

プラントエンジニアリング産業の技術伝承（その 2）

環境企画 松村 眞

4. 技術の伝承と技術者の育成

現在、団塊世代の退職を契機に技術の伝承が懸念されているが、企業は人材の新陳代謝が前提だから、技術の伝承は従来から行われてきたし、日常業務の一部でもある。私は学卒でエンジニアリング会社に入社したが、入社以降、数年にわたってかなり緻密に設計された教育を受けた。初めは技術系も事務系も一緒に集合教育で、会社の組織や部門の職責を教わり、合宿して親睦を深めた。会社の仕組みを知り、部門の役割を知り、ともに働く仲間を知るのが目的だった。2ヶ月目に入ると所属部門に配属され、数年間は先輩から教わりながら仕事をして、少しずつ専門技術の職能を身につけていった。業務を通して職能を習得するOJT（オンザジョブトレーニング）だから、技術の伝承と言ってもよい。OJTとは別に座学や演習を中心とする講習会もあり、集中的な専門技術教育も受けた。講習会は小さな説明会も含めると分野別に100種類以上あったと思う。部門によって必須科目と選択科目があり、5年ぐらいの期間に十数科目を受講したが、社歴10年を過ぎても年に数回は研修プログラムに参加していた。講師の多くは社歴十年以上の中堅社員で、社外の専門家が担当することもあった。大学の教育と違って実務に直結していたから、興味ももってて有益だった。こうしたOFF-JTは人材開発とか職能育成と呼ばれていたが、実質的には技術の伝承と同じである。違いがあるとすれば、技術の伝承というと指導者が必ずシニアの社員で、指導を受けるのは若手社員という限定だけであろう。

5. 技術の構成要素と職能育成（＝技術の伝承）の方法

技術者の職能育成や技術の伝承を考えるには、技術の内容をもっと具体的な構成要素に分解しておくのが望ましい。というのも構成要素によって習熟や蓄積の方法が異なるからである。そこで技術者が仕事をする状況を想定し、何をどのように必要としているか考えてみる。今、A氏がジュースを濃縮する装置を設計するものとする。初めに必要な生産量や濃度条件が、顧客からの仕様情報として示されるだろう。A氏は頭の中で、普遍的な情報としてジュース原液の沸点が約100℃ということと、熱源には圧力が3キロの低圧蒸気を使えることを知っている。だがこの蒸気の温度までは覚えていないから、蒸気表から133℃ということ調べる。つまり自分の頭の中にはないけれど必要な情報が何かを判断

して、外部から入手するのである。設計業務を工場の製造工程のように表現すると、A氏の原料情報倉庫に、顧客からの仕様情報、頭の中にある既存の情報、新たに入手した情報という3種の情報が用意されるのである。A氏の仕事はこの情報を加工して装置を設計し、製品情報倉庫に設計情報を収納することにある。この流れを概念的に示すと図3.になる。

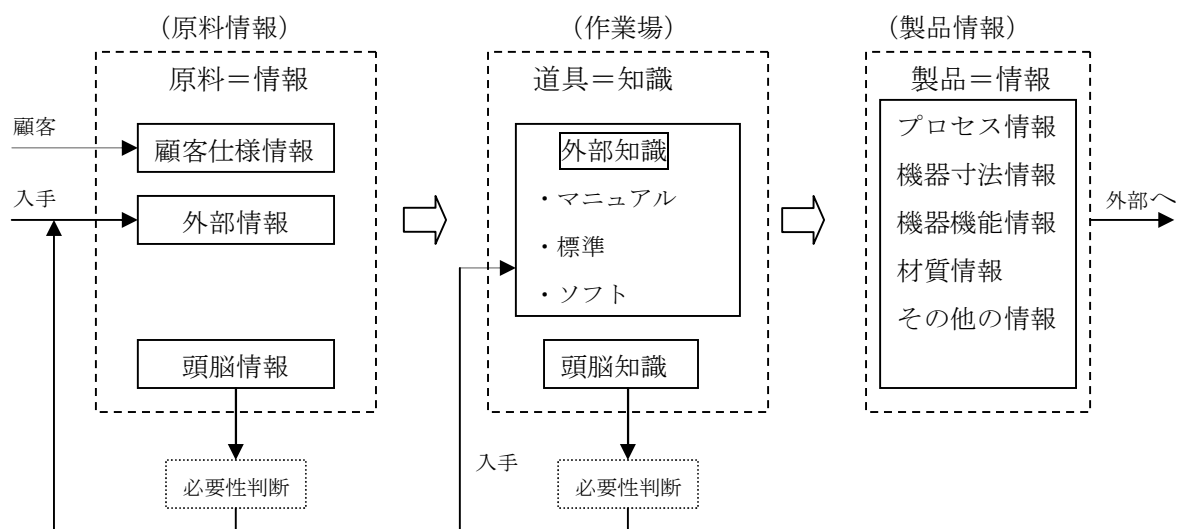


図3. 設計業務のフロー

必要な情報を用意したA氏は設計作業に入るのだが、装置を設計するには知識と呼ばれる道具を使う。一つは頭の中にある「ジュースを濃縮するには円筒形の蒸発缶を使うのがよい」という知識である。情報と知識の違いは、たとえば「水の沸点は100℃である」というのが情報で、「水の沸点は100℃だから、蒸気を得るには100℃以上に加熱すればよい」というのが知識である。情報は事実を示すだけなのに、知識はある目的を達成するにはどうすればよいか、つまり情報をどう使えば目的とする別の情報に加工できるかを示す道具なのである。さてA氏は蒸発缶の大きさを計算しなければならないが、計算方法は覚えてはいない。だからマニュアルという外部知識を持ってくる。マニュアルにしたがって計算をしようとしたら、標準寸法を使えばよいことがわかったとしよう。この標準も知識だし、設計用のコンピュータソフトも知識である。こうしてA氏は蒸気加熱ジャケットのついた円筒形の蒸発缶を設計し、形状と大きさを示すスケッチと材質の仕様、それに所要蒸気量をこの仕事の製品情報倉庫に収納して作業を終了する。A氏が業務を遂行するのに使用したのは、情報（仕様情報、外部情報、頭脳情報）と知識（外部知識、頭脳知識）だった。このうち顧客からの仕様情報は案件に付随する条件だから、その都度入手するもので蓄積性がない。したがって職能を育成するとか技術を伝承するということは、個人の頭脳に蓄

積する普遍的な情報と知識、および組織として蓄積する情報と知識を充実させることには
 かならない。組織に蓄積する情報は、図 4. に示すデータベースのような普遍的な情報で、
 知識はマニュアルや標準など普遍的な知識である。なお俗にスキルという概念は、個人の
 頭脳にある情報と知識を言い、組織に帰属するものではないと考えている。

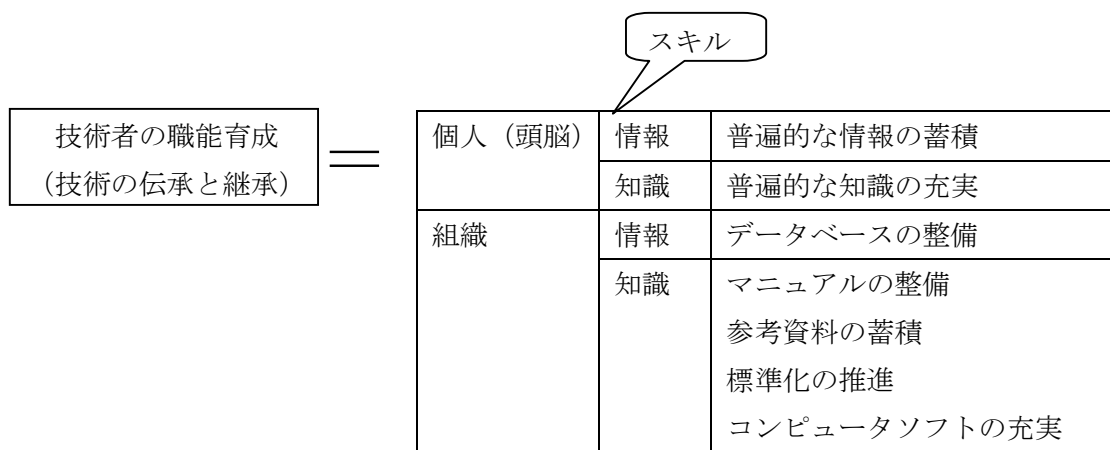


図 4・職能の育成（技術の伝承）の方法

6. 電子媒体の出現と影響

技術者の職能育成や技術の伝承は、個人と組織の情報と知識の充実だが、重要なのは情報と知識を保持する媒体の特性である。媒体によって蓄積量と密度、アクセス性、信頼性、共有性に差があるからである。人類がこの世に誕生しても、数百万年にわたって情報や知識を保持する媒体は頭脳だけだったから、人に伝承する方法は言い伝えだった。頭脳から頭脳に人を介して伝えるだけだから、量は少なく断片的で、伝えるたびに不正確になり消滅していった。面談できる範囲の伝承だから広範囲の共有化は困難で、蓄積性が乏しく、組織の資産にはならなかった。だが 3 万 5 千年ぐらい前から石盤や壁に出来事を絵文字で記録するようになり、情報や知識を保持する頭脳以外の媒体の利用が始まった。次第にさまざまな文字が発明され、情報と知識が面談を経ずに人から人に、世代を超えて伝えられるようになった。やがて印刷が発明され、伝承の範囲は国際的な規模にまで拡大した。文書は蓄積性があるので、個人の頭脳の容量をはるかに超える情報と知識を残し伝えることができる。その結果、文明は大きく発展して技術の発達を促進した。現在も情報と知識を媒介する印刷物の存在価値はきわめて高い。だが 20 世紀の後半になって、人類は印刷物に代わる画期的な情報媒体を手に入れた。コンピューターを中心とする電子媒体である。

ほんの数十年前に開発された電子媒体は、今では誰でも使える道具になり、家庭のパソコンでさえ数百冊の百科辞典に匹敵する容量を保持できる。小型の電子媒体なしに携帯電話は普及できなかつたし、デジタルカメラのメモリーは、100年も使われてきた銀塩フィルムを数年で駆逐する勢いである。電子媒体の発達には500年前の印刷の発明を凌駕する革命的な出来事と言ってよい。電子媒体は印刷物と比べて蓄積容量が大きく蓄積密度が高いから、保持に必要な容積が圧倒的に少ない。私が大切にしていた30冊の百科事典は、今では2枚のCDに取って代われ、しかもアクセスが早くて容易である。電子媒体は信頼性が高く編集も印刷物より容易である。費用も安価だから、近い将来、ほとんどの分野で印刷物は電子媒体に代替されるであろう。辞書や百科事典はすでに代替されているが、多くの書籍が代替されるのも時間の問題であろう。書斎の書架は重い書籍から、ハードディスクやCDのラックに代わる可能性が高い。私が知る公的な技術開発機構は、一般開放していた数百平方メートルのライブラリーを閉鎖してしまった。公開していた資料の電子媒体化を完了し、外部から直接アクセスできるようにしたからである。

技術の伝承も保持媒体の画期的な変革を前提に考えなければならないが、表2. に示す優れた特性から、電子媒体は従来の文書方式よりはるかに大きなメリットをもたらす。印刷物と違って外部からアクセスするのが簡単だから、情報を求める人は資料の保管場所に行かずに自分のパソコンで「読み出す」ことができる。大量の蔵書を誇る図書館は蔵書を倉庫に収納し、主にオフィスでサーバーを管理する数人で運営できるようになるかもしれない。一方、誰しも情報の占有が困難になるので、情報の独占で存在価値が高かった職種は存立の基盤が低下する。おびただしい条文や判例の記憶を求められていた法律家は、データベースと検索エンジンの発達で、負担が軽減すると同時に情報依存の存在価値が低下するだろう。企業の中でも、長い間、いわゆる「もの知り」の存在価値が高かった。多くの分野に「神様」と呼ばれる人がいて、この問題は「あの人に聞けば知っている」という希少価値で存在価値を認められていた。頭脳に大量の情報を蓄積していたからである。だがデータベースの整備とパソコンの普及で、「神様」の存在価値は大きく低下するであろう。電子媒体が組織での共有性に優れているからである。

表2. 情報と知識の媒体

媒体		蓄積性能		アクセス性能		信頼性能			組織	
		量	密度	速度	検索	保存	品質	網羅	体系	共有性
頭脳		△	◎	◎	◎	△	△	△	△	×
外部 媒体	紙	◎	○	△	△	○	○	○	○	○
	電子	◎	◎	◎	○	◎	◎	○	○	◎

7. プラントエンジニアリング産業の技術伝承

プラントエンジニアリング会社やエンジニアリング事業部の技術者は、職務を遂行するのに表3. の情報と知識を利用するが、その保有と帰属には個人型と組織型の2種類がある。個人型は頭脳内部の記憶だから、その存在価値は近い将来も現状と大きく変わらない。一方、組織型は電子媒体が中心だから蓄積量が増大し、重要性が大きく拡大するであろう。まだ歴史が浅いので、編集方式にも検索システムの構造設計にも改善の余地があるが、今後大きく発展することは間違いない。すでにエンジニアリング専門のA社は資料室を閉鎖したと聞いている。代わりに資料室の蓄積情報を電子化し、エンジニアが机上のパソコンから「読み出せる」ようにしたのである。私はプロセスエンジニアだったとき、何度となく資料室に通い、目的とする設計図書や技術資料を調べた。資料室は自分のデスクから離れた建物にあったから、往復で数分を費やしていた。目的データを探すのも大変で、分厚い図書を何冊めくっても該当データを見つけられないことがあった。資料室に登録する設計データの項目や、資料のタイトルが登録者任せだったから、検索が困難だったのである。しかし今では適切なデータベース設計と検索エンジンの発達で、パソコンから情報と知識を容易に読み出せるようになった。資料室で調査目的にはない雑誌を読んで息抜きをし、来合わせる同僚との雑談を楽しめなくなるのは残念だが、作業効率の向上は大きいであろう。

表3. 技術的な職務遂行に使用する情報と知識

保有と帰属	情報と知識の別	内容	媒体	重要性
個人型（頭脳）	情報	普遍的な情報	頭脳	変化なし
	知識	普遍的な知識		
組織型	情報	データベース	印刷物 ⇒ 電子媒体	大幅に拡大
	知識	マニュアル 参考資料 標準化資料		
		コンピュータソフト	電子媒体	

次の課題はエンジニアが業務の遂行を通じて獲得した情報や知識を、組織が管理する電子媒体に移管してもらうインセンティブ（動機）の確保にある。私がプロセス設計を担当していた頃も、採用した設計情報を資料室に登録するように求められていたが、正直なところ熱心に協力してきたとは言えない。一つの案件を終了する頃には、次の案件が始まり多忙というのが建前の言い訳だが、本音は作業が面倒で気がすまなかった。登録は組織

や後輩には有益でも、自分にはもはや不要だからでもある。しかし各エンジニアが登録しなければ、組織として情報と知識の充実が望めない。そこで登録作業を容易にする工夫と、情報と知識の組織化という企業貢献を評価する仕組みが必要になる。このためエンジニアリング専門のB社は、プロダクトをなるべく加工せずに電子媒体に登録できるように、業務のフローを再構築している。今はプロダクトが作成段階で電子化されているから、文書の頃に比べて登録作業ははるかに容易になった。またB社は個人単位ではなく、部門単位で検索しやすいキーワードを統一しようとしている。キーワードを組織で標準化し、共有することで検索の迅速性と打率を高めているのである。このような工夫は個人や情報システム部門にはできないので、実務遂行部門の組織的な関与が必要である。その上で、実務部門の管理者は、情報や知識を登録するという組織貢献を評価し、インセンティブを確保するのが望ましい。電子媒体の発展で情報と知識を蓄積する手段は手に入るようになったが、エンジニア自身が入手した道具に「魂」を入れる仕組みが必要なのである。

情報と知識の共有化については、日常的な業務のほかに予期せぬ事態が発生した場合の情報と対策もあり、得られた知見は企業の貴重な財産になる。再発防止策を日常業務に定着させることによって技術水準が向上し、将来の収益に寄与するからである。しかしこの場合は得られた情報と知識を、共有化のために加工する「普遍化作業」がともなう。エンジニアは個人として、あるいは会社としても未経験の業務に直面し、問題を克服する過程で新たな情報と知識を獲得してゆく。だが直面した経験や解決策は案件に付随する情報に過ぎないから、その時点では組織の共有財産には転化されない。書類が担当者のデスクの引き出しに収納され、部門が管理するキャビネには移されないようなものである。類いのトラブルが繰り返されるのも、貴重な情報や知識が当事者にしか蓄積されず、組織としては伝承されないからである。

そこで多くの会社がトラブル事例集を作り、貴重な知見の共有化を図っている。しかし前提条件の異なる案件の事例集では日常業務のフローに組み込めないから、あまり未然防止の役には立たないであろう。貴重な知見が後輩や未経験者に有効活用されるには、獲得した情報と知識から案件固有の特殊要因を排除し、普遍化して業務フローに定着させなければならないのである。予期せぬトラブルには直接要因と間接要因があるが、かりに直接要因が案件固有の特殊要因だとしても、間接要因は普遍性が高い場合が多い。このためトラブルが発生したら、事後処理業務に因果関係の解明だけでなく、普遍化作業を組み込むのが望ましい。再発を防ぐ未然防止策に転換し、標準やマニュアルに加工する作業は、案件の担当者に適していないかもしれない。連鎖的な因果関係の解明と特殊要因の排除には、第三者の冷静で客観的な判断が望ましいからである。このため、できればスタッフ部門の関与が望ましいが、その場合もトラブルの原因解明から普遍化を経て、標準化やマニュアルへの転化まで含めた手順を体系化しておくのが有益であろう。

電子媒体の有効活用によって組織が情報と知識を豊富に蓄積し、エンジニアが容易に検索できるようになれば、技術の伝承や職能育成は大きく進展するだろう。整備された情報インフラ基盤は文書の時代よりはるかに利便性が高く、エンジニアが職能を発揮するのに大いに役立つに違いない。一方、個人のスキルアップには OFF-JT による教育研修プログラムの充実も必要である。エンジニアリング専門の C 社は、常時、100 種類以上のプログラムを用意し、受講を希望するエンジニアはイントラネットを通して自由に申し込めるようにしている。必須科目や選択科目の別はなく、時間の余裕さえあれば何科目でも受講できるが、勤務時間にはカウントされない。基本的な考え方は職能水準の向上は本人の自己責任であり、会社はその環境を整備して支援し、業務で発揮された成果を評価する立場にあるとするものである。私が入社した 1960 年代は、職能育成は会社が全面的に計画し実行するという考えが強かった。だが終身雇用と年功序列から成果主義に移行するにつれて、職能育成は個人の主体性による自助努力に移行しているのである。C 社の OFF-JT プログラム拡充はその典型的な例ではないだろうか。技術の伝承は技術を伝承する側よりも、継承する側の問題認識と主体性が重要で、エンジニア自身のプロ意識が重視されるようになったと言えるだろう。

(おわりに)

かねてより気になっていた技術の伝承について本稿をまとめるにあたり、これまでに述べてきたことから以下の 4 点を指摘しておきたい。

- (1) プラントエンジニアリング業は、一品生産型のプロジェクトが主体なので、案件ごとに異なったメンバーがチームを編成する。海外拠点の関係会社との業務協力も日常化しているので、広範な情報と知識の共有が求められている。メンバーが違っていても同質のプロダクトが得られるように、標準化やマニュアルの整備が進んでおり、その拡充と改善を推進する組織もある。情報基盤の整備も進んでおり、エンジニアは電子媒体を介して多くの情報と知識を得られるようになっている。このため、団塊世代の退職による技術の伝承は、それほど危惧するにあたらぬ。懸念するとすれば、過去に発生したのと類似のトラブルが再発している点にある。「賢者は歴史に学び、愚者は経験に学ぶ」というが、人材の新陳代謝が前提の組織が賢者になるのは容易ではない。この問題は団塊世代の退職とは関係なく、常に発生する課題であろう。対策は発生したトラブルについて、直接原因だけでなく間接原因まで解明し、普遍的な再発抑制策を標準やマニュアルのような知識に転換して蓄積することにある。

- (2) 電子媒体と検索エンジンの発達は、情報の保有に依存する組織と個人の存在価値を低下させる。モノ知りの「神様」は、データベースと検索エンジンに取って代わられるからである。したがってこれからのエンジニアは、自分の存在基盤を「情報」に置くのではなく「知識」に置く必要がある。料理人にたとえるなら、食材よりも調理のスキルを重視するのである。新鮮な食材に大きく依存する和食の料理人より、広範な食材を調理してしまう中華の料理人が目標ではないだろうか。この点では、情報の保有で存在価値を主張できた団塊世代のエンジニアと少し違う姿を、今後は目指すべきではないだろうか。
- (3) プラントエンジニアリング技術の伝承にはOJTが重要だが、技術が進歩しているので、OFF-JTの拡充も必要である。だが1990年以降、厳しい国際競争に直面した多くの企業は、人材育成の時間と予算をスリム化した。専門技術教育にも、以前ほど多くの時間をかけられなくなっている。しかも専門技術が深化しているので、もはや自前主義の社内教育だけでは高度な内容を教えられなくなっている。そこで近い将来は、業界を中心に技術教育を専業とする教育機関を設置し、企業内教育を補完する体制を整えたらどうだろうか。体系的で網羅的な教材をそろえ、知識だけでなく教育方法にも習熟した教官が教えるようにすれば効率もよいだろう。業界団体が中心になれば、所属企業が蓄積してきた教材を使える可能性もあるし、経験豊富なシニアの教官を確保しやすい。受講希望者は定期的、あるいは不定期にこうした教育機関で専門技術教育を受ければよいだろう。新しい時代の、新しい社会情勢に対して、専門技術教育の形態も新しく考える必要があると思う。
- (4) 昨今、技術の伝承という観点から、定年の延長や退職者の再雇用を主張する意見が散見される。しかしプラントエンジニアリング分野でのシニアエンジニアの活用は、私の知る限り信頼性の高い技術者の確保が目的で、技術の伝承が目的ではない。実際の職務もエンジニアリングの実務が中心で、教育研修や若年エンジニアの育成を職責とする者はごく僅かではない。シニアの活用と技術の伝承は、直接的な関係が希薄ではないだろうか

筆者はエンジニアリング振興協会が、日本自転車振興会より機械工業振興資金の補助を受けて実施した「プラント・エンジニアリング産業における技術の伝承に関する調査研究」に参加した。本稿ではこの調査の過程で習得した知見も参考にしている。情報提供に協力いただいたエンジニアリング振興協会の業務部と、調査委員会会員に感謝する。

(おわり)