain some features which such system should possess.

Keywords : Engineering Basic Education, Developement of Creativity, Self-Learning System

1. はじめに

技術者の創造性の開発が、企業組織さらには国家組織の戦略として重要視されている[1],[2]。そして技術者の創造性を高めるための具体的提言がなされ、種々の方策が検討されている[3],[4]。しかしこれらは主に企業組織や教育する立場から述べられており、創造性を求められている化学系技術者の技術開発の現状や彼らの率直な意見を詳細に調査した内容は少ない。筆者らは平成9年度に文部省からの委嘱研究「高等教育機関における技術系キャリア開発のためのリカレント教育モデルに関する実証的研究」を実施し、様々な業種の企業に所属する30代の化学系技術者と彼らの技術開発を直接管理する上司に詳細な面談調査を行う機会を持った[5]。上記委嘱研究の終了後も、一部の化学系技術者と接する機会を持ち、継続的に彼らの技術開発に関する調査研究を行ってきた。本稿では化学系技術者の立場から現在の技術開発の状況を捉え直し、彼ら

が必要としている学習システムについて言及する。

2. 化学系技術者に対する面談調査の概要

所属企業の業種を問わず、実務において主に化学現象が関与する技術・現象を取り扱っている技術者（本稿では化学系技術者と呼ぶ）に面談調査を実施した。本調査は何よりも化学系技術者の業務内容に立ち入った率直な意見を聴くことに主眼を置いた。そのため関連分野の専門家が調査員となり、自由対話形式で行い、対話を発展させながら本音を引き出すこととした。

化学系技術者に事前に調査の目的及び質問内容を提示し、調査協力を依頼した。承諾を得た後、筆者らが勤務先に出向き、1～2時間の面談による聞き取り調査を行った。質問内容は技術開発の現状とそれに対する意見や社内・社外教育の実施状況、基礎学力に対する意見である。回答総数は22人であり、その所属企業は20社（業種：化学・鉄鋼・非鉄金属・機械・石

油・鉱業・金属製品・電気機器・建設・医薬品・電力ガス・精密機器・輸送用機器)に渡る。所属企業の規模を従業員数で分類すると図1となる。調査対象者は

図1 調査対象者の所属企業の従業員数による分類
(20社)

面談当時、ほぼ全員が30代であり、入社5年から10年程度の業務経験を持ち、技術開発を担当している。

3. 面談調査の結果

3.1 化学系技術者の技術開発の現状

化学系技術者の技術開発の現状に対する具体的意見を列記する。回答者の所属企業の業種を括弧内に付記した。

「体験したことのない問題が生じると、対処の仕方がわからない。しかし本質的に解決する時間がとれないので小手先でなんとか対処している。(機械)」

「根性と体力。これに締め切りが加わって、業務をこなしている。また、これらで業務をこなすしかない。(化学)」

「理論的予測や考察は行わず、従来の経験のみに基づき、実験回数をこなして対処している。(電気機器)」

「開発中心でスピードアップが求められており、ゆっくり思考している時間がない。(医薬品)」

「次々とくる業務に追われ、それらをこなすことで精一杯である。自分の興味を持続させることが困難である。(化学)」

「基礎的な立場から現象を考え対処することができない。(電気機器)」

「大学の専門以外の基礎知識が必要となるが、習得している時間がなく、先輩や上司に聞いてなんとかノウハウ的に対処している。(電気機器)」

これらの回答から、現状の技術開発は、締め切り・納期に間に合うように、従来の経験で得られたノウハウやマニュアル的知識、周囲から入手した関連情報を駆使し、盲目的に実験を繰り返すことにより行われていることがわかる。

3.2 技術開発の現状に対する意見

前述のような技術開発の現状に対する意見を図2に集計した。

図2 技術開発の現状に対する意見

図2にみられるように、ほぼ全員が現状に対して改善すべきと考えている。しかし実際には次の意見に見られる通り、改良は行われていない。

「業務をこなしてゆく一方で、内容についてももう少し深く追求したいという意欲はあり、例えば関連論文などを集めたりする。しかし現実には次々とくる業務を果たしてゆくのが精一杯で、論文はたまってゆき、2年、3年と経過してゆく。(医薬品)」

「直接業務に関連していないことでも、自分のレベルアップのためには理解していないといけないと皆感じている。しかし現状では時間がとれずコンプレックスを感じている。(化学)」

「アカデミックな研究に対する潜在的な欲求は、多くの人が持っている。しかしそれを実現してゆく能力を身につけるために必要な具体的手法がわからない。(化学)」

「大学の専門以外の基礎知識を習得する必要があるが、具体的な方法がわからない。(電気機器)」

このように多くの化学系技術者は研究・技術開発の現状に反省を感じ、「現象や技術の本質を捉えた研究・技術開発を行いたい(化学)」という強い欲求を持っている。しかしそれは実現されていない。

4. 面談調査結果の分析

4.1 創造的な技術開発を妨げる要因

創造的な技術開発に必要なこととして西澤潤一はまず「自分の頭で考える」ということであり、「自分によくわからないことは、トコトンまで考え抜くという真面目な態度」であると述べている[6]。現実の化学系技術者に創造的な技術開発を行っているという実感がないのは、この「自分で考える」ことや「トコトン考え抜く」ことが行われていないということであろう。これらが行われていない原因は、技術者の立場からは外的要因と内的要因に分けられると思われる。以下順に述べてゆく。

(1)外的要因

企業は営利を目的とした組織であり、競争に勝って営利を得るためには、納期・締め切りが重要である。納期遵守のためには過去の業務経験から得たノウハウ的な知見に基づき、盲目的に実験を繰り返すことが必要となる。そして個人的に興味を持ったことがあったとしても、すぐに別の業務が与えられ忘却してゆくという行為を繰り返している。そのため「トコトン考え抜く」時間的余裕がなく、経験によって鍛えられるべき技術者の勘は、いつまでも技術や現象の本質を直観的に捉えた独創的なものに仕上がらない。

企業は技術者に創造性を求めるという。しかし多くの企業組織が技術開発の現場で求める創造性とは、納期・締め切りを第一とする製品開発のための創造性である。この意味で企業が技術開発の現場で求める創造性とは、短期的な製品・技術開発に直結した明確な方向性を持つ創造性であると言ってよい。企業組織のトップは本質からの技術開発が必要と考えているかもしれないが、化学系技術者を直接管理・統括する現場の管理職レベルでは、本質からじっくりとよりも、納期遵守が先決という雰囲気が大半を占めている[5]。

また、技術者が個人レベルで持つ創造性の源である好奇心や興味は本質的に無方向性であり、企業の求める明確な方向性を持つ創造性とは相いれないことも多い。梅棹は対談の中で「各企業などでいわれている創造性の開発というようなものは、むしろ組織の中での適応の仕方の一つの型に過ぎないということもいえる[7]」と指摘している。個人レベルでは「だれでも創造力の芽はいっぱい持っている[7]」のだが、「それを自由に発揮できるようなシチュエーションが現実にはほとんどない[7]」、すなわち技術者が個人レベルで持つ好奇心や興味は、短期的な製品・技術開発に直結しない限りそれを育成しうる状況はないのである。

(2)内的要因

技術者は本質的対応ができていない原因を納期遵守などの外的要因にのみに負わせているのではない。納期遵守の中でも、自分の能力が上がり、より本質を捉えた技術開発ができるはずであると考えている。彼らが様に述べることは基礎学力の重要性であり、それが欠けているために自分で考え抜くことができないという自覚である。基礎の重要性の認識に関する意見の調査結果を図3に示す。但し面談調査において、基礎とは大学理工学部での数学・化学などの教養基礎科目及び物理化学などの専門基礎科目に相当する内容とした。基礎をそれほど重要視していない2名は、販売される商品に直結した開発競争の激しい業務に従事し、スピードアップが求められており、基礎よりもむ

図3 基礎の重要性の認識に関する調査結果

しろ関連の先端情報が重要という意見であった。このように商品に近い技術開発を行っている技術者以外は基礎を重要と考えていることが明らかである。教育に携わる側もそのことは承知しており、例えば論理的思考力を養成する方策などが実施されている[5]。筆者らは基礎学力の中で特に化学熱力学という化学現象の基礎となる理論に注目し、化学系技術者を対象とした公開講座やセミナーを実施してきた。その受講者の目的は、要するに強固な基礎力を養成したいというものである[8],[9]。彼らは「むずかしいことがわからないからといって、仕事のできない人はほとんどいない。しかしやさしいことがわかっていないために仕事のできない人がほとんどである[6]」ことを実感している。

4.2 内的要因の分析

前述のように基礎の重要性は、化学系技術者において広く認識されている。それでは基礎を実務に活用できるレベルまできちんと習得している化学系技術者はどの程度存在するのであろうか。筆者らは化学熱力学に関する公開講座やセミナーを実施する際に簡単な理解度調査を行った。その結果、マニュアルの計算はできても基本原理の理解が非常に低いことが明らかとなった[8]。そして企業での実務経験を長く積むことが必ずしも基礎を理解することにはつながらないことを知った[8]。基礎の習得の必要性に関する調査結果を図4に示す。これは図3と相関が

図4 基礎の修得の必要性に関する調査結果

あり、基礎が重要であると認識している20名が全てその習得の必要性を感じていた。このことは現実には基礎が十分に習得されていないことを意味している。ではその原因はどこにあるのであろうか。技術者の

意見は次の2つに集約される。まず(1)習得のための時間がない、そして(2)独学では習得は困難である。

調査対象者の所属企業20社において基礎教育に関する具体的対応の調査結果を図5に示す。大手化学メ

図5 企業の基礎教育に対する対応 (20社)

ーカー1社(社内に基礎教育のための専門機関・施設を持っている)を除き、19社が具体的な対応を行っていなかった。その原因は、基礎は大学時代に習得しておくべきであり、不十分な場合には個人レベルで対応すべきだという企業の姿勢がある[10]。このため、技術者は業務の合間に独学せざるを得ない。しかし前述の原因の(1)、(2)のために、結局いつまでたっても習得できないことになる。

また学習カリキュラム上の問題も存在する。筆者らの経験によれば、従来の基礎の学習カリキュラムは基本原理から始まる積み上げ式学習であり、現実問題との関わりがなかなか見えてこず、学習意欲を減退させてしまう[9],[11]。つまり基礎を従来の学習カリキュラムで習得するという方法は、現場の技術者においては実状に合わない非効率的な方法なのである。現場の技術者においては、現実の業務の中で基礎が適用できる部分を見つけだし、簡単なところから実務の中で基礎を活用してゆくのが理想的な習得方法であると考えられる。

5. 自己学習支援システムの必要性

前節で述べた本質的対応を妨げる要因のうち、外的要因は容易には変えられないであろう。「日本企業での能力の開発と発揮は強制された自発性を通して進められる[12]」と指摘されるような企業組織の体質は一朝一夕には変わらない。さらに「結局日本企業はプロフェッショナルを求めている」という熊沢の指摘[12]は鋭く、先端の研究開発に従事する一握りの研究者を除く大多数の技術者は一組織人としての役割しか求められていないことを認識させる。しかし技術者は一組織人であるとともに一技術者であり、技術開発を通して自己実現を目指す存在でもある。組織の論理とは別に技術者個人として、技術開発を通しての自己実現ということを考える必要があるように思われる。そ

のためには具体的にどのような手段が考えられるであろうか。

筆者らはまず内的要因である基礎学力の不足を解消すべきであると考えている。多くの化学系技術者が考えているように、基礎学力の向上により技術や現象の本質を捉えることができるようになり、上司を筆頭とする周囲に対しても説得力のある技術開発を行うことができるようになる。しかし前述のように基礎学習には様々な障害があり、個人レベルで容易に行いうるものではない。そこで自発的学習意欲を持つ化学系技術者の基礎学習を個人レベルで支援するシステムが必要であると考えられる。これは企業組織の積極的な支援が得られない以上、個人の学習を企業組織を通さずとも直接支援できなければならない。この学習支援システムの持つべき特徴を次に挙げる。まず学習内容として(1)現実問題と基礎との関わりが具体的に与えられていること、(2)現実問題から基本原理へアプローチできる学習カリキュラムが編成されていること、(3)個々の技術者が各自の必要に応じた学習カリキュラムを編成できることである。そして学習環境として(4)時間的制約ができる限りないこと、(5)所属組織の支援がなくても学習しやすいことである。

(1)は即効性と実用性を実感し、基礎の自己学習の動機付けを定着させるために必要である。これは自己学習を持続させる意欲の源泉ともなるであろう。しかし現実問題を基本原理から捉えることは、厳密な論理的思考が必要である。例えば化学熱力学では、現実問題は化学ポテンシャルを利用して対応できるが、化学ポテンシャルを熱力学第一法則・第二法則から根本的に理解するためには時間が必要である。そのため従来のように基本法則から化学ポテンシャルを導出するというカリキュラムではなく、逆に化学ポテンシャルから基本法則に戻って学習できるカリキュラムが必要なのである。これが(2)である。さらに(3)として従来のカリキュラムでは業務に関連する部分以外も多く学習する必要があるが、現場の技術者ではとにかくまず自分の業務とかかわっている部分を完全に理解し、習得する方法が良いと思われる。それに応じて必然的に周囲の知識も増え、結果として業務に直接は関連のない部分も学習できると思われる。

学習環境の(4)及び(5)は既に述べたように、技術者が個人レベルで学習することを考えると、必要な要因である。学習環境に必要な要因を満たす学習システムとして具体的には、IT技術の利用が考えられる。これらを利用することにより、問題対応への即時性、時間的制限の緩和などが計られる。

これらの5つの特徴の中で、特に(1)、(2)が重要であ

る。技術開発の現場で、基礎が重要であるという認識が共有されているにもかかわらず、実際にどのような対策も講じられていないのは(1)、(2)を行うことが極めて困難なためである。(1)、(2)を行うためには、基礎とともに現場技術に対する深い造詣が必要となる。企業の熟練した技術者は現場技術に秀でているが、基礎から関連づけた学習カリキュラムを組むことはできない。逆に大学の研究者は基礎の理解は十分であっても、現場技術の詳細を知らない。従来にない現実問題から基本原理へアプローチできる新たな学習カリキュラムを作成するには、グループワーキングが必要となるであろう。

コンピュータを用いた学習カリキュラムの具体的な内容に関しては、筆者らの専門である工業物理化学の中の化学熱力学に関してアイデアを持っているが、それについては別稿で述べたい。

6. まとめ

創造性が求められている化学系技術者に対して、技術開発の現状や基礎の学習環境に関する詳細な面談調査を行った。その結果、現在の技術開発は経験に基づくノウハウに頼っており、技術や現象の本質を捉えて行われているのではないことがわかった。その原因の一つは、技術者が基礎を十分に習得していないことである。しかし技術者の基礎学習を支援する環境も少ない。そこで個人の自己学習を支援するシステムが必要であることを述べ、その学習システムが持つべき特徴に言及した。

参 考 文 献

- [1] 技術者教育政策研究フォーラム編：ハイテク日本の人づくり戦略－問われる技術人材の養成－,34,通商産業調査会(1987)
- [2] 日本工学会編：21世紀への科学技術教育－基礎教育の振興と人材育成－,141,日刊工業新聞社(1997)
- [3] 宋相載：次世代に向けた工学教育の理念と要件,工学教育46,6,16(1998.11)
- [4] 島田彌：今後の技術者に必要な基礎的能力の育成方策,工学教育,48,1,26(2000.1)
- [5] 文部省委嘱生涯学習活動の促進に関する研究開発(平成9年度)：高等教育機関における技術系キャリア開発のためのリカレント教育モデルに関する実証的研究報告書,30(1998)
- [6] 西澤潤一：西澤潤一の独創開発論,26,工業調査会(1986)
- [7] 梅原猛他：現代日本を考える,54-55,集英社(1984)
- [8] 石原顕光・吉川美雪：化学熱力学に関する化学系

社会人技術者の現状の調査研究,化学と教育,48,9,(2000.9)

- [9] 石原顕光・吉川美雪：化学系社会人技術者に対する化学熱力学の学習講座に関する研究,化学と教育,投稿中。
- [10] 石原顕光・吉川美雪・朝倉祝治：化学系社会人技術者における基礎学習に関する一考察,化学と教育,投稿中。
- [11] 石原顕光・吉川美雪：社会人技術者の独創性と工学専門基礎の可能性について－化学系民間企業における講座実施を通して－,日本生涯教育学会論集20,193 (1999.7) ..
- [12] 熊沢誠：能力主義と企業社会,158,岩波書店(1997)

著 者 紹 介

石原 顕光

1988年 横浜国立大学工学部安全工学科卒業
1993年 横浜国立大学大学院工学研究科博士課程後期修了
現在 有限会社テクノロジカルエンカレッジメントサービス 取締役・横浜国立大学工学部非常勤講師

吉川 美雪

1991年 横浜国立大学工学部物質工学科卒業
1995年 横浜国立大学大学院工学研究科博士課程後期中退
現在 有限会社テクノロジカルエンカレッジメントサービス 主任研究員・横浜国立大学工学部非常勤講師

朝倉 祝治

1968年 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了
1974年 横浜国立大学工学部助教授
1988年 横浜国立大学工学部教授
現在 横浜国立大学大学院工学研究科 教授