

展望・総説・総論

技術の伝え方 ～平成の次の時代に向けて～

野中 帝二*

1. 技術の伝え方

1.1 伝える技術とは

技術伝承は多くの企業で取り組んでいるものの、思うように進んでいないのが実態である。事業継続の課題でもあるにも関わらず、目先の課題を優先し効率的な進め方ができていないのである。技術を整理・体系化し伝えていくためには、多くの時間と投資が必要なうえ、整理・体系化そのものの投資対効果が不透明なため技術伝承が先送りされているのである。ここでいう技術とは、人が行う方法や手段など客観的に表現できる道具や知識の体系で組織や社会に帰属しているものと考え。一方、技能という考え方もある。技能とは人が行う働きや動きなど主観的なもので、人を介在することのみ伝承ができ、個人がもつ能力で個人に帰属するものと定義している。人間の行動や考えには、この技術と技能が混在しており、その多くが暗黙知の状態（ブラックボックス状態）となっている。

平成の次の時代へ伝えるには、この暗黙知の状態から形式知化された共有知として伝える場合と、暗黙知の状態で属人的に伝える場合が考えられる。いずれにしても、暗黙知を可視化し形式知可能な技術と暗黙知状態の技能に識別したうえで、形式知可能な技術は再現可能な形に標準化しておかないと共有知としての伝え方はできない。また伝える必要のある技術には、古くから存在していた技術以外に新しく生まれてきている技術も存在している。例えば、航空宇宙関係では、ペンシルロケットから50年以上の歴史があり、現在も新しい技術が生まれ続けている。しかし定年退職や人

間の寿命があるため50年以上に渡って技術者として貢献し続けるには限度があり、新しく生まれる技術でも整理・体系化しておかないと古い技術と同じように失われる危機に瀕している。

このように次世代へ技術を伝えるには、暗黙知状態から如何に可視化（識別と形式知化）していくかということと、技術者個人が属人的に保有している技術に如何に対応するかという双方の観点から考える必要がある。

1.2 技術者の課題

技術伝承がうまく進んでいない背景には、技術者自身による課題も存在しているのだが、技術者自身がこの課題を認識していないケースが多い。知性を追求し、他と異なる独自のものを作り出したいというような技術者特有の気質の存在や組織で技術を考えることが少ないことが影響していると思われる。このような技術者を取り巻く技術伝承の課題を整理すると図1のように表すことができる。

- ① ICTなどを通じて提供される情報は全て正しいという思い込みがあり、現場での感覚や気づきを無視する傾向があるのだ。本来は、「現場では何かが起きる可能性がある」という意識の元で現場に出向いていく必要があるのだ。
- ② 伝承者が次世代へ伝えたい情報は、継承する側にとって必要な情報とは限らない。伝えたい情報は、継承者が知りたい情報ではないということもあり得る。そのため継承者側に立ち何が必要な情報かを見極めることも重要となる。
- ③ 分業化の進展で伝承者と継承者が一緒に作業する機会が少なく、伝えたくとも伝える機会

* トリニティ プログラム 代表
中小企業診断士、ITコーディネーター
技術・技能伝承コンサルタント
(Teiji Nonaka)

- ◇ICTなどを頼りすぎ、現場感覚などが認識・把握されていない
(シミュレーションを頼りすぎ「何かが起きる可能性がある」といった感覚を無視)
→ 現地に出かけ、実際の現場で、現場の人と議論し、現況や設計条件を把握
- ◇伝承すべき情報が、継承者に伝わっていない
(技術伝承の効率化や手段などが中心テーマで、本来の技術継承になっていない)
→ 伝承側が最も注力するべきは、継承側の立場で考えた伝え方なのである
- ◇指導者が自分自身の業務に忙殺され、「OJTを行っているふり」をしている
(指導者が伝承しようとしても、継承者にとり必要でない情報はありがた迷惑な話)
→ OJTを実施する指導者教育など事前準備を徹底する必要がある
- ◇指導者と継承者の頭(知識)の構造が一致しておらず、不効率になっている
(新しい技術(知識)を習得する場合、類似の経験がないと理解度に差がでる)
→ 予め継承者にその技術を構成する要素や構造を自己学習させることが必要
- ◇継承者の受け入れ素地が出来ておらず、伝承スピードがあがらない
(継承者が嫌々やっている場合、伝承スピードは通常の1/5以下となる)
→ 継承者の「気持ち」や「やる気」を意識した技術伝承が必要

図1 技術伝承に関する一般的課題

がないケースもある。そのような伝える側をサポートする体制も必要だ。

- ④ 技術を習得する場合、類似経験の有無が習得スピードに大きく影響するが、そのような背景を無視し一律の教え方を行っているケースが多い。本来は類似経験の有無により、教え方や教える内容を変えていくべきなのである。
- ⑤ 継承者のモチベーションも伝承スピードに大きく影響するが、継承者に対するモチベーション向上対策がとられていない。例えば、キャリアパスなどを示し将来の目指す姿を示してあげることも重要となる。

平成の次の時代へ技術を伝えるためには、これから技術者に関わる課題を認識したうえで、組織として技術を伝えていくためには何が必要かを考えることが重要である。

1.3 技術を伝えるために必要なこと

技術を伝える場合、まず暗黙知の状態から技術を識別するが、暗黙知状態から顕在化・表出されている部分と潜在化している状態を可視化することから進める必要がある。顕在化・表出している技術とは、言語・数式・フローなどで表現可能な情報である。潜在化した暗黙知状態の技術とは、技術者が頭の中で考えている思考プロセスなどであり、INPUTとOUTPUT以外は全てブラックボックスとなっている情報である。これを可視化

するには、制約や前提条件の元で技術者が悩み、どのように意思決定したかという技術者の思考プロセスとその判断材料を可視化する必要がある。そのうえでその思考プロセスを標準化しないと共有(ナレッジマネジメント化)することはできない。

顕在化している技術を伝える方法には、整理体系化した知識や情報を集合教育で伝えたり、またマニュアル化し言語として伝えたりする方法、さらに再現性を高めた作業を自動化や機械化して伝える方法がある。潜在化している技術を伝えるための方法としては、OJTで伝える方法が一般的だが、それらを物語として考えるという方法もある。技術者が考えた全ての思考プロセスを物語として描くことで、継承者は類似経験と同じような知識を積むことができるようになる。この方法は潜在化した技術を伝える際に有効な方法ではあるが、全ての技術を物語化するには限界があり、また読み手に文化や習慣などの共通の土台がないと、思った通りに伝えることは難しい。

このように技術を伝えるためには、技術者の思考プロセスをいかに可視化し形式知化していくか、また技術者の中に潜在化している技能を如何に効率的に伝えていくかが求められる。

1.4 正しく伝わったということ

次世代へ正しく技術を伝えることができたか否

かの判断は、継承された者が伝える側と同じ条件下で同じ考えのもとで行動し、同じ結果を得られるのであれば、正しく伝わっていることになる。しかしどんな作業でも環境や条件が違えば、進め方やアウトプットも違ってくる。また伝承者によっては、自分独自のやり方を生み出しているケースが多く、そのような場合、伝承者により教わるのが異なるため継承者が混乱する場面が多く見られる。

そのようなことにならないためには、熟練者による違いを認識・共有したうえで作業を標準化し、熟練者の勘や経験などのあいまいな部分を定量化する。そうすることで初めて、継承者に評価可能な内容を伝達することができ、また正しく伝わったか否かを判断することができる。そのような基準がない状態で、正しく伝わったか否かを判断する場合、恣意的・感覚的にならざるを得ない。正しく伝わったか否かも判断が難しくなるため、基準となる状態を可能な限り定量的に整備しておくことが正しく伝えるためには特に重要となるのだ。

2. 少子高齢社会でのものづくり

2.1 少子高齢化の進展

少子高齢化が進むわが国では、生産活動に従事する生産年齢人口（15～65歳までの生産活動に従事する人口）が10年毎に700万人減少す

つ続けている。また2005年で8千万人超だった生産年齢人口も、2060年には半減の4000万人超になるという高齢化白書の報告もある。少子高齢社会では、現在の半分の従業員での事業運営を求められるのだ。従って今と同じ生産性を維持していくには、コアの技術やノウハウ以外の作業を標準化しICTや自動化などにより圧倒的な生産性向上を行なっていく必要がある。

一方、生産年齢人口の構成を見ると、15～34歳の若手と35～65歳の中老年との比率が10:1という状況になっている。中老年10人がもつ技術や技能を一人の若者に伝える事態になっており、受側のキャパオーバーの状態が続いている。そのため中老年がもつ技術や技能を表出し、標準化したうえでICTなどを活用して自動化・効率化していくもの、また次世代に伝えていくコアの技術やノウハウに識別することが必要となる。そのうえで、少子高齢社会のものづくりに対応できるように、より生産性を高めるような改善を行っていくことが求められる。

2.2 少子高齢社会でのものづくり

少子高齢社会でもものづくりを続けていくためには、付加価値を維持する対策と付加価値を向上する対策の両面からものづくりを考えておく必要がある。図2に示すように、付加価値を維持して

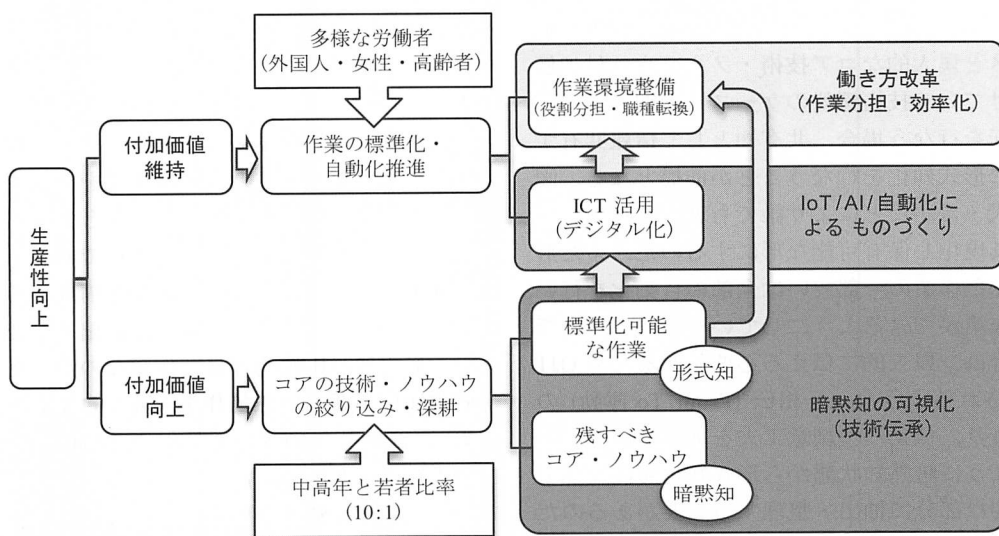


図2 少子高齢社会でのものづくり

いくためには、人手不足対策として外国人や高齢者など多様な労働者を活用しつつ、ICTやIoT、AIといった技術を使い、作業を自動化・効率化し、誰でも作業ができるものづくり環境を作り上げていくのだ。一方付加価値を向上していくには、大多数を占める中高年から次世代へ伝えるべきコアの技術やノウハウを抽出・絞り込み、それらの技術やノウハウを深耕していくことに注力するのである。

少子高齢社会でのものづくりでは、付加価値維持と付加価値向上とは密接な連携が必要となる。例えば、標準化できる作業は形式知化が容易であり、機械化や自動化への展開も可能であるため、多様な労働者に合わせた作業環境整備(役割分担など)を行えば、誰でも同じ状態のものを創り出せるようになる。標準化→ICT活用→作業環境整備というような技術移転の流れを意図的に作り出しておくのだ。一方、残すべきコアの技術やノウハウは、標準化した段階で差別化要素が失われ、技術流出の可能性も高まるため、無理に表出(形式知化)せず、属人的に伝承しつつ、技術を深耕していく。少子高齢社会でのものづくりでは、この技術移転と技術深耕をバランスよく行っていくことが必要となる。

2.3 暗黙知可視化の必要性

技術を伝える場合、標準化や機械化などにより組織全体の技術レベルの底上げを行なう技術移転のケースと属人的なコア技術・ノウハウへ付加価値をつけていく技術深耕のケースに大別できる。技術移転を行なう場合、共有知として情報共有するために形式知化を行なうことが前提となる。図表・数式・言語などにより誰でも理解・利用できる形に具現化し保有可能な形にするのだ。また形式知化した作業の一部或いは全部の自動化を行い、誰でも作業ができるようにしていく。一方技術深耕の場合は、属人的に伝える必要があるためOJTに代表されるような一子相伝(From To運動)の方法により、伝えつつ創意工夫を加えていく。

このように暗黙知状態から形式知化可能な部分と属人的な部分に抽出・整理する必要があるのだが、暗黙知状態からすぐに技術移転や技術深耕が見極められる訳ではないため、より効率的に属人

的な部分と形式知化可能な部分に識別することが求められる。

一方、機械化や自動化された技術をさらに生産性向上するためには、一度暗黙知の状態、つまり属人的な状態に戻し、改善を加えたくて再度機械化や自動化する必要がある。機械化や自動化された作業は、改善された状態を維持するための仕組みであり、それ自体に改善を促進する機能はない。従って機械化や自動化する際には、事前に十二分に改善・改革を行っておき、再度改善を行なうというような後戻りを最小限にするような工夫も必要である。

3. 暗黙知の可視化

3.1 暗黙知可視化の考え方

暗黙知とは、判断を伴う作業や感性による作業などを含む複数の技術と技能で構成され、創造性や人間の意思決定を含んでいる。また暗黙知状態の作業は、インプットとアウトプットは見える化できているが、その作業内容やプロセスがブラックボックスになっているケースが多い。従って、そのブラックボックス状態から技術者が、何を見て(知覚)、どのように解釈(判断)し、そして決断したかを制約条件や環境などと共に見える化する必要がある。

このような暗黙知を可視化するには、技術者が頭の中で考えている思考プロセスとその要件を整理していくことが必要だ。技術者が頭の中で行っている思考プロセスは、通常単位作業と要素作業から構成されている。単位作業とはひとつの目的を遂行する作業区分であり、思考工程ともいえる。また要素作業とは単位作業を構成する要素で動作または作業のことをいう。そこでまず図3のように暗黙知作業から思考工程である単位作業を抽出したうえで、各単位作業を構成する要素作業を抽出していく。そのうえで抽出した要素作業を、形式知が比較的容易な作業なのか、あるいは形式知化が難しい熟練作業(属人的要素が強い作業)に識別していき、定量化や言語化などによる形式知化を進めるのだ。

形式知化が難しい要素作業をさらに可視化していくには、要素作業を構成する作業動作へ分解し、さらに動作を構成する動作要素へと分解し形式知

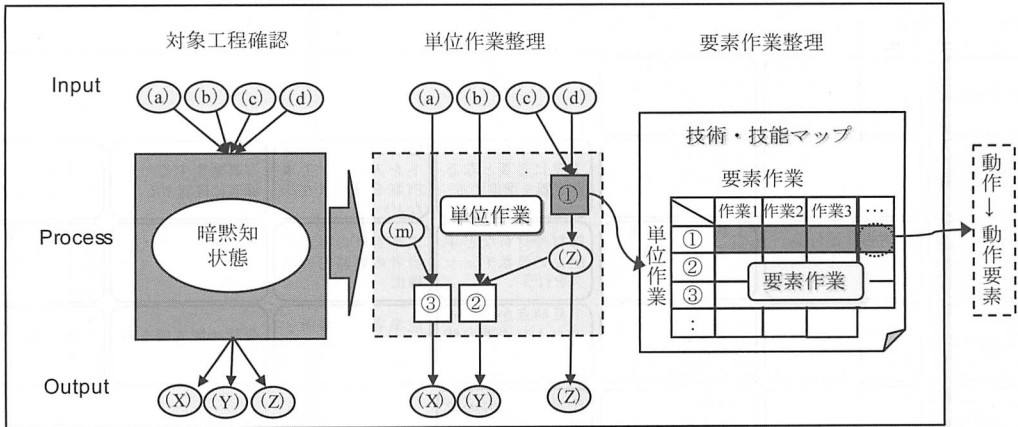


図3 暗黙知可視化の考え方

化していくことになる。しかし自動化するような場合でも、要素作業レベルで定量化しておけば、ほとんどの作業は自動化を進めることができると考えている。作業動作や動作要素まで分解する必要はなく、伝えられるレベルまで分解すれば十分なのである。

3.2 暗黙知の可視化プロセス

暗黙知状態を可視化する場合、業種や業態・作業内容により大きくその可視化方法が異なってくるが、今までの暗黙知の可視化経験を元に共通的に活用できる部分を整理した。この可視化プロセス

は、可視化する実際の状況に合わせて改善や工夫する必要もあるが、多くのケースに対応できると考えている。暗黙知の可視化プロセスは図4に示す手順で行い、その概要は次の通りである。

① 作業分解による単位作業と要素作業の整理

暗黙知作業は単位作業と要素作業から構成されているため、既存の資料などを基に作業分解を行い、図5の作業分解例のように縦軸に単位作業と横軸に各単位作業を構成する要素作業を整理していく。単位作業や要素作業の抽出は、模造紙とポストイットを使い、ブレインストーミング方式

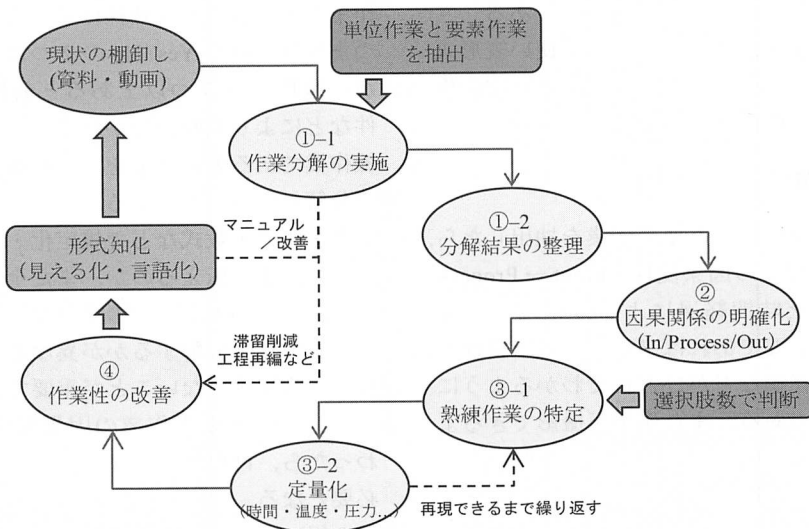


図4 暗黙知の可視化プロセス

要素作業 (動作・作業)							
単位作業 (思考プロセス)	前提事項	特殊工具/材料の取扱方法習得 (応援or 全員)	トラブル発生時は現場リーダー or 社長へ直ちに連絡する				
	工事現場下見	訪問前に入館申請を行っておく	下見時に同行する関連業者を手配する	下見に必要な測定器を準備する	顧客からレイアウトを入手し、工事内容を確認 (寸法など)	写真撮影するため、顧客に確認する	工事現場周辺の材料と人の交通確認
	訪問準備	説明書, 添付品, 仕様などを準備する	工具リストに基づき工具の消耗品 (ドリルなど) を準備する	部材や材料など手配品の員数チェックを行う	工事当日の客先担当者の連絡先の明確化	車のメンテナンス (ガソリン, タイヤなど)	図面と現状のギャップ (変更) を想定し予備材料を準備する
	現場確認	客先担当者へ現場確認の挨拶を行う	作業ができる状態かを客先担当者へ確認	下見時点からレイアウトが変更の時は, 関係者と日程・資材を調整	他業者との場所・エリアの取り合いを確認	荷物の置き場を確認する	対象の機械や部位へ養生する
	着工	設置場所の最終確認を行う	設置機器の取り合い (高さ・位置など) の確認	作業内容の説明と作業者の割り振り			
	工事	作業時の安全対策を行う (高所, 火気など)	他の人の工具は極力借りないで作業する	部材の整理整頓を行う	配管工事の際, 配管前に必ず中身を確認する	機器ごとの調整マニュアルで調整する	機械まわりの工事時の工具セットを準備する
	中間報告	顧客担当者へ作業進捗を報告する (含, 日程調整)					
	完了	機器の動作確認を行う	動作確認終了後, 移動した物など現場復旧する	作業完了時点, 機器周辺の清掃を行う (含, 養生)	レイアウト変更時は, 採寸し図面を修正する	製品毎の動作確認項目・内容を整備する	

図 5 空調機器設置の作業分解例

で参加者が必要と思われることを一斉に書き上げ、全員で内容を確認・整合していく。既存資料類がない場合は、技術やノウハウを有する熟練者が参加しておく必要がある。また作業分解する際には、熟練者だけだと抽出する内容が散漫になるため、必ず伝えたい側も参加することが重要である。さらに抽出した結果は、エクセルなどを使い表形式にしておくとう分かりやすく、熟練作業の特定や作業改善などを行う際に使い勝手が良い。

② 因果関係の明確化

暗黙知作業の単位作業と要素作業を抽出したら、単位作業と要素作業の因果関係 (Input → Process → Output), また時間経過による変化などを確認・整理する。必要であればフロー形式で整理し、前後関係や時間経過などがひと目でわかるようにしておくとう便利である。また作業が撮影できるような作業であれば、動画を撮影し作業分解した結果と比較して漏れや違いなどを確認したり、作業分解に参加しなかった関係者へ作業分解結果を見せたりして、内容の妥当性を確認しておくことも

重要となる。

③ 熟練作業の特定・定量化と再現性確保

熟練作業を特定するため、まず要素作業を単なる行動か判断を伴う作業かに分類し、判断を伴う作業を選択肢の数で熟練作業か否かを判定する。つまり選択肢が Yes/No の 2 つだと判断は簡単だが、選択肢が 3 つ以上あると前提条件や環境条件などにより判断が分かれることになる。この熟練作業である要素作業を、選択肢が二つになるまで分解していくのである。そのうえで各選択肢を、温度・圧力・数式などで規定化・定量化していく。ただし、誰に伝えるのか、また全体技術レベルの底上げなのか固有技術の深耕なのかによっても、どこまで作業分解するかが異なる。必要以上に分解し形式化しないことが重要である。

単位作業と要素作業の因果関係と規定化が終わったら、再現性が確保できているのかの検証が必要となる。つまり同じ考え方や同じやり方で作業を行い、同じ結果を導き出せるのかを確認するのである。再現性がない場合、要素作業の内容や

因果関係・規定値が標準化できていないことであるため、②因果関係の明確化から再度検討し直し、再現性がでるまで繰り返す。再現性の確認は、トラブルが発生した段階で対応できるかがポイントとなる。そのような機会が生じたら再現性の確認を行うことをお勧めしたい。

④ 作業性の改善

再現性が確保できたら、可視化・形式知化した内容をマニュアル化すると共に、自動化などを検討することが可能になるが、ここまでは現状の情報整理のみで、少子高齢社会でのものづくりに対応するための効率化が抜けている。平成の次の時代へ伝える技術に対しても、生産性向上をこの段階で行い、次世代へムダのない効率的な情報を伝える必要がある。なお改善はあらゆる所に原価を高めるムダがあるという前提で、例えば移動が多い作業を撲滅したり、単位作業毎の作業時間を短縮する（リードタイム短縮）など、作業分解した結果を基に様々な観点で改善と工夫を行っていくことが必要だ。

このように暗黙知状態となっている技術者の思考プロセスを作業分解することで、形式知可能な技術と属人的な技能を切り分けて整理することができるため効率的な伝え方ができる。また技術者固有の課題に関しても作業分解の抽出・整理の過程で伝承者と継承者がコミュニケーションをとることで解決方向を見いだすことができると考えている。

3.3 どこまで可視化するか

暗黙知をどこまで可視化するかは、誰にどのような内容を伝えるのかによって異なってくる。目的や対象者により、対象となる継承者が判断できる可視化のレベルが異なる。継承者の状態によりケースバイケースになるが「何ができていなければならないか」、「何を知っているべきなのか」、「どんな態度をとっておく必要があるか」などを手がかりにどこまで可視化するのかを検討する。そのうえで類似知識や経験の有無により伝承スピードにも差がでるため、継承する側の立場で何が必要な情報かを考えれば、どこまで可視化するかは自ずと明確となる。継承者視点に立ち、ま

た可視化する目的に応じて、「何を、どの程度伝えれば、理解が進むか」といった観点で考えておくのだ。

通常、形式知可能な技術が7～8割、属人的な技能が2～3割程度が望ましいといわれているが、業種や業態によってもその程度は異なってくる。また移動や運ぶといった単純作業は、形式知化可能であっても誰でも理解できる内容であるため、それらの作業を形式知化しておく必要はない。

4. 平成の次の時代に向けて

4.1 あるべき技術の伝え方

平成の次の時代へ向けて、どのような伝え方をすべきなのだろうか。通常行なわれている技術伝承は、図6の縦軸のように特定の人物に対する人材育成、また知識やナレッジの共有化・蓄積を通じて幅広い人物に伝えるというのが一般的である。しかしこの方法だと投資対効果が見えないばかりか、達成までに非常に長い期間が必要となるケースが多い。このように人材育成、知識やナレッジの共有化・蓄積として対応する方法では、少子高齢社会のものづくりには対応できないと考えている。

少子高齢社会のものづくりに対応した伝え方は、図6の横軸のように「事業継続」や「生産性向上」の一環として取り組む必要がある。少子高齢社会でも継続的に生産性を向上し付加価値を向上していく必要があるため、通常業務の中で一般的に行われている作業改善を通じて伝えていくのだ。つまり生産性向上の一環として本来の通常業務の中で、意識せずに暗黙知の可視化を行い、技術を伝えていくのである。それらの取り組みの結果は事業への貢献度も明らかとなるため、比較的投資も投入しやすくなる。このようなあるべき姿に向けて、組織の管理職が中心となり、通常業務の中で情報を共有する仕組みを作り、組織バランスに応じた技術やノウハウの体系的整理を行い、組織的に技術を伝えていく必要があるのだ。

4.2 教え合う環境作り

通常業務の中で伝えていく方法のひとつとして、職場内で教え合う環境を作るという方法もある。技術伝承の実態アンケートによると、伝承がうま

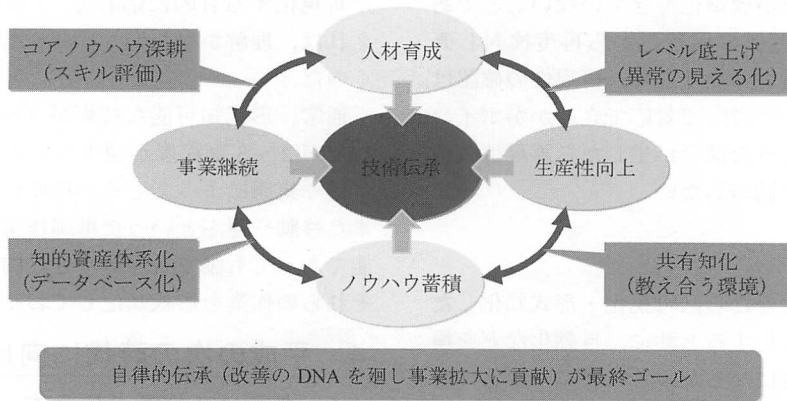


図6 技術伝承のあるべき姿

くいつているケースの大部分では職場内で自然と先輩から後輩・同僚に教え合う環境が作られていたのである。職場の管理職の役割や想いに因るところが大きい、そのような教え合う環境を職場内で意図的に作っておけば、暗黙知の可視化や形式知化を行なう必要性もなくなり、伝えるということ意識して行動する必要はなくなるのだ。管理職による日々の意識的な実践の積み重ねが非常に重要となる。

また、教え合う環境のひとつの方法としてAAR (After Action Review, 振り返り会) という方法もある。アメリカ陸軍が考案した手法だが、身近なところではアメフトやバスケットなどの試合後の振り返りによく見られるやり方である。多くの企業でも活用されており、事故やトラブルなどが発生した際に、関係者全員が集まり、「なぜそのようなことになったのか」「本来どうあるべきだったのか」といった観点で気づきを抽出・共有し、「今後どうすべきか」という改善案を全員合意の上で検討していくものである。反省会ではないので個人攻撃を行わず、全員で情報を共有していくことを主眼に置かれており、日々の気づきを共有知として整理しておくもので、成果も大きいため是非実践してほしい。

4.3 ものづくり DNA の継承

日本には昔から伝統を大切にする文化が引き継がれている。世界に類をみない1000年以上の歴

史がある長寿企業が多いのもそのような伝統を大切にするわが国の文化の結果であろう。つまり我々日本には、先代や先々代が苦勞して作り上げた技術・ノウハウを大切に守り、後世へより良くして伝えるという文化が根付いているのである。先代などが決めた品質やサービスなどのルールに対して、当たり前のこととして、こだわって行なうことが日本企業の強みになっているのだ。

このようなものづくり DNA を伝えるポイントは、コア技術・ノウハウを見極めることであり、そのことが日本企業のポテンシャルを高めるカギとなる。そのうえで「何を伝えていくのか」、「いかに伝えるか」ではなく「新しく何を作り出していくか」ということを念頭においてものづくり DNA の継承に取り組めば、日本企業、ひいては日本のものづくりのポテンシャルはますます高まっていくと思われる。ものづくりに携わる全ての関係者に心がけてほしい。またこのようなものづくりの DNA を、多くの技術者が平成の次の世代へ伝えてほしいものである。

参考文献

- 1) 野中帝二：「失敗しない技術・技能伝承メソッド」, 工場管理, 64, 4 (2018).
- 2) 野中帝二：「日本の強みを活かす技術・技能の革新と継承」, グローバルエッジ, Spring, 41 (2015).
- 3) 野中帝二・安部純一：「組織における知の継承」, 特技懇 Jan., 268 (2013).
- 4) 畑村洋太郎：「組織を強くする技術の伝え方」, 講談社現代新書 (2006).