

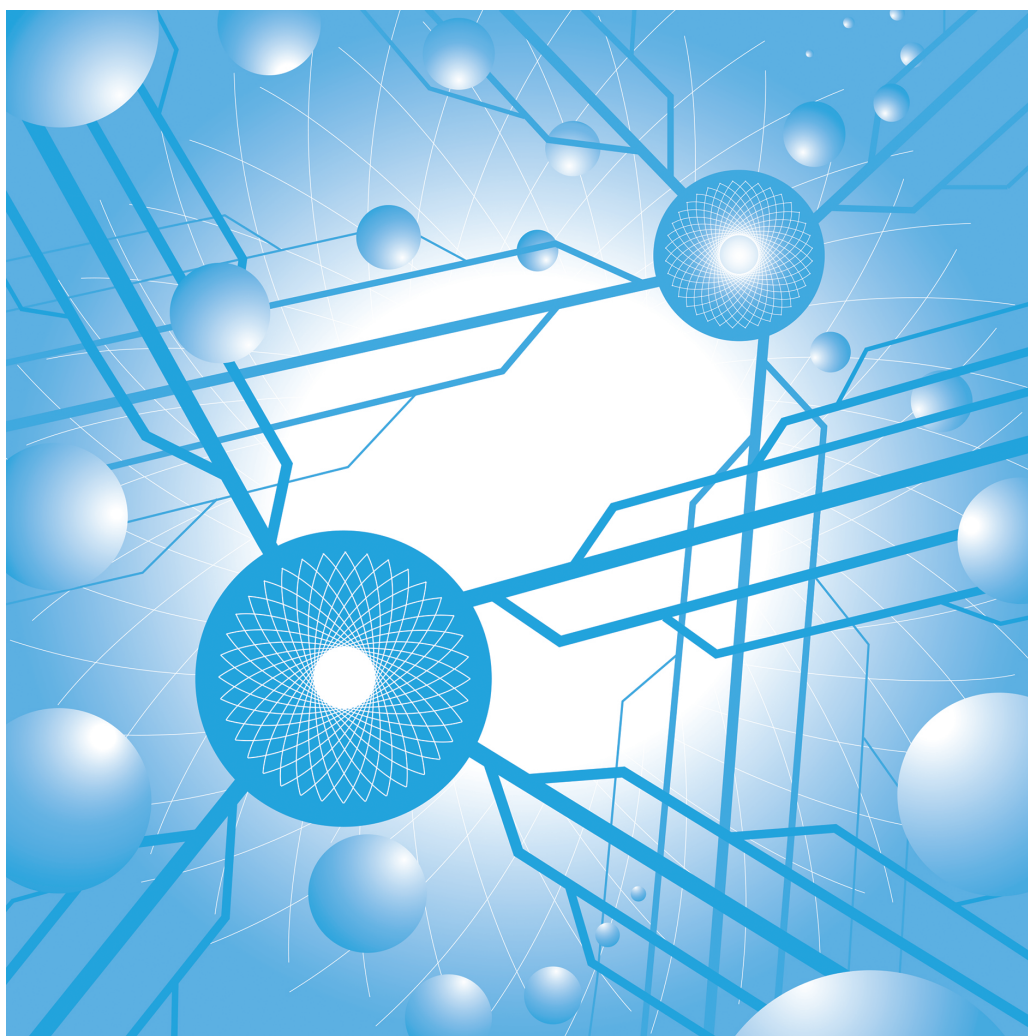
技能 と 技術

ISSN 1884-0345
通巻第298号

職業能力開発技術誌

4/2019

特集●ものづくりの変化と技能・技術伝承



Vol.54

技能と技術

4/2019号

通巻No.298

特集●ものづくりの変化と技能・技術伝承

特集① DX時代, 「匠」 から“TAKUMI4.0”へ	1
山藤 康夫／日鉄総研(株)	
特集② ものづくり企業における技能・技術伝承	8
平林 裕治／中小企業診断士	
村上 智広／職業能力開発総合大学校	
特集③ 工作技能の継承に向けたノウハウのデジタル化	16
近藤 康雄／山形大学	
技術解説 静電気概念の再整理	
— ものづくり実務を見据えて —	23
仲野 純章／奈良県立奈良高等学校・京都大学サイエンス連携探索センター	
調査研究報告 「日本版デュアルシステム」の現状と課題	32
谷中 善典／岡山労働局	
表紙デザイン選考会 選考結果	44
令和2年「技能と技術」誌 特集テーマについて	46
原稿募集のお知らせ	48

DX時代, 「匠」 から “TAKUMI4.0” へ

日鉄総研(株) 山藤 康夫

1. はじめに

古くから技術革新という言葉がある。しかし、真の意味で技術に目覚ましい「革新」が起きているのはここ数年のことではなかろうか。中でもICT（情報通信技術）の分野で著しい。インターネットやPCはもとよりスマートフォンやタブレットは社会生活から業務面まで劇的な変革をもたらした。今、それがモノづくりの分野に浸透し始めている。いわゆる第4次産業革命である。

ドイツのインダストリー4.0や米国の産業IoTなどが先導し、第4次産業革命は今やその概念を論じる段階から実装の段階にシフトしている。特にAMやVR/AR/MR, DT/CPS, AIなどの先端デジタル技術¹は、製造業に未曾有の変革を迫りつつある。これがデジタルトランスフォーメーション（以下、「DX²」という。）である。本稿では主にモノづくりにおけるDXの現状と背景からヒトの働き方の変化、並びに、求められる人材像とその育成の問題に焦点を当てる。

2. DXの現状と背景

2-1 モノづくりになぜDXか

DXの根底にはデジタル化とネットワーク化（つ

なぐ）がある。デジタルデータに転換することでネットに接続しやすくなる。ヒトもモノもコトも相互に簡単に接続できるようになる。デジタル技術の特性を一言で表せば「スピード」であろう。隔地間を瞬時に「つなぐ」ことにより、情報の共有や指示の伝達が可能になる。大量のデータを運び、蓄え、解析して見える化できる。見えれば何かに気づける。5Gが普及すれば通信遅延が無視できるほどになる。通信の制約が緩和され、さらに利便性が増し成長が促されると期待される。

世界中でDXに邁進しようとする背景には、デジタル技術の特性から得られるとされるこうした期待がある。

2-2 DX進展後のイメージ

モノづくりの世界においてDXが進展した世界を想像してみよう。受発注や開発設計から製造、検査・出荷にとどまらず、内外の工場から協力先やユーザーまで、製品が出荷してから保守サービス、製品の寿命に至るまで、様々な情報が共有できるようになる。今までのブラックボックスが次々と可視化される。新しい気づきからアイデアがうまれる。工場の効率や生産性の改善ばかりでなく、ユーザーの真のニーズや潜在的ニーズにも応えられる製品・サービスの開発と生産が可能になる。

AMは注目すべきデジタル技術の一つである。3Dプリンター等を備えれば物的な補修部品在庫の保有は不要になる。在庫は主に3DCADデータのファイル保存で済む。在庫の管理負担は投入材料の管理など場所も事務負担も劇的に縮小軽減される。特に金

¹ AM (Additive Manufacturing, 3D Printing) やVR (Virtual Reality) /AR (Augmented Reality) / MR (Mixed Reality), DT (Digital Twin) / CPS (Cyber-Physical System), AI (Artificial Intelligence) 等

² DX (Digital Transformation) をデジタル化やデジタル転換、デジタル変換といったデジタルに関連する取組の総称として使用する。

属積層装置の適用導入範囲はその技術進歩によって劇的に拡大しつつある。また、想定外の見積もり依頼や出荷依頼に対してもAIが生産プロセスの繁忙などを診ながら即座に最適な生産計画を練り直すといった対応ができるようになる。ダッシュボード上に特定の製品・サービスの関係・連鎖する体系の全体像が表示されれば、瞬時にボトルネックを把握でき、AIが予知した情報を基に必要な対応を素早くとることができる。さらに製品はその寿命が尽きるまで一つひとつ追跡が可能となる。販売後の不具合や故障などの不測の事態が生じると、その時の環境情報や製品から発出されたデータの追跡と解析により、新しい課題を発見することができる。製品設計時に気が付かなかった情報が入手でき、より競争力のある製品サービスの設計に生かすこともできる。

総じて、見える化から、どのようなことに気づくことができるか、気づきからどんなアイデアを生み出せるかといった、ヒトのヒトらしい能力が改めて問われる。単純反復作業のようなヒトにふさわしくない作業とは一線を画すことができそうである。

2-3 世界各国のDXと日本

モノづくりにおけるDXのキーワードは、「つながる製品」、「つながる工場」のような「つながる」であり、デジタル技術である。そして「もはやデジタル技術なしでは生き残れない」「自社でやらなければ他社に先を越されてしまう」といわれている³。AIやIoTなどのデジタル技術の利活用が、ビジネスの競争力を左右する。それがDXに取り組む理由である。

インダストリー4.0とは第4次産業革命のこと。DXによって産業風景ががらりと変わることを指す。インダストリー4.0の提唱国であるドイツを始め、英国、米国、フランスなどの先進国ばかりでなく、米中摩擦で注目された中国製造2025やインド、タイ、インドネシア、南アフリカなどでもインダストリー4.0がらみの配信記事を見ない日は無いと

言っている。各国とも強い危機感を持つ。DXの流れに乗り遅れまいと必死である。先進国では大企業がDX推進の担い手である。問題は中小企業への普及。自国の中小企業に最先端技術の導入をいかにして促すか。インダストリー4.0は概念を論じあう時代から、その技術・知識・ノウハウを如何に移転するかという実装のステージへと移行している。

日本勢は工作機械メーカーやICTベンダーを中心にユーザーの囲い込みに余念がない。政府の掲げる「Connected Industries」は企業の垣根を越えた「つながる」を要請する。如何に従来の競争相手と手を組めるか。全部競争領域という自前主義からの脱却を迫られている。発想の大転換によって協調できることを取って見出し、手を結び、つながることによる新たな国際競争力の構築が目下の課題⁴である。

2-4 DXと日本のモノづくり環境

日本の製造業を取り巻く脅威となる環境をみてみよう。4つ挙げることができる(図1)。

1つは、GAFA等の非製造業によるモノづくり領域への参入である。3Dプリンターなどを使ってモノを作り出し、モノをツールとして新たなサービスの高度化を狙う。業態別の垣根が急速に崩れつつある。2つ目は、欧米先進企業による素早いDXの推進である。GE社やシーメンス社は、PredixやMindSphereといった「モノづくりのデジタルPF(Platform)」を構築し、ユーザーの囲い込みに余念がない。既に海外の大学ではこうしたデジタルPFを教材として採用し、教育と訓練を始めている⁵。彼我のスピード格差は脅威である。3つ目は、先進国による製造業重視戦略の復活や高賃金と両立する先進製造業の追及である。DX導入の前提条件として重要な、業務や用語の標準化、システム化・モジュール化がある。欧米の先進企業はDXの進捗度や習熟度、親和度という点で先行しているように見える。4つ目は、新興国企業の急成長である。工業

³ 「インダストリー4.0」で検索をしてみると、毎日のように世界中のどこかの国のメディアや団体などが、自国の取組の遅れを指摘したり、啓発したりする記事をアップしている。

⁴ AICE(アイス):自動車用内燃機関技術研究組合(設立平成26年4月1日)は、内燃機関の研究で各社協調により成果を出した例として特筆できる。

⁵ 豪州RMIT大学ではPTC社のソフトウェア教育プログラムを活用してIoT、AR、DT等に関する教育を行い、大学から学生を通じて産業界に最新技術の移転を行おうとしている。



出所：筆者作成

図1 日本を取り巻く現代の「四面楚歌」

化と情報化を同時に進める中国は、大規模な設備投資によって情報化された最新鋭機械を広大な土地に一気に最適に展開することができる。モノづくりは経験やノウハウの蓄積がものをいう。しかし、大量生産品を中心に中国の追い上げは急である。さらに、AIなどのデジタル技術面では米国を脅かすほどの進歩を見せている。

一方、日本企業の現状は「四面楚歌」の中（図1）で後手に回る、或いは、決断が遅いと言われてきた。DXへの取組は待ったなしである。

3. デジタル技術とヒトの働き方の変化

3-1 Π型（モノづくり+デジタル）の必要性

製造業はデジタル技術の著しい進歩を受け、業界の根底から変革を迫られている。その対策がDXである。パラダイムシフトと称される所以である。それゆえ働き手にも過酷な変身が必要となる。これまでは機械や電気といったメインの業務知識があれば働くことができた。これからはもう一つ、デジタルツールを使いこなすための知識・ノウハウといった素養（リテラシー）が必須となる。ここにスキルギャップが生じる。世界中が問題視している。その解決手段は、Π型能力⁶の早期構築にある。モノづくりにデジタルの専門性を備えたΠ型人材の早期育成と確保こそが、デジタル時代の競争力を制する。

⁶ ものづくりとデジタルの両技術を使いこなせること。

しかし、今までずっとモノづくりに励んできた人が、これからはデジタルも身につけてくれと言われて簡単にわかりましたといえるだろうか。

3-2 デジタル技術導入による業務の変化

DXが進展するにつれ、コミュニケーションは、アナログ（印刷物や音声等）から、デジタル（スマートフォン・タブレット・ダッシュボードなど）に切り替わる。ものの世界（もの、ヒト、設備等）は相互につながり、生産準備から生産技術、生産管理、工程設計、作業指示まで、バーチャルなデジタルモデルによるスピーディなシミュレーションが活躍する。受発注業務から開発・設計、調達、製造、検査、出荷や経営管理、保守サービス、さらには内外の工場間や協力会社、ユーザーまで、ゆくゆくはすべてがつながるようになる。これまでは担当業務だけに集中していれば済んだが、データが広範に共有される結果、上流や下流の状態まで絶えず俯瞰しつつ思考・判断する必要が生じる。デジタルリテラシーなしには業務は進まない。働き方自体にも大きな変化が生じる。

3-3 DX時代のヒトとキカイ

製造業は着実に機械化と自動化を進めてきた。深層学習のようなAIの登場は、ヒトが携わってきた仕事を奪うといった議論を生んだ。しかし、本当だろうか。そもそも累次の産業革命により、ヒトの仕事や作業形態は大きく変化してきた（表1）。第1次の産業革命のときにはラッダイト運動が吹き荒れた。機械に仕事が奪われるとの危機感から機械を

表1 累次の産業革命と働き方の推移

累次の産業革命	各産業革命の概要	ヒトの働き方への影響
第1次	蒸気による機械化	人力・人手作業から機械動力への代替
第2次	電力による大量生産	大量生産設備の都合が優先する反復作業
第3次	電子による情報通信技術	単純反復作業の自動化は進むも人手作業残存
第4次	IoT, AI 等による革新的デジタル技術	個別需要対応の自動・自律生産システムと人間らしい働き方の両立

出所：筆者作成

打ちこわすという騒動である。しかし、新しい技術を習得するための教育訓練制度を創出し普及してきたおかげで、好不況の波に翻弄されたりはしたものの、総じて新しい仕事環境に順応して機械とともに働けるようになった。新しい技術は経済発展を促し、生活水準の向上をもたらした。それが今日に至るおおざっぱな歴史である。

第4次産業革命は、AI等デジタル技術の特性を十分に勘案した働き方を考えてみる必要がある。これから技術がどこまで進歩するかにもよるが、ヒト本来の特性は、キカイの特性とは異なる。従来はキカイに任せきれないゆえに、3Kなどのヒトの苦手領域の作業を必要とした。DXによってキカイに任せられる範囲が拡大する。双方の得意分野が補完され合い、ヒトにふさわしい仕事が増えると期待される。

日本のモノづくりは、匠や匠の技の秀逸さが強みとされてきた。こうしたモノづくり人材の優秀さの根源には何があるのか。AI等のキカイよりもやはりヒトだと思われることの一つには、未経験事象に対するカンといわれる判断力であろう。成功や失敗を重ねたことで得られた総合的な判断力。経験知が統合縮約されて未知の事象への直感的判断を可能にする。

もう一つは決断力である。AIはヒトには及ばない解析能力を発揮する。AIは確率統計的な膨大な計算により、複数の選択肢を提示できる。しかし、どれか一つだけを選び取って決め切る力を持つのは責任をとることができるヒトである。こうした経験知や暗黙知は、個人の精進と修練によって究め続けてきた賜物であり、形式知化が難しい故に簡単には伝承できない。これが働き甲斐や生きがいの源となった。ところでDXが進むと、匠や匠の技の位置づけはどう変わるのだろうか。

3-4 DX時代における匠とその論点

技術の進歩に伴い、暗黙知は次々と形式知化され、機械化・システム化が進む。しかし、ヒトが優位にある特性は簡単に覆されるものではない。特に五感を総合した感性など匠を必要とする領域は、引

き続き健在だという見方は根強くある。摺合せの一部は最後まで競争力として残るという指摘⁷もある。

しかし、DX時代には「デジタル化による全体最適を推進し、従来以上のスピードアップが必須」という観点からみると、これまでの「匠」のようなモノづくり専門人材は、DX時代の変化に対応しきれないのではという指摘もある。例えば「匠の技という強みを持つ反面、高度専門に特化しているがゆえに、組織全体としてみると、スピード感にばらつきを生じる。」或いは「市場ニーズの複雑化・高度化に対応しきれない恐れがある。」など⁸である。

それでは、DXを進める中で、匠や匠の技の位置づけは如何にあるべきか。科学・技術が進歩し続ける限り、技能に代表される暗黙知も、言語化や理論化といった形式知化や科学的解明は進む。但し、いったん形式知化されるとそこで固定化されるリスクが生まれる。固定化されても技術はさらに進歩する。とすると、匠の技を生み出す力は依然として必要になる。こうした観点からDX時代のあるべき匠や匠の技の論点を整理したものが次の5つである。

- ・DXにはモノづくり現場の知見と協力が不可欠。
- ・「匠」の技は、人が把握・解明しきれない部分が残る限り必要であり維持すべき。
- ・DX時代にふさわしい新しい「匠」や「匠の技」を生み出すことも必要。
- ・DXを極める過程ではモノづくりの改善や摺合せの経験が生きる。
- ・若い世代にモノづくりの要諦を伝承していくことはこれからも重要なテーマ。

モノづくりの場合、現場には人が一つひとつ把握しきれないパラメータが無数にあるという。論理的にははっきりしないが経験的にはわかるといった世界である。これこそ現場力の正体。デジタル化が進んでもなお未解明な世界が残る。従って我々はDXの推進という流れに沿いつつ、同時にモノづくりの技術・技能の維持・発展にも注力するという二兎を追わなければならない。

⁷ 日本機械工業連合会の専門部会における会員企業参加者による議論に基づく。

⁸ 同上

4. 求められる人材像と人材育成

4-1 デジタル技術の使いこなしとTAKUMI4.0

DXの波は不可避であり、我々は変わらなくてはならない。これは製造業にとってマストである。DXに乗り遅れるということは、世界との競争に劣後することを意味する。以下では、匠を含むモノづくり人材が、「デジタル技術を使いこなす」ための方向を検討する。

モノづくり人材が、デジタル技術を使いこなすⅡ型能力を構築するには二つの方向が考えられる。狭義のTAKUMI4.0と広義のTAKUMI4.0である。ここでは、モノづくりの達人を「匠」と称するように、デジタル技術も使いこなせるⅡ型の達人をTAKUMI4.0と呼ぶ。デジタル技術はシステムデザインやソフトウェアなど横文字が支配的な世界であり、インダストリー4.0に対応する達人であることからの連想である。

狭義のTAKUMI4.0の場合（図2中央）、モノづくり人材は、Ⅱ型チームに参加する。Ⅱ型チームの中でデジタル人材と時間をかけて相互に学習し合い、協働しながら双方の技術知識やスキルを身につけていく。デジタルツールを習熟して使いこなし、さらなる改良改善に力を尽くす。その間に、Ⅱ型初級、中級、上級と精進を重ねる。上級者のうちの達人の

レベルに達した人がTAKUMI4.0である。

広義のTAKUMI4.0の場合（図2左下側）、従来同様に匠の技を追求し、自身の技を磨き続けるとともに、後継者を育成し、技術・技能の伝承に努める。その一方、技能という暗黙知のデジタル化を進める際には、デジタルの専門家に協力してDXを支える。

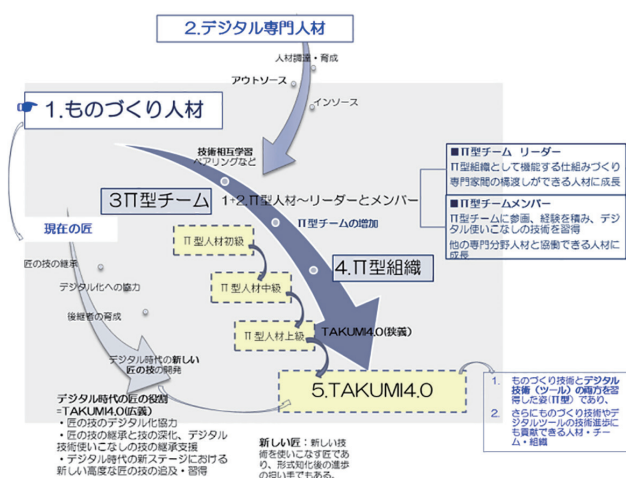
デジタル技術がさらに進歩すると、また新たなモノづくりの専門家が必要になる。モノづくりのDXではモノづくりとデジタルの二つの専門がスパイラルを形成していく。従って両者の融合には両方の専門家を必要とし続ける。モノづくりのDXに終わりはない。ここに「モノづくりのデジタル化」の特徴があり、ICT世界との違いがある。

4-2 Ⅱ型能力の構築とデジタルマインド

DXを進めるには主導する経営層（CDO）の役割が大きい。DXを受容し、その活用方針を示すとともに、DXに適した組織づくりとDXに親和的な新しい組織文化・風土の創出を担う。新しい組織文化風土の創出とは、デジタルマインドの受け入れに他ならない。デジタルに親和的な発想や考え方、物事の進め方、働き方まで切り替える⁹必要がある。デジタルマインドとはICT世界において開発され重視されてきた思考や心持のこと。システムアプローチやモジュラー化思考、アジャイル開発思考、デザイン思考、リーンスタートアップなどである。

これまでのモノづくり企業にみられたような「技術ありき」という供給の論理ではなく、「顧客の成功」を基軸におき、柔軟で迅速に変動に対応するという考え方へのシフトが求められる。アイデアは即形にして実験実証を反復し、素早く市場に投入する。市場の反応を見ながら、よりよい製品サービスを作り上げていく。スピード第一の戦略的思考への切り替えが必要となる。

経営層（CDO）に求められる役割・能力としては、IoTやAIなどの最先端デジタル科学技術の活用意欲や受容力、俯瞰力・理解力、対象課題の明確



出所：筆者作成

図2 DX時代の匠の在り方のイメージ

⁹ ものづくり人材がDXを進めデジタルを学習するには、今まで当然と思ってきたことを一旦ご破算にする必要が生じる。ご破算にして学び直すことを「アンラーニング」という。

現しつつある。システム全体が扱えないと最適化が達成できず、競争力は低下する。デジタル化の進展により、QCDが売り物という「作って売る」だけの事業モデルは成り立たなくなる。QCDに加え、コトづくりや日本のモノづくりのブランディング（ストーリーづくり）が必要になってくる。

モノづくりの組織であっても、これからは匠といった「個」に頼るだけではなく、「異分子を内包したチーム」が、チーム力をどれだけ発揮できるかが勝負になる。「異分子」には、生産の「匠」や開発設計の「匠」といったエンジニアリングチェーン個々の専門家をはじめとして、ネットワークやシステムデザインの専門家、モデリングのプロやDTやCPSを使いこなす専門家に加え、モノづくりの経験とノウハウを長年培ってきた現役ベテラン世代と生まれた時からスマートフォンやデジタルゲームに慣れ親しんできた新世代のデジタルネイティブが含まれる。それぞれの専門家は、老若に関わらず相互の専門性を心から尊重しつつ、共通の事業ミッションを達成するために、役割に応じた支え合いをとおしてチーム力の強化に邁進することが求められる。水平分業的役割分担型へと管理スタイルを切り替えていくべき理由がここにある。新しいチームワーク力をどこまで発揮できるかというかつてない競争が始まる。システムやデジタルの専門家など、「異分子」との協働作業を通じて、シンプルなモノづくりから、機能のサービス化など新しい事業展開にまで踏み込む競争である。生産の「匠」も開発設計の「匠」も本社スタッフもともにこの流れを受け入れ、消化し時価薬籠中のものにしていける必要がある。

DXが進む新時代の製造業にあっても、われわれの製造業が強みを発揮していくためには、匠も含めたモノづくり人材が、DXを真剣に受け入れ、推進していかなければならない。II型、つまりモノづくりとデジタルの両刀使いを目指し、II型のチームが集団となり、共に新しいモノづくりやビジネスを作り上げていく覚悟と決断が求められる。と同時に、われわれ一人ひとり、これから生涯にわたって進歩し続ける新たな技術を学び続ける意欲も必要になる。そのための環境整備の一環として、高等教育に

求められる役割は重い。

<参考文献>

- 日本機械工業連合会平成29～30年度報告書「IoT・AI時代のモノづくりと人の役割変化への対応調査研究」
- 同平成26～28年度「世界の製造業のパラダイムシフトへの対応調査研究」
- 同平成23～25年度「理数系基礎学力の強化とモノづくり人材育成の課題」
- 同平成19年度「モノづくり人材育成のためのデュアルシステム」
- acatech The Future of Work in the Digital Transformation
- 同 Industrie 4.0 in a Global Context
- 同 Industrie4.0-International Benchmark, “Options for the Future and Recommendations for Manufacturing Research”
- 同 Industrie 4.0 Maturity Index
- VDMA “Guideline Industrie 4.0”
- エリック・リース、井口耕二訳、スタートアップウェイ、日経BP社 2018.5.28
- 中田敦、GE 巨人の復活、日経BP社 2017.7.11
- 村田聡一郎監修、プレジデント社企画編集部「経営企画研究会、Why Digital Matters?」(株)プレジデント社、2018.12.14
- PTU技能科学研究会編「技能科学入門 モノづくりの技能を科学する」(株)日科技連出版社 2018.2.26
- IPA「アジャイル領域へのスキル変革指針 アジャイル開発の進め方」2018年4月
- PTC “Digital Transformation in the Classroom : Preparing Students for Industry 4.0” RMIT University, Melbourne, Australia
<https://www.ipa.go.jp/files/000065606.pdf>
- 山藤康夫、日経モノづくり「インダストリー4.0を支えるドイツの教育（前編）」2016年1月号
<https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/mag/15/091800009/121500006/>
- 山藤康夫、日経モノづくり「インダストリー4.0を支えるドイツの教育（後編）」2016年2月号
<https://tech.nikkeibp.co.jp/dm/atcl/mag/15/091800009/012000007/>
- 山藤康夫、一般社団法人日本金型工業会機関誌 金型 「新しい産業革命『IoT・AI時代のモノづくり』①なぜIoT・AIか」2019年4月号
- 山藤康夫、「同上②製造業のパラダイムシフト」2019年7月号
- 山藤康夫、「同上③IoT・AIの中小企業の取組」2019年10月号

ものづくり企業における技能・技術伝承

中小企業診断士 平林 裕治

職業能力開発総合大学校 村上 智広

1. はじめに

ものづくりプロセスでロボットやAIなどによる新技術が導入され、IoTできめ細かく生産プロセスが相互に連携する革新が始まっている。連携する範囲は自社内に留まらず、外部へと拡張されている。このような新技術を導入するときの前提条件のひとつが現場改善である。改善された現場に新技術を導入することで導入効果が見込める。新規技術の導入と現場改善は相互補完的であり、同時並行に進めることが望ましい。この両者に密接に関連するのが、技能・技術伝承である。

現場改善を自社で主体的に行うためには、自社の要となる技能・技術を選別して、自社の強みとして伝承することが要件となる。選別された技能・技術は、教育・訓練のなかで熟練者を介して、人から人へ伝承される。熟練者の固有ノウハウである暗黙知を形式知化できれば、ロボットやAIなどの新技術の導入が促進される。新技術の導入、現場改善、技能・技術伝承には、上記のような関係が成り立っている。

本報では、ものづくりの環境変化を想定し、技能・技術を伝承するときの実践的な方法について、具体的な事例により理解を深めていく。

2. 伝承する技能・技術の見極め

2.1 企業目標の設定

ものづくり企業が、これから自社で伝承していく

技能・技術を絞り込むために、10年先までを見据えてものづくりの環境がどのように変化するかを想定してみる。たとえば、自社で扱う製品品目の内容がどのように変化するか、自社生産と外注生産との構成がどう変化するかを具体的に想定しておく。そのうえで、技能・技術で差別化して強みを活かせる方法を考える。たとえば、短納期生産や不良率ゼロの生産などがセールスポイントになるように、自社のものづくりの強みを棚卸しする。

今後、自社のものづくりプロセスで要となる技能・技術は何かを見極めてから伝承を考えるのだ。これらの検討内容は、中期経営計画と連動させて、企業目標とベクトルを合わせるとよい。

2.2 技能・技術の分類

企業目標と技能・技術伝承との関係をより具体的にするために、「事業への影響度」と「業務の発生頻度」のふたつの軸により伝承する技能・技術を分類する方法を紹介する(図1)¹⁾。自社で伝承する技能・技術の優先順位が明確になる。たとえば、発生頻度が低くとも、その技能・技術が喪失すると事業継続が難しくなる場合は、重要なスキルに分類する。事業の影響度は、他の生産手段があるか、品質や作業負荷への影響が大きいかなどを考慮して決める。

事業への影響が大きく発生頻度も高い「①最重要スキル」は優先的に自社内で訓練する。最重要スキルは自社の特徴にまで高め、差別化できるスキルにすることを目指すといよい。

事業への影響度	大	②重要スキル	①最重要スキル
	小	④属人スキル	③標準化スキル
		低	高
		発生頻度	

図1 技能・技術の分類（重要度レベルの目安）

事業への影響が大きく発生頻度が低い「②重要スキル」も自社内で伝承する。または、支援システムを活用して独自に伝承する。

発生頻度は高いが事業への影響度が小さい「③標準化スキル」は、労働不足対策や海外展開のために伝承できるように標準化を推進する。あるいは、自社内に伝承者がいない場合は、外部での訓練も検討する。例えば、独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構が運営している職業能力開発促進センター（ポリテクセンター）などを有効活用して技能・技術伝承のための訓練をする。

最後に、事業への影響が小さく発生頻度の低い「④属人スキル」は、自社内での技能伝承にこだわらない方がよい。技能・技術の標準化して社内で伝承するか、外部生産に移管するかを検討する。

2.3 技能・技術伝承の対象は生産技術と製造技術

ものづくり企業の製造現場では、生産技術と製造技術が技能・技術伝承の対象となる。そこで、生産技術と製造技術の内容を確認しておく。

生産技術は、製品または部品を作るための全ての加工技術を対象にしている。作り方にあった機械の選定や開発、材料、製造条件の決定、よりよい使い方のための機械や治工具の改善・改良を行うことである。

製造技術とは、現状の製造現場で決められた現有の作業・管理・監督者、機械設備、環境などのムダのない組合せをすることである。今までの培われてきた知恵を結集して、投資を伴わなくても効果が

上がるようにする。そのためには、計画的な技能・技術の教育や訓練が必要となる。

生産技術と製造技術は、どちらもものづくり企業の製造現場には欠かせない。生産技術は「どうやったらそれができるか」を考えることで、製造技術は「実際のつくり方や、その技術内容」について考えることである。

より具体的に見ていくと、生産技術は「品質のよい製品を、より効率的に、できるだけ安く作ること」や「生産性を上げるためのしくみを考えること」が主な役割となる。一方、製造技術は、「原材料や製造方法を検討し、効率的な生産を行うための技術を向上させる方法を研究していくこと」を主な役割としている。

3. 企業での技能・技術伝承方法の確立

技能・技術伝承の仕組みは、企業戦略として自社に適した方法を選択しなければならない。自社内で閉じてブラックボックスとして自社の強みにする方法、関連するグループ内で活用する方法、社外にオープンにして業界で標準化する方法などがある²⁾。

3.1 スキルレベル

技能・技術を伝承するときにスキルレベルに応じた伝承をしなければならない。そこで、スキルレベルと伝承方法との関係について考えることにする。

伝承する技能・技術のスキルレベルは、関連する知識によって決まる。技能・技術には、暗黙知が含まれているといわれている。暗黙知とは表現が困難な知識で、形式知の対照語として用いられている。ものづくりの現場で必要となるのは、実践的な暗黙知である。つまり、現場での判断と行動を伴う知識である。

図2には、スキルレベルに関連する知識として、形式知と暗黙知との関係を氷山の一角をイメージして表している。形式知の背後に見えていない暗黙知が多く存在していることを示している。暗黙知には知恵や身体知がある。知恵はものづくり現場での判断に活かされ、身体知はものづくり現場での作業や

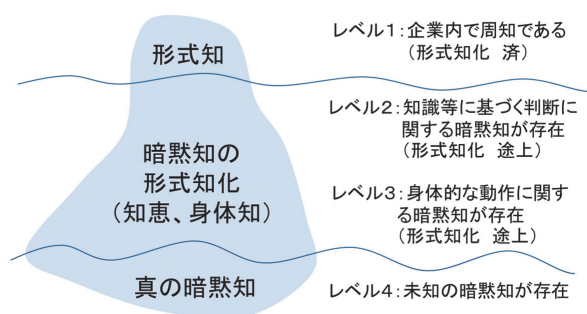


図2 スキルレベルと知識の関係 (暗黙知レベルの目安)

行動に活かされる。身体知とは、簡単に表現すれば「からだに根ざした知」、「からだで理解する」というニュアンスが含まれている。

形式知と暗黙知を技能・技術伝承のレベルと関連付けて示している (図2)。レベル1は、形式知を中心としている。レベル2は知恵による判断能力を中心とした暗黙知である。レベル3はおもに身体知による動作・作業や行動に関連する暗黙知である。

暗黙知は無意識のうちに身につけており、どのように工夫しても言葉や数値で表現できないものがある。形式知にならない暗黙知は、「真の暗黙知」ということができる。技能・技術にも「真の暗黙知」が含まれている。レベル4は「真の暗黙知」を対象としている。

3.2 技能・技術伝承の方法

技能・技術を伝承する人を「伝承者」、伝承される人を「継承者」と表すことにする。技能・技術伝承の方法を検討する際には、自社の伝承者と継承者の年齢やスキルレベルに配慮しなければならない。

伝承する技能・技術を定めた後は、その技能・技術に関するスキルを持つ社内の伝承者から継承者への技能・技術の伝承方法を具体化する。伝承者が社内になければ、外部組織の支援による技能・技術の伝承方法も検討する。

技能・技術の伝承方法は、社内では「①作業改善との連携」や、「②伝承者から継承者へ直接伝承」、AI・ARなどの「③支援システムの活用」、の3つの方法がある。社外に対しては、「④外部への移管」がある (図3)。これらの方法の枠組みの中で、技能・技術の伝承方法は、支援技術の進歩に伴って多

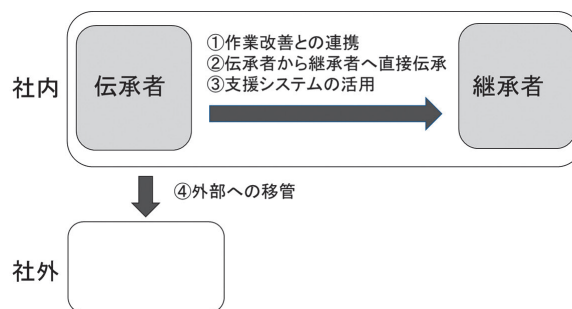


図3 伝承者から継承者への技能・技術伝承

様化している。

3.3 スキルレベルに応じた伝承例

スキルレベルに適した技能・技術伝承をするために、どのような工夫をすればよいだろうか。スキルレベルが高くなるほど、伝承者から継承者への直接伝承は比重が増え、作業改善の割合が低くなる傾向がある。一方、伝承者から継承者への伝承はレベルが高くなるほど直接伝承の必要性が高まっている。特に、レベル4は伝承者でなければ伝えることのできない技能を含んでいる。支援システムの活用や外部への移管については、スキルレベルが低いほど多くの対応策がある。図4には、技能・技術伝承方法とスキルレベルによる分類ごとに、伝承される技能・技術の大きさを表している。レベル4の「真の暗黙知」は形式知にならない知識を扱うので、支援システムの活用や外部への移管は難しく、伝承者が継承者に直接伝承する方法しかない。ただし、技能・技術が形式知として表現されていないのはブラックボックスの状態でも、作業改善はできる。

作業改善を行ってからシステムによる支援をすれば、生産性向上と技能・技術伝承を同時に行うことができる。支援システムの活用や外部へ移管できないスキルは、作業改善と連携することで補うことができる。作業改善を行うプロセスで技術者・技能者は活発にコミュニケーションすることで、スキルが伝承されるという効果もある。

各スキルレベルでの、技能・技術伝承のための訓練方法は異なる。

レベル1は、形式知中心の知識なので各種マニュアルを整備して訓練する。レベル1のスキルは作業

■ : 伝承される技術・技能の大きさを表している

	①作業改善との連携	②伝承者から継承者へ直接伝承	③支援システムの活用	④ 外部への移管
レベル1	■	■	■	■
レベル2	■	■	■	■
レベル3	■	■	■	■
レベル4	■	■		
技術・技能伝承の例	加工条件の改善、段取り時間の短縮など	OJT、徒弟制度など	画像処理、AIやARによる支援(4. 3参照)	プレカットによる木材加工(4. 4参照)

図4 スキルレベルによる技能・技術伝承

改善をしてから機械やロボットに置き換えることも検討する。

レベル2は、状況に応じて知恵で判断できるようにするための訓練をする。想定できるケースの経験を重ねるためのシステムで支援して、ものづくりの知恵を深めていく。

レベル3は、身体知により運動機能のギャップをなくす訓練をする。感覚機能の訓練と連想して、動作や作業のコツをつかめるように伝承する。

レベル4は、「阿吽の呼吸」,「以心伝心」により、マニュアルでは伝えられないスキルを伝承する。スキルレベルが高くなるほど、特定の伝承者でなければ伝承できない技能が多くなる。

スキルレベルに応じて伝承者と継承者の役割を定期的に見直さなければならない。付加価値の高い工程への伝承者の技能・技術を有効活用する仕組みが必要である。たとえば、伝承者には、ものづくりの工程全体の関わる構想力が活かせる保守やサービス業務がある。伝承者は経験が重視される特注品の対応やトラブル対応などの技能・技術を活かせる業務への転換できるように制度を整備する。

一方、継承者にはモチベーション向上に寄与するようなキャリアパスや将来の姿を示す工夫をする。技能・技術伝承で重要なことは、継承者と伝承者の相性やモチベーションに配慮することである。モチベーションを維持して、継承者の目標設定する仕組みがあると技能・技術伝承が促される。伝承者と継

承者との相性、人間性、仕事に対する愛着なども技能・技術伝承に影響している。

4. 技能・技術伝承を支える方法

ものづくりシステムが革新しても、現場では実作業を改善する活動が基盤を支えることは変わらない。このような状況において、ものづくりプロセスの基盤を支えているのは現場での実作業である。現場での作業改善を確実に実践して技能や技術を蓄積し活用できる仕組みができていない企業が成長していく。

作業改善後に実際に技能・技術伝承を実施するときに、3つの方法がある。1つ目は、「伝承者から継承者への伝承」で、OJTや徒弟制度などによる方法である。2つ目は、「支援システムを適切に活用」する方法である。3つ目は、技能・技術を社内から「外部に移管」してしまう方法である。

4.1 作業改善との連携

製造現場の生産要素には、人 (Man)、機械設備 (Machine)、原材料 (Material)、作業方法 (Method) の4要素がある。作業改善は4つの生産要素すべてを対象とするが、技能・技術伝承は、おもに人と作業方法を対象としている。したがって、生産要素すべてを対象とする作業改善は、技能・技術伝承と同時に行うと効果的である。

作業改善がすでに生産現場に定着している場合は、技能・技術伝承と一体化して実施するとよい。作業改善により技能伝承がより確実に推進できる。作業改善と技能・技術伝承とをバランスよく組み合わせることで相互補完してステップアップする。

技能・技術伝承を始める前に、作業のムダ取りを実施すれば生産性が向上すると同時に、技能・技術伝承の対象範囲が明確になる。また、技能・技術伝承を実施するプロセスで、加工条件の改善、段取り時間の短縮、治工具の改善などの作業改善を同時に行えば生産性向上につながる。ものづくりの基盤となる作業改善のねらいは、以下のようにまとめることができる。

- ① マンネリ化を打破し生産性を向上させる。
- ② 管理者と一般従業員の一体感を醸成し改善意欲を高める。
- ③ 機械・設備と上手につきあいトラブルによる損失を防ぐ。
- ④ 熟練技能者の経験と勘を、現場の知恵と意欲を高めて作業改善を継続させる。

技能・技術伝承と同時に行うと効果的な作業改善は業種により異なるが、以下の項目に着目するとよい。

(1) 加工条件の改善

加工条件の選定に技能が潜んでいる。各自の思い込みで改善をしないようにする。過去に習得した技能を何の工夫もなく各人で好きなように加工や組立をしないようにする。

最適な加工条件を見つけるための試行錯誤も大切である。社内で最新情報を収集して関係者で確認をしてもものづくりの現場にフィードバックされるようにする。常に最適・最高加工条件で加工され、その状態を維持できるようにする。

(2) 段取り時間短縮

段取り替えは、おもに汎用機械やマザーマシンなどに発生する作業で、A部品からB部品に切り替える場合、刃物や治工具、測定具、チャックなどの加工条件を変えるという付加価値の低い時間である。この段取り時間を極小化することが機械・設備の稼働率を高め、生産性向上となる。

(3) 治工具の改善

技術者、技能者が工夫して、自ら経験を活かして治工具の設計と製作ができるように環境を整える。現場技能者のスキルアップを図る体制をつくる。現場からアイデアだけでなく最新情報や技術と統合して標準化を図る。個人のアイデアを集大成し、会社の技術として蓄積し、治工具標準マニュアルを整備する。

(4) 設備の改善

設備の改善提案、およびアイデアを具現化して、現物の設備を改善する体制を整える。技術動向に合わせて場の情報をすばやくキャッチし改善活動が絶え間なく行われるようにする。

(5) ムダ取り

ムダ取りは、作業改善の基盤となる活動である。ムダとはいったい何なのかを全従業員が理解する。「ムダ取り実行計画」を作成して、「ムダ掘りだし」→「ムダ取り」→「ムダ取りの定着」の順序で教育する。実行、評価を繰り返しながらムダ取りのレベルを高めていく。

(6) 作業標準化

作業標準化は作業改善のゴールである。作業標準化の目的は、生産の合理化だけでなく、技能・技術の普遍化と向上があるので、このふたつの側面から説明する。

- ① 生産の合理化を図るために、勘・コツ・経験を極力排除して、形式知に着目して標準作業の確立をする。ものづくり現場での判定業務は極少化を目指す。誰が行っても均一なレベルの製品を生み出す生産システムを確立する。
- ② 技能・技術を普遍化して向上させるために、技能・技術は自社の財産であることを認識する。技能・技術は蓄積し共有化して誰でも利用できるようにする。そのためには社内規格として成文化して維持し、普遍化する。技能・技術は時代の進歩に伴って常に最新の状態になるように見直して改訂する。

4.2 伝承者から継承者へ直接伝承

(1) 仕事マップの整備

図5に金属プレス加工業におけるプレス生産の仕事の職務内容例を示している。技能・技術伝承における継承者の目標人物像も記述している。目標人物像の仕事を構成する職務に加えて、活動場所や扱う設備や資材などを記載しておく、目標人物像に関する共通認識を社内で形成しやすい。職場内に業務所掌などを定めたものがあれば、それらをベースに整備することになる。

目標人物像は実在する場合もあるが、そうでない場合もある。社内で技能・技術の高度化を推進中である場合や、中長期的な人材育成を指向する場合、あるいは設備や技術の革新が見込まれる場合などでは、該当する人物はいまだ存在しないことが多い。

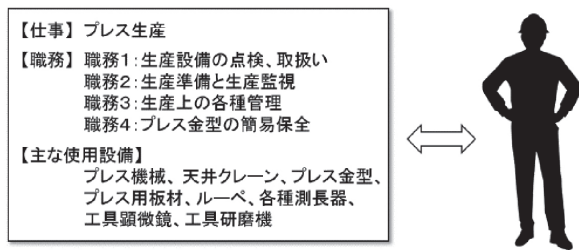


図5 プレス生産担当の職務内容（目標人物像の記述）

その場合は実在する人物や職務をベースとし、新たな職務や設備を追加したり、逆に不要になるであろうものを除外したりして目標人物像を設定する。

(2) 能力リストの整備

図6の能力リストは、図5に示した職務を遂行する際に必要な職業能力を記述し一覧表にしたものである。目標人物像（プレス生産担当者）の職業能力の記述例を示している。

ここで、「技能」は身体的（または知的）な具体的な行動であり、労働成果を産み出す上で必須のものである。したがって、職業能力の記述においては技能の記述は必須である。番号1-3「チェックシートに従って抜かりなく日常点検を励行できる。」などのような技能を発揮するための前提条件となるものである。知識は単独では職業能力としての役割を果たせない。番号1-2「機械各部の構造と機能を知っている。」という知識が職業能力として発揮されるためには、番号1-3や1-4、1-5の技能が必要である。したがって、「知識」は具体的な行動を伴う「技能」を伴うことによって職業能力としての役割を発揮す

番号	職務1：生産設備の点検、取扱い	重要度	暗黙知レベル
1-1	機械操作における安全上の要点、災害事例を知っている。	①	L2
1-2	機械各部の構造と機能を知っている。	③	L2
1-3	チェックシートに従って抜かりなく日常点検を励行できる。	③	L1
1-4	プレス機械および周辺装置の操作ができる。	③	L2
1-5	指示値通りにスライドの下死点位置をセットできる。	①	L1
1-6	加工油の年度を季節に合わせて調整できる。	②	L4
—	以下略		
番号	職務2：生産準備、生産監視	重要度	暗黙知レベル
2-1	プレス金型の構造と機能を知っている。	①	L1
2-2	プレス金型の玉掛作業ができる。	③	L2
2-3	プレス金型や材料の取り付けができる。	①	L3
—	以下略		

図6 職業能力の記述例【第1段階の能力リスト】

るといえる。このことは、身体運動的な技能だけでなく、設計業務のように情報を処理する技能においても同じである。

(3) 能力リストの分類と補強

抽出された職業能力リストは、以下の要領で分類し必要に応じて補強すると伝承者から継承者への伝承が進めやすくなる。

イ. 重要度の分類

職業能力の重要度の分類の目安を図1に示している。重要度はと影響度と発生頻度に基づき次の4つに分けている。図6の重要度の欄はこの分類に従った記入例である。

ロ. 暗黙知レベルの分類

職業能力の暗黙知レベルの分類の目安は図2に示している。この重要分類は、スキルレベルに基づき4つに分けている。図6の右から1列目の暗黙知レベルの欄はこの分類目安に従った記入例である。

ハ. 分類結果に基づく能力リストの補強

能力リストの分類例として、図6の番号1-5「指示値通りにスライドの下死点位置をセットできる。」について検討してみる。図7にプレス機械の下死点位置とその変動要因の関係図を示す。プレス生産では、スライドの下死点位置によって加工品の高さ方向の寸法が定まる。このため、下死点位置を適切にセットする技能は、加工寸法に直結するため影響度が大きい。加えて、毎日調整を行うため技能を適用する頻度も高いので重要度は「①」としている。一方、指示値の通りに下死点位置をセットする作業そのものは機械の下死点位置表示パネルを見ながら調整する比較的シンプルなものであるため暗黙知レベルは「L1」としている。このように重要度と暗黙知レベルが乖離している場合は、暗黙知レベルL2やL3の職業能力が隠れていると考えられるので、能力リストの補強を検討すべきである。

職業能力の分類結果に基づく能力リストの補強例を図8に示す。補強1はスライドの摺動軸などの熱変動の影響に関する知識である。補強2は昼休みなどの長い休憩後に機械の温度や工場内の温度が変わるため寸法不良が発生しやすいことに対応する技能で

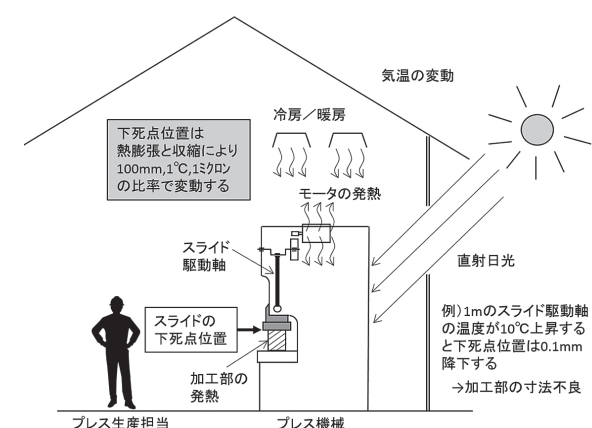


図7 スライドの下死点位置の変動要因（温度変動に限定）

番号	職務1：生産設備の点検、取扱	重要度	暗黙知レベル
1-5	指示値通りにスライドの下死点位置をセットできる。	①	L1
補強1	熱変動によってスライド位置が変動する現象を知っている。	①	L2
補強2	休憩後は初品寸法によるスライド位置修正を励行できる。	①	L3
補強3	生産ラインの熱変動対策を提案、実行できる。	①	L4

図8 能力リストの補強例【第2段階の能力リスト】

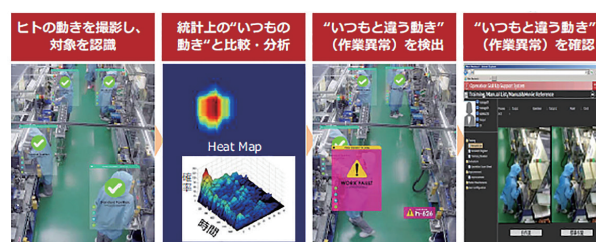
ある。この技能は、補強1の知識が伝承されていないと本質的な理解ができないため、代替わりなどによって途絶えがちな技能である。補強3は機械や工場の温度変動と加工品の寸法精度の関係に関する深い理解と創意工夫する応用力、そして品質向上に対する執念などが必要であり最高度の技能レベルといえる。

ある中小のプレス加工企業では、技師長が高精度な金型製作とプレス生産を行うための究極の温度変動対策として近隣で売り出された地下工場の購入を社長に提案し、企業価値の創造に大きく貢献した例もある。能力マップの補強は簡単なことではないが、技能・技術伝承の要点を把握し、生産活動のレベル向上のための重要なステップである。

4.3 支援システムの活用

技能・技術伝承の支援システム練の事例として、動画により気づきを促すシステムを紹介する（図9）。熟練者の動作や作業の動線を視覚的に表現して継承者に実態を示して非熟練者に差異を気づかせる支援システムである。

このシステムは、作業者の動線データなどの「ヒト」の動きを蓄積して解析する機能がある。同じ工



日立製作所より資料提供

図9 動画による技能訓練の事例

程や同じ作業における熟練者の動きと非熟練者の動きを比較することで作業に対する理解度が向上する。統計上のいつもの作業と自分の作業を比較して自覚を促すことができる。

製造工程の品質向上に貢献する。「ヒト」に起因する作業品質のバラツキを検出して品質格差を是正する。異常検知結果を次工程へフィードフォワードすることで品質確認や修正作業を指示する。

支援システムでデジタル化したデータを基にして技能訓練に活用できる。「いつもと違う動き（作業異常）」を検出することにより、作業確認や作業改善にも活用できる。

4.4 外部への移管

技能・技術伝承を個別企業でバラバラに対応するのでなく、外部に移管すれば業界や地域単位で対応することができる。たとえば、高価な3次元プリンターを複数の企業で共用すれば、複雑な3次元加工が行える。住宅建築で大工が継手や仕口を加工する技能を、工場の3次元木材加工機でプレカットした事例もある。

業界を巻き込んで技能・技術の外部移管をした事例がある。技能・技術伝承を個別企業でバラバラに対応するのでなくアウトソーシングして業界が一体化してサービスとして提供している例である。

木造住宅建築では、大工が墨付けして、仕口・継手などの加工をする作業は、これまでは下小屋や現場で行っていた（図10）。2000年以降から、この作業を工場で木材をプレカットして、現場に搬入することが顕著になってきた。その結果、現場での墨付けと木材加工が不要となった。木材のプレカット工場では、3次元のCAD情報に基づいて3次元で加工

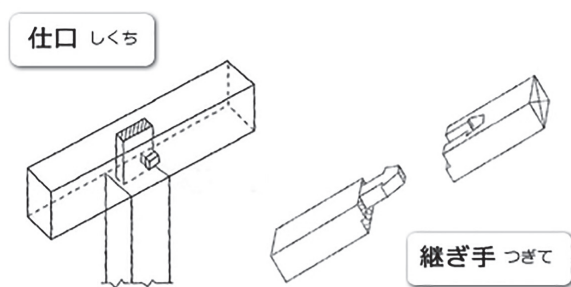


図10 仕口や継ぎ手の例

ができるようになった。

大工はこれまでの木材加工の経験を活かして、3次元のCAD図面を読んで、たとえば、材料断面に違和感があれば補正する調整を個別に行っている。大工の技能が、これまでの経験を基にした知恵を活かす役割に変わった。3次元のCAD情報により、木材加工を機械で精度よく行えるようになったからだ。ものづくり環境の設備と道具が高度化したことにより、大工に求められる技能の内容が変わったのだ。

技能・技術が機械に代替され、外部に移管されたことにより、熟練技能者の技能・技術の中身も変化してゆく。

5. おわりに

最後に、技能・技術継承の型を整理することにする。継承者の学びには、守破離という“型”がある。技能・技術の伝承は守破離のプロセスでスパイラルアップしてゆくと考えることができる。

「守」では、伝承者が積み重ねてきた型を継承者が模倣して修得する。「破」では、継承者なりの工夫や努力を重ねて獲得する。「離」では、継承者独自の技能を創造する。

守破離のプロセスで、ものづくり現場での生産技術と製造技術を深掘りしてゆく。どうすれば技能・技術伝承ができるのか、作業改善ができるのかを考え、改善のおもしろさを自覚して生きた知恵が身についてゆく。守破離の実践を通じて技術者や技能者を育成することができる。

ものづくり企業での技能・技術伝承は、生産技術

と製造技術が中心となるが、計画、設計、調達、メンテナンス、リサイクルなどの周辺分野の技能・技術と密接に関連している。これらの周辺分野の技術と生産技術、製造技術を統合することで、技能・技術伝承の範囲は広がり、深みが増してゆく。

守破離のプロセスでは、特に“離”の段階で独自性のある技能・技術が伝承される。4.4節の事例では、生産技術・製造技術がシステム化されたことにより、設計段階の技術と統合した技能・技術が伝承されている。周辺分野との融合することで、新たな知見が創出されスキルの範囲が広がり、技能・技術者が成長していく。

守破離の枠組みで、技能・技術伝承の目標を進化させて、伝承者と継承者が成長していくというダイナミックなプロセスが踏めるようにするとよい。

<参考文献>

- 1) 野中帝二，安部純一「モノ創りのための技能伝承」2013, FRIコンサルティング最前線, Vol.5, p46, 図3コア技能の絞り込み例
- 2) 原圭吾，技能科学によるものづくり現場の技能・技術伝承，2019.6，日科技連

工作技能の継承に向けたノウハウのデジタル化

山形大学 近藤 康雄

1. はじめに

日本国内の製造業において、従来は熟練者による“巧みな技”が競争力の源泉と考えられてきた。“巧みな技”は、きわめて属人的で、継承には作業者が多くの年月をかけて技能を習得するのが一般的である。しかし、近年の産業のグローバル化および急速な少子高齢化により、世界中のどこでも同じ品質を同じタイミングで実現することが求められている⁽¹⁾。こうした産業の潮流変化の中で、限られた時間・コスト・労力での人材育成や、技能の機械化・自動化による品質向上のために、“巧みな技”を定量的・客観的に記述することが強く求められている⁽²⁾。ここで、“巧みな技”とは、訓練によって身体が覚えた高度な技能であり、高度熟練技能あるいは身体知などとも呼ばれている。

身体知に関する研究は多数報告されている⁽³⁾。しかし、①身体知を数理モデルで表現することが困難で、作業者の試行錯誤によってのみ習得が可能となること、②習得に個人差が強く影響するため、最善の方法を一意的に決定できず、特定の被験者による結果を直ちに一般化できないこと、③身体知の全体の体系化や、個別技能の客観的かつ定量的な取り扱いができないため、継承利用が難しいこと、という障壁があり、“巧みな技”の定量的・客観的表現は難題中の難題となっている⁽⁴⁾。

高度熟練技能の継承を考えるうえで、個人差や個人内変動といった多様性を含んだ形での作業のモデル化は最重要課題の一つとなっている。これまで、

個人差や個人内の変化を考慮した作業のモデル化に関しては、経験の有無による巧拙の違いを比較する研究⁽⁵⁾、作業の繰り返しと習熟に関する研究⁽⁶⁾、習熟とともに疲労を考慮した研究⁽⁷⁾等、多くの研究が行われているが、これらは道具や機械を身体がどのように扱っているかをモデル化したもので、身体的作用を受ける道具や機械の状態変化をモデル化したものではない。

道具や工具を使う手作業では、実際にモノを切ったり溶接を行っているのは道具や工具のアクション（行為）であり、身体の動きは道具や工具を正しく動作させるために機械の役割を果たしているとも考えられる。一般に、ロボット分野等においては、同じ直線運動を達成するために幾通りものメカニズムを考えることができる。これは、野球においてカーブ球を配球するための投げ方は投手によって様々であることと似ている。見方を変えると、道具や工具を使う手作業の結果の良否は、作業中の身体の外形的な動きではなく、道具や工具の動きに依存することを示唆している。野球のボールがカーブ球になるのは、投げ方に関わらず、ボールに決められた回転が与えられた結果であることと同じである。

本研究では、単純な手作業として、丸鋸によるアルミ角パイプの切断作業を取り上げ、ヒトが丸鋸盤に作用した結果、工具である丸鋸に加えられた力の変化をデジタルデータとして取り出し、力の変化と切断面の品質の関係を実験的に調べた。次に、作業者が切断作業を行ったときの消費電力変化（力の掛け方）を手本データに近づけていく訓練を繰り返すことで技能習得が進むかを検証した。このように、

人間の動作そのものを対象とせず、道具や工具に作用した力の計測によって技能習得がスピードアップできれば、個人差や個人内変動が激しい身体の動きをモデル化する必要がなく、継承すべき技能の客観的かつ定量的な取り扱いが容易となり、IoTを活用した技能継承システムへの貢献が期待できる。

2. 研究対象と問題意識

2.1 対象とする手作業

本研究では丸鋸盤による角パイプの切断作業を取り上げた。丸鋸は、円盤型の鋸を高速回転させて材料を切断する電動工具で、その切断能力は非常に高く、直線のカットを効率的に行うことができる。電動丸鋸は、高速回転する鋸刃は切りくずの排出性が高く、ハイペースで切断でき、熟練工が作業するとききれいな平面を持つ切り口が得られるが、切断する材料の送り方が不適切であると、切り口が荒れたり、直線ではなくジグザグの切断線となりやすい⁽⁸⁾。

一般に、熟練技能を継承可能な形にするには、第一に技能の数値化・機械化を試み、それが適わない部分について熟練技能の定量的・客観的表現を試みるのが自然なアプローチといえる。市販の丸鋸盤では、金属や木材を手送りすることで切断を行うため、切断線が直線（まっすぐ）かつ切断面にバリや荒れがないように切断するには、少なくとも材料を送る方向と掛ける力の2つのことを意識して作業する必要がある。“材料をまっすぐに送る”という意識と“切断面にバリ等が発生しないように力の掛け方を調整する”という意識は互いに影響を及ぼしあうと考えられ、力の掛け方だけを分析するには、“まっすぐ送る”ことを意識しなくとも切断が行える状況を作る必要がある。そこで本研究では、図1に示すように、誰がどのように材料を送っても切断線がまっすぐとなるように、角パイプの把持具を装着した直動ガイドを丸鋸盤に敷設し、直動ガイド上に固定した角パイプを手動送りで丸鋸切断する作業を研究対象とした。本作業では、角パイプの把持具を装着した直動ガイドという器具を導入することで、丸鋸切断において切断線がジグザグになること防いでいる。

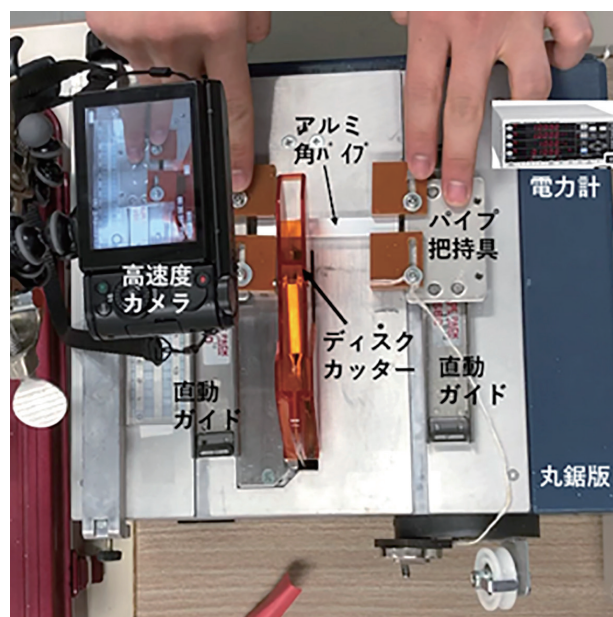


図1 丸鋸の概略構成

2.2 実験および力の計測原理

丸鋸盤として、小さな金属、プラスチック、木材等を切断するための卓上丸鋸盤（ホーザンK-210）を使用した。本丸鋸盤により、1辺が10mm、肉厚が1mmの正方形断面を有するアルミ角パイプを手送りし、直径φ85mm、刃厚1.6mm、山数30、回転数3500rpmの超硬金属製ディスクカッターを用いて切断作業を行った。丸鋸盤においてディスクカッターは電気モータによって駆動されるが、駆動時に消費された電力（消費電力）はディスクカッターを回転させるために必要となる動力（トルク）に比例する^{(9), (10), (11)}。ディスクカッターに大きな力が加えられると消費電力は大きくなり、小さな力が加えられたときには消費電力も小さくなる。本研究では、ディスクカッターに作用する力と消費電力の間に線形関係があることを利用して、作業者の力の掛け方の変化を見える化した。具体的には、切断作業中のディスクカッター駆動用モータによる消費電力を0.2秒間隔で測定し、測定データはパソコンに伝送され、作業の経過時間と消費電力の関係が自動的にディスプレイされる。また、取得したデータはインターネットを介してクラウド上に揚げることも可能で、昨今注目されている“IoTモニタリング”にも対応可能なシステム構成にもなっている⁽¹²⁾。

2.3 作業内容

機械工作が未経験の20歳代の男子学生9人を作業者とし、一人につき6回の切断作業を行うこととした。作業要領を表1に示す。1回目の作業では、作業者に自由に切断作業を行わせ、作業時間と消費電力の関係を記録する。アドバイザーは、得られた消費電力変化を手本データと比較し、手本と異なる部分を作業者に口頭で伝える。このとき、作業者には消費電力変化の関係を示したグラフの提示は行わず、口頭で改善点だけを指示した後、2回目および3回目の切断作業を実施してもらう。3回目の切断作業終了後に、1回目から3回目までの切断作業における消費電力変化と手本データを比較したグラフを作業者に提示し、1回目の作業終了後と同様の方法で指示を与え4回目の切断作業を行ってもらう。5回目および6回目の切断作業は、それぞれ4回目および5回目の電力変化を作業者に提示した後に実施してもらった。本研究では、各回の切断作業で得られたアルミ角パイプの切断面の品質をデジタルマイクロスコプで観察し、切断面の品質（バリや荒れ等の欠陥発生）と電力変化の関係を明らかにするとともに、電力変化すなわち作業中の力の掛け方の変化を明示的に見える化することにより、作業者の技能習得にどのような効果があるかについて検討を行った。

表1 切断技能習得の流れ

作業回数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
指示	自由に切断	各回の電力データを基にアドバイザーが口頭で改善点を指示		各回作業の電力データを手本データとともに作業者に見せながらアドバイザーが改善点を口頭で指示		
アドバイザーの口頭指示	×	○	○	○	○	○
電力データの閲覧	×	×	×	○	○	○

3. 結果および考察

3.1 手本データ

本研究において、熟練技能者による切断データとして位置付けた手本データにおける電力変化を図2に示す。本データは、人手による切断作業から得たものではなく、角パイプに一定荷重を負荷するこ

とで材料送りを実現する定負荷送り切断を行って得たデータである。定負荷送り切断法は、付加する荷重の大きさが適切であれば、電子顕微鏡観察用の薄膜試料の切断も可能な超精密切断法として知られている^{(13), (14)}。本研究における切断作業では、負荷する荷重を0.68~0.78Nに調整することで、バリや激しい荒れのない切断面を得ることができた。図2は、荷重が0.68N、0.73Nおよび0.78Nの場合の切断中の電力変化を示したものであるが、いずれの場合も電力がパルス状に大きく変化することはなく、電力値は、ある上下限の範囲内で推移している。一方、電力値の上下限の範囲は負荷する荷重の大きさによって変化し、それに伴い切断に要する時間も変化しているが、いずれの場合もきれいな切断面が得られている。このように手本データが複数存在することは、熟練技能が個人差や個人内変動といった多様性を含んだものであることと符合する。

3.2 初心者データの特徴

初心者として作業した9名の第1回目の切断において得られた代表的な電力変化を図3示す。作業中の力の掛け方は、次の4のタイプに大別できた。

タイプⅠ：大きな力を掛けて一気に切断するタイプ

タイプⅡ：作業中ほぼ一定の力を掛けて丁寧に切断するタイプ

タイプⅢ：作業中に掛ける力の大きさが変動しやすいタイプ

タイプⅣ：切り始めと切り終わりに力が入りやすいタイプ

タイプによって、消費電力の絶対値や切断時間は異なるが、いずれの作業者においても、図2に示す手本データに比べて消費電力が高く、短時間で切断作業が終了している。

次に、4つのタイプの切断で得られた切断面の様子を図4に示す。タイプⅠでは、切断面の至る所でバリやクボミなどの欠陥が見られるのに対し、タイプⅡではクボミや荒れなどは見られないものの切断面全体が荒れた状態となっている。タイプⅢやタイプⅣのように、切断の途中で力の大きさが変動する場合では、力が急増または急減するところでバリや

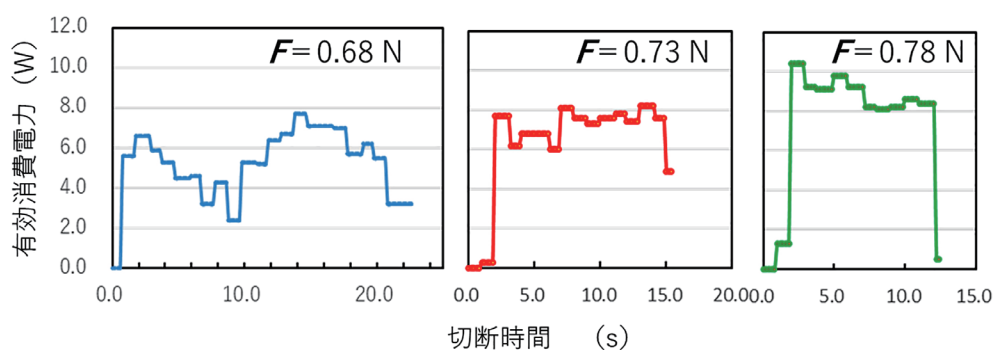


図2 力の掛け方の手本となる電力変化の例（手本データ）

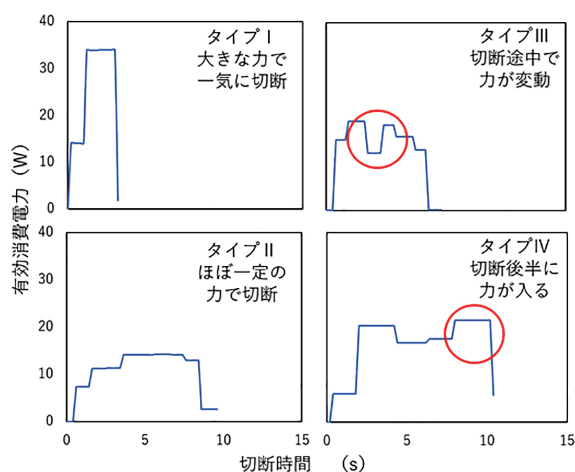


図3 初心者のタイプと力の掛け方の分類

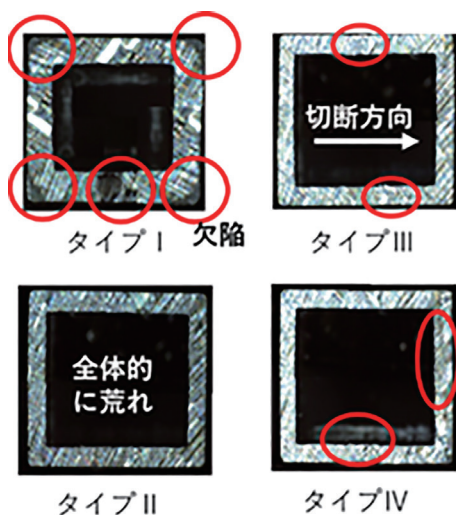


図4 初心者のタイプと切断面の品質

欠けなどの欠陥が生じやすくなっている。これらの事実、切断時の電力変化、すなわち作業者の力の掛け方と切断面の品質の間には因果関係があり、この因果関係を利用すると、作業者の動きをディスク

カッター駆動用モータの消費電力変化で見える化できることを示唆している。

従来、個人差や個人内の変動を考慮した作業では、経験の有無による動作の違いが結果に及ぼす影響を調べることが多い。しかし、人間の動作は複雑すぎて簡単にモデル化できず、結果的には、文章、画像、音声などを利用して作業の手順やコツなどを記述する“作業テンプレート”の作成で終わることが多い。一方、本研究のように、道具や工具を使う作業では、道具の動きは作業者の動きを反映したものと位置づければ、人間の動きに比べて道具の動きは数理モデル化しやすいため、従来の作業テンプレートを超えた技能継承法の提案も期待できる。

3.3 力の掛け方の見える化と技能習得

一般に手作業を対象とした技能習得では、作業者の動きを熟練者に似せていくアプローチをとるが、本研究では作業者の動きそのものは評価の対象とせず、作業者の動作によって機械がどのように動いたかを評価するアプローチを試みた。具体的には、複数の切断条件で得た手本データの消費電力変化を目標値と位置づけ、作業者が切断作業を行ったときの消費電力変化をいずれかの手本データに近づけていく訓練を繰り返すことで技能習得が進むことを検証した。このように人間の動作そのものを対象にしないことで、個人差や個人内変動といったモデル化しにくい要素を評価の対象から取り除くことができる。

各作業者の1回目、3回目および6回目の切断時の消費電力変化をタイプⅠ～Ⅳのタイプ別にまとめたものを図5に示す。繰り返しになるが、作業者ごと

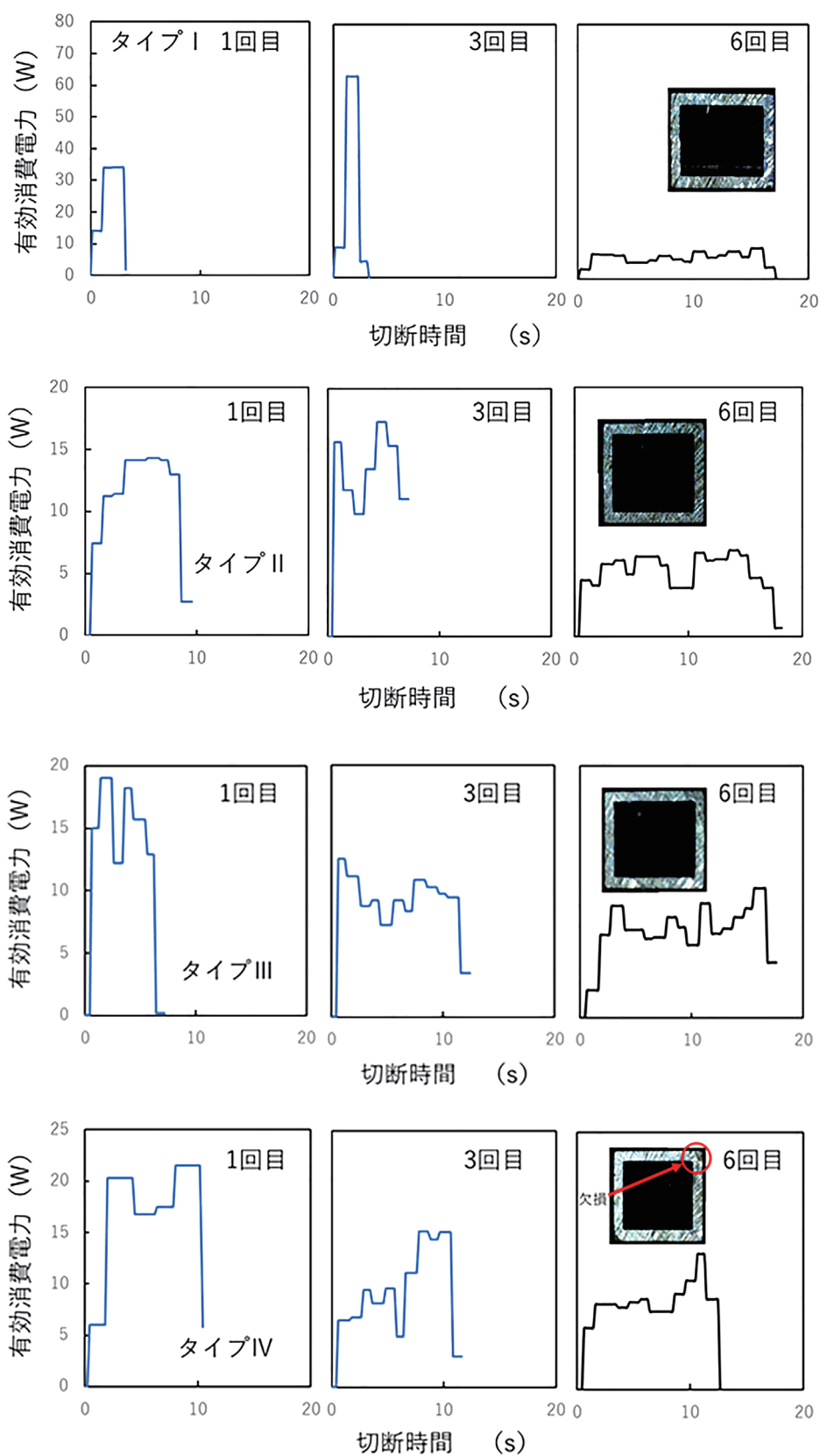


図5 作業者のタイプ別の技能習得過程

に、1回目は作業者の意思で自由に切断を行い、1回目および2回目の切断結果を見て、掛ける力の大きさや材料の送り速度について口頭で指示を受けたうえで3回目の切断作業を実施した。3回目終了後は、各回の差切断作業が終了する毎に消費電力変化の手本データと作業者データを比較したグラフを作業者に提示し、力の掛け方や材料の送り速度に関する手本データとの違いを定量的に認識してもらった後に次の切断作業を実施した。4回目から6回目は、作業者データと手本データとの差を定量的に認識した後の作業となる。

口頭で改善点を指示された後の3回目の消費電力変化を1回目のデータと比較してみる。タイプⅠやタイプⅡのように、掛ける力が切断中に大きく変動しない作業者では、口頭での指示だけでは、掛ける力の大きさを調整しきれず、3回目の切断においても手本データと比べ、大きな力で材料を送ってしまう傾向がみられた。他方、タイプⅢおよびタイプⅣのように、作業中にかける力の大きさが変動しやすい作業者では、口頭の指示だけで材料を送る速度は手本データに近づいたが、掛ける力の大きさの変動を抑えることは難しいようであった。図2の手本データからもわかるように、本研究における切断作業では、掛ける力の大きさと切断に要する時間には相関があり、力の大きさを手本データに近づけると切断に要する時間も同時に手本データに近づく。タイプⅠとⅡで材料の送り速度を調整できなかったり、タイプⅢおよびⅣで力の変動を抑えることができなかったのは、作業者が感覚を頼りに作用させる力の大きさと実際に掛かっている力の大きさの関係が、口頭による指示だけでは明示的に示されないため、作業者が目指すべき目標を定めきれなかったことが大きな原因と考えられる。

第6回のデータを第3回目のデータと比較してみる。手本データと比較して切断時の消費電力変化を見せながら改善点の指示を行うと、どのタイプの作業者も、2～3回の作業の繰り返して掛けている力は手本データのレベルに収束し、切断に要する時間も自然に手本データのレベルとなる。また、得られる切断面にも明らかな欠陥は認められなくなった。こ

のことは、作業者が感覚を頼りに作用させている力の大きさと実際に掛かっている力の大きさの関係が定量的に認識できると、作業を何回か繰り返すことで、力の大きさを適正状態に調整する能力が定着することが示唆される。しかし、タイプⅡの作業者に見られる作業中の力の変動や、タイプⅢおよびⅣの作業者では力の変動幅は小さくなるものの変動すること自体を抑制することはできず、個々の作業者が持つ細かな癖を修正するまでには至らなかった。

4. おわりに

丸鋸によるアルミ角パイプの切断作業を取り上げ、作業者が丸鋸盤に作用した結果、工具である丸鋸に加えられた力の変化をデジタルデータとして取り出す技法を提案した。本技法を利用して、作業者が切断作業を行ったときの消費電力変化を手本データに近づけていく訓練を繰り返すことで技能習得が進むかを検証した。検証にあたり、作業者の姿勢や動作については全く考慮せず、機械に作用している力の大きさを見える化することにより技能向上が図れるかについて検討した。作業者が感覚を頼りに機械に作用させている力の大きさと実際に掛かっている力の大きさの関係が定量的に認識できない状況では、作業の繰り返しによる技能向上には大きな個人差がみられた。一方、目指すべき目標と自身のデータとの差が数値データとして示されると、訓練を繰り返すことで、速やかに掛けるべき力のレベルが体得できた。同時に、掛けた力の時間変化が細かく把握できるため、作業中に無意識に現れる細かな癖を発見することができた。さらに、作業者一人一人の特性に合わせた適正な作業姿勢も無意識のうちに習得できている可能性も高い。このように、人間の動作そのものを対象とせず、道具や工具に作用した力の計測によって技能習得をスピードアップできれば、個人差や個人内変動が激しい身体の動きをモデル化する必要がなく、継承すべき技能の客観的かつ定量的な取り扱いが容易となり、IoTを活用した技能継承システムへの貢献も期待できる。

<参考文献>

- (1) 内閣府：第5期科学技術基本計画, <http://www8.co.jp/>, (2016).
- (2) 上田洋一郎：産業ロボット業界の現状と展望～業界構造変化を踏まえた日系ロボットメーカーの戦略方向性～, Mizuho Industry Focus, 150, 1-22, (2014).
- (3) 古川康一, 植野 研, 五十嵐 創, 森田想平 他：身体知の解明を目指して, 第17回人工知能学会講演会予稿集, 1-4, (2003).
- (4) 馬渡正道, 土屋健介：高度熟練技能における数理解析モデルおよび制御解析法の構築ならびに書道の運筆活動における潤滑への適用, 計測自動制御学会論文集, 52, 317-329, (2016).
- (5) Beilock, S. L., and Carr, T. H. : On the Fragility of Skilled Performance: What Governs Choking, Journal of Experimental Psychology , General, 130, 701-725, (2001).
- (6) Ofen, N., Moran, A., and Sagi, D. : Effects of trial repetition in texture discrimination, Vision Research, 47, 1097-1102, (2007).
- (7) Myszewski, J. M. : Nathematical Model of the Occurrence of Human Error in Manufacturing Processes, Quality and Reliability Engineering International, 26, 845-851, (2010).
- (8) Kondo, Y., Higashimoto, Y., Sakamoto, S., Fujita, T. & Yamaguchi, K : Feature Extraction from Sensor Data Streams for Optimizing Grinding Condition, Materials Science and Engineering, 229, 1-6, (2017).
- (9) Kondo,Y., Mizunoya,S., Sakamoto,S., Yamaguchi, K., Fujita, T., & Yamaguchi, M. : A Utilization Method of Big Sensor Data to Detect Tool Anomaly in Machining Process, Key Engineering Materials, 719, 122-126, (2016).
- (10) Kondo, Y., Yamaguchi, M. & Sakamoto, S. : A Big Data Analysis Technology for Catching Usual/unusual State of Cutting Tool, Proc. of 3rd IC3MT, CD-ROM, (2018).
- (11) 中村源一：丸鋸切断における切削トルクと送り力についての二、三の実験, 木材学会誌, 15, 1-5, (1969).
- (12) 樽田泰宜, 柳原 敏, 井口幸弘, 北村高一他：知識・技術・技能の伝承支援に関する考察 –メタ的な知の表現と認識–, 第32回人工知能学会講演会予稿集, p.1-4, (2018).
- (13) 長谷川基由, 中西佑二：定荷重研削切断加工に関する研究（第1報）, 精密機械, 47, 44-49, (1981).
- (14) 長谷川基由, 中西佑二：定荷重研削切断加工に関する研究（第2報）, 精密機械, 48, 80-84, (1982).

静電気概念の再整理

— ものづくり実務を見据えて —

奈良県立奈良高等学校・京都大学サイエンス連携探索センター 仲野 純章

1. はじめに

静電気は日常生活のあらゆる場面に存在し、瞬間的な痛みを感じる放電現象を始めとして、我々は日々その存在を認識することができる。大半の場合、静電気がもたらす影響は軽微であるが、時に、爆発や火災といった災害の引き金ともなることから、決して無視のできない存在である。2001年には、セルフスタンドで給油中であった自動車の給油口付近から静電気起因の火災が発生し、これを受けて消防庁はセルフスタンドの安全対策・注意喚起を強化してきたが、その後も同様の火災が起り続けている⁽¹⁾。また、その発生機構や特徴に未解明な部分が多いとされているが^{(2),(3)}、我々にとって非常に危険、且つ身近な存在である落雷（雷放電）も静電気によりもたらされる現象の一つである。

このように我々の日常生活と大小様々な関わりを有する静電気は産業活動とも深く関わる。とりわけ、ものづくり現場では、静電気は安全面や品質面に関わる重大な問題と直結することが多く、その存在感は大きい。

例えば、化学・エネルギー産業などでは、静電気を原因とする爆発や火災が例年繰り返し発生し続けており^{(4),(5)}、この場合、材料・設備の焼失や被災者発生といったように、影響が甚大化することが珍しくない。最近では、2017年に静岡県の化学工場が発生し、多大な人的被害（死亡者2名、重傷者2名、軽傷者11名）を出した事故が比較的記憶に新しい。こ

れは、樹脂製品の包装作業場付近で静電気を着火源とする粉塵爆発⁽⁶⁾が発生し、その火炎が建屋内の危険物・可燃物に引火・類焼し、重大事故に発展したものである⁽⁷⁾。また、ホースを使って有機溶剤を小分けする際などに、静電気が有機溶剤に直接的に作用し、爆発や火災を引き起こす事例も多い⁽⁸⁾。

一方、電気電子産業でも静電気の影響は大きく、この場合、主に品質問題への影響が際立つ。例えば、光源やディスプレイ関連の製造工程では、塵埃付着による品質異常は大きな問題となり、静電気がその原因の一つとなる⁽⁹⁾。図1は、LED照明の廉価品を製造販売する海外企業（中国、広東省）で製造された光源モジュール「マルチチップCOB (chip on board)」において見られた品質異常事例である。マルチチップCOBでは、基板上に配列した多数のLEDチップを金ワイヤで連結し、その上から蛍光体樹脂が充填されるが⁽¹⁰⁾、この事例では、蛍光体樹脂の表面付近（図1中D1）や内部（図1中D2）に塵埃が吸着・混入している。D1のような塵埃は、光源としての光学特性に影響を及ぼしかねず、D2のような塵埃は、光学特性への影響だけでなく、LEDチップや金ワイヤなどと接触して電気回路の損傷を招く危険性もある。図1中の塵埃D1、D2が静電気起因で吸着・混入したとは断定できないものの、このような類いの品質異常が見られる場合、ものづくりの環境としては、静電気対策の意識や体制が不十分な状況であることが大いに疑われる。電気電子産業では、上記のような静電気による塵埃の吸着・混入やそれに伴う電気回路損傷に

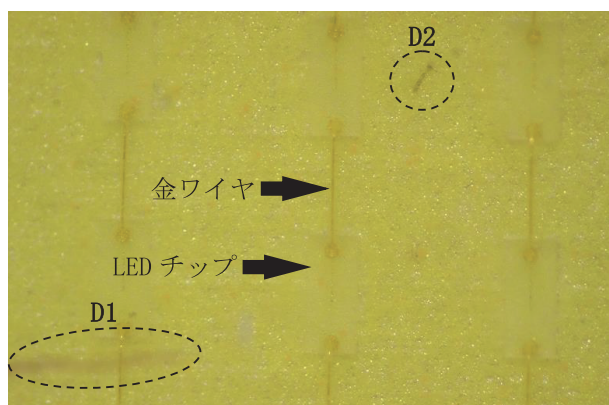


図1 マルチチップCOBの品質異常例;
(D1)樹脂表面付近の塵埃、(D2)樹脂内部の塵埃

加え、ESD (electrostatic discharge : 静電気放電) による電気回路損傷も大きな問題となる。昨今、生産拠点、ひいてはそれを抱える企業全体の競争力強化にISO9001やIATF16949といった国際的な品質マネジメントシステム規格の認証取得が半ば必須条件となっており、電気電子産業などでは、これらの規格の要求事項に応える形でESD対策を盛り込むことが一般的であることから、その問題の大きさがうかがえる^{(11),(12)}。

以上触れてきたように、静電気は、静電気放電などの電気的作用と吸着などの力学的作用という大きく二つの側面からものづくり現場に影響を与えているといえる (図2)。

安全で高品質なものをづくりを実践していくには、静電気の特性に対する正しい認識とそれに基づく適切な対処が欠かせない。昨今のものづくり現場では、ISOなどの規格認証取得・維持のため、ハード面から静電気対策を講じ、且つその整備・運用状況を内部監査するチェック体制が敷かれることも多

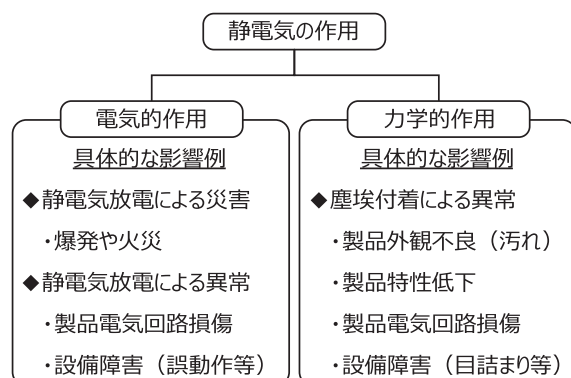


図2 ものづくり現場に影響を与える静電気的作用

い。しかしながら、ものづくり実務者一人一人、あるいは内部監査員一人一人が静電気の基本を理解しているかという疑問が残る。本稿では、ものづくり実務を意識しながら、静電気についての基本的な内容を見つめ直したい。

2. 静電気概念の基本事項

静電気概念についての詳細な解説は他書に譲り、ここでは、ものづくり実務者の基本リテラシーとして求められる程度の内容を再確認するに留める。

2.1 静電気の発生と帯電

静電気は、帯電した物体 (帯電体) に分布している流れのない電気などと定義され⁽¹³⁾、動電気とも称される流れのある一般の電気と対義的に捉えられる⁽¹⁴⁾。帯電は、接触した物質間で電子やイオンといった電荷担体が一方から他方に移動することで、過剰電荷が生じ、留まることで起こる。一定の理論的説明が可能な導体や半導体の帯電機構に対して⁽¹⁵⁾、有機高分子材料を始めとする不導体の帯電機構はより複雑で、不明な点も多いとされるが、いずれにしても、電荷担体に働く駆動力は、電荷担体に対するそれぞれの電気化学ポテンシャルの差であると考えられている⁽¹⁶⁾。例えば、2つの異なった金属が接触する場合であれば、仕事関数の小さい金属から大きい金属に向けて電子が接触界面を移動し、電子の電気化学ポテンシャル、すなわちフェルミレベルが一致して電子の移動が終了する。その結果、仕事関数の小さい金属が正に、仕事関数の大きい金属が負に帯電する。

帯電に至るプロセスは様々であり、表1に例示するように、帯電プロセスに基づいて帯電を細分化することがある。このうち、ものづくり現場で多く見られるものとしては、剥離帯電や摩擦帯電が挙げられよう。

剥離帯電はテープ類やフィルム類を剥がす際に帯電が引き起こされるものである。これは接触帯電と根本的には同一であるが、剥離というプロセスにより顕在化する帯電であることから剥離帯電と称され

表1 帯電プロセスに基づく帯電の細分化例

名称	帯電プロセス
接触帯電	接触
剥離帯電	剥離
摩擦帯電	摩擦
衝突帯電	衝突
攪拌帯電	液体または粉体の攪拌
噴出帯電	断面積の小さい開口部からの流体の噴出
流動帯電	伝導率が低い流体の配管を通じた輸送

る。剥離帯電における帯電量は剥離速度に依存するとされ^{(17),(18)}、図3に相關イメージを示すように、帯電量は剥離速度の増加に伴って増加し、漸次一定値に近づく傾向を示す。

一方、摩擦帯電は接触面を擦り合わせることで起こる帯電である。摩擦帯電の主要な要素も接触帯電であるとされている。物質表面は微細な凹凸が多いため、通常、一回接触するだけでは十分な帯電量に至らない。しかし、摩擦を行うことで接触面積が増加し、帯電が顕在化する。このように、接触帯電の効果を接触面積の増加により顕在化させるものが摩擦帯電であると大まかに捉えることができる。ただし、より詳細に摩擦帯電を見た場合、別の帯電要素として加圧作用による圧電気（ピエゾ電気）の発生や摩擦熱による効果もあるが、本稿では割愛する。

物質には正に帯電しやすいものと、負に帯電しやすいものがあり、それぞれの符号に帯電しやすい物質を実験的な評価に基づき序列化した表を帯電列という（表2⁽¹⁹⁾）。帯電列の正側にある物質と負側にある物質を擦り合わせると、前者は正に、後者は負に帯電する。帯電列内で離れている物質同士ほど、発生する静電気は大きくなり、いわゆる「親和性の悪い組み合わせ」となる。ただし、化学反応や汚れ付着により表面状態が変質するなど、帯電列で想定

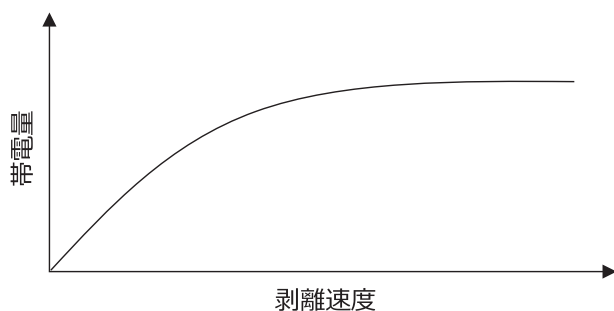


図3 剥離帯電における剥離速度と帯電量の相關イメージ

表2 帯電列

金属 (+)	繊維 (+)	天然物質 (+)	合成繊維 (+)
		人毛・毛皮 ガラス	
	ウール ナイロン レーヨン		
鉛	絹 木綿 麻	綿	
	ガラス繊維	木材	
亜鉛 アルミニウム		紙	エポナイト
鉄 銅 ニッケル 金		ゴム	ポリスチレン
白金	ビニロン		ポリプロピレン
	ポリエステル アクリル		ポリエチレン
		セロハン	塩化ビニル (-)
(-)	(-)	(-)	(-)

されている状態と等しくない状態になっていることもあり、必ずしも帯電列通りの順序や親和性の程度とならない可能性がある。また、温度や湿度、摩擦方法によっても帯電列で示された序列が変化し得るため⁽²⁰⁾、帯電列はあくまで一つの参考情報として認識するに留めるのが賢明である。

なお、単に接触させるだけでは帯電が起こり得ない同一物質同士であっても、それらを擦り合わせた場合には帯電し得ることを忘れてはならない。これは、同一物質の間で摩擦（あるいは、それに準じたプロセス）を起こす際、互いに全く対称的といえない条件とした場合に起こるもので、非対称摩擦といわれる。例えば、同一物質であるが、その表面粗さが異なるもの同士を擦り合わせる場合などがこれにあたる。また、表面状態や大きさも等しい同一物質同士を擦り合わせる際、図4のように一方を固定し、その一点のみを他方で擦りつけるような場合も非対称摩擦に該当する。この場合、摩擦面積が広い方、すなわち固定側では温度上昇の度合いが小さく、摩擦面積が狭い方、すなわち運動側では温度上昇の

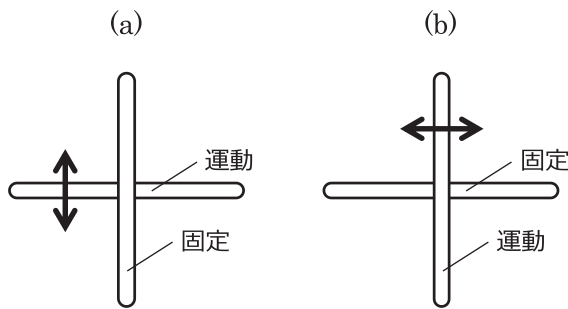


図4 同一物質同士による非対称摩擦の一例；一方を固定し，他方を(a)上下，または(b)左右に運動

度合いが大きくなり，この摩擦熱の差異が電荷担体の移動を生み，帯電に至る。この時，図4の(a)と(b)のように，固定側と運動側を入れ替えると，二物体の帯電の符号はそれぞれ逆になる⁽²¹⁾。

2.2 静電気の電気的作用

静電気の代表的な電気的作用としては静電気放電が挙げられる。これは，正負に分かれた電荷が再結合する現象（緩和現象）が極めて短時間で行われるものであり，一般に閃光と音の発生を伴う。通常の放電と異なり，静電気放電では継続的な電荷供給がない，あるいは極めて少ないため，強い放電の持続は見られない。ただし，こうした閃光や音が確認できる場合は，局部的に3000Vを越す電圧が発生している⁽²²⁾。例えば，ガソリンの主要成分であるペンタンの蒸気は，空気と1.4～7.8%の範囲で混合すると爆発性となり，エネルギー0.28mJの静電気放電で着火する可能性が生まれるとされるが，これは，人体が2000Vに帯電した場合の静電エネルギーにほぼ等しい⁽²³⁾。つまり，我々が感知できるような放電があれば，これによってガス・蒸気への着火が十分起こり得るということである。

なお，帯電した電荷が時間の経過に伴いどのように減少するかを具体的に議論する指標の一つに，緩和時間がある。当初（時刻 $t=0$ ），ある点に電荷密度 ρ_0 で電荷が存在していたとすると，電荷密度 ρ の時間的变化は，電流密度 i を用いて式(1)のように表される（ $\text{div } i = \partial i_x / \partial x + \partial i_y / \partial y + \partial i_z / \partial z$ ）。

$$\text{div } i = -\partial \rho / \partial t \quad (1)$$

ここで，電界強度を E ，抵抗率の逆数を電気伝導率 κ とすると，式(2)が成立する。

$$i = \kappa E \quad (2)$$

一方，電界強度 E と電束密度 D ，誘電率 ε の間には，式(3)で示される簡単な関係が成り立つ。また，電磁気現象の基本法則はマックスウェルの方程式と呼ばれる4種の数式で表現されるが，そのうちの 하나가式(4)で表される「電界に関するガウスの法則」である。これは，閉曲面 S 全体にわたる電束密度 $D = \varepsilon E$ の面積積分は閉曲面 S の内部にある電荷の総和に等しく，閉曲面 S の外部にある電荷は寄与しない，というものを微分形で表現したものである。

$$D = \varepsilon E \quad (3)$$

$$\rho = \text{div } D \quad (4)$$

以上の式(2)～(4)を式(1)に代入すると式(5)を得る。

$$\rho = \rho_0 \exp(-\kappa t / \varepsilon) \quad (5)$$

ここで， ε / κ が緩和時間であり，式(5)から導かれる式(6)より，電荷密度は時定数 ε / κ で指数関数的に減少することが分かる。緩和時間 ε / κ は帯電している電荷の消失時間や静電気放電の瞬間電流を評価する際の目安となる⁽²⁴⁾。

$$\partial \rho / \partial t = -\kappa \rho / \varepsilon \quad (6)$$

2.3 静電気の力学的作用

静電気の力学的作用については，「同符号の電荷間では斥力が，異符号の電荷間では引力が働き，それらの力の大きさは，双方の電荷の量に比例し，電荷間の距離の二乗に反比例する」という，いわゆるクーロンの法則が基本となる。この関係性から明らかなように，静電気による力学的作用を及ぼし合う二物体が存在する場合，それらの力学的作用は互い

に近いほど大きく、距離を隔てていくに従って急激に減衰する。

ある帯電体が存在する場合、それに対する相手物体は、大まかに分類して以下1)～4)の4パターンである。そして、帯電体の相手物体が1)～4)いずれであったとしても、結論的に、それら二物体間に力学的作用が発生することとなる。

- 1) 帯電した導体
- 2) 帯電した不導体
- 3) 帯電していない導体
- 4) 帯電していない不導体

まず、帯電体の相手物体が1)や2)の場合、二物体間で力学的作用が生じること、すなわち共に同符号の電荷を帯びている時は斥力が働き、互いに異符号の電荷を帯びている時は引力が働くということは、クーロンの法則から直接的に理解できる。

一方、帯電体の相手物体が3)の場合、導体内で起こる静電誘導 (electrostatic induction) により、二物体間に引力が生じる。帯電体はその周りに電界を形成するが、それが帯電していない導体を貫くと、導体内の自由電子は電界と逆方向に動く。その動きは導体内に電界が存在している限り継続し、最終的に、導体内には自由電子が偏在することとなる。この時、帯電体に近い導体表面に帯電体と異符号の電荷が、遠い導体表面に帯電体と同符号の電荷が等量現れる。このような現象のことを静電誘導といい、静電誘導の結果、帯電体と帯電していない導体の間には引力が働くこととなる。

そして、帯電体の相手物体が4)の場合、不導体内で起こる誘電分極 (dielectric polarization) により、二物体間に引力が生じる。誘電分極は、一見、静電誘導と似ているが、全く別の現象であるといえる。静電誘導は導体内の自由電子により引き起こされる現象であるが、誘電分極を起こす不導体には自由電子が存在しないからである。ただし、不導体内部に存在する原子核と電子は固定されているのではなく、ほんのわずかに変位できる。また、 H_2O などのように、元々分子中に電荷の分布の偏りがある極性分子もある。いずれにしても、原子核は正の電荷を持つので電界の方向に力を受け、電子は負の電荷を

持つので電界と逆方向に力を受ける。その結果、不導体の両端に異符号の電荷が等量現れる。このような現象が誘電分極であり、誘電分極の結果、帯電体と帯電していない不導体の間には引力が働くこととなる。

帯電体と帯電していない導体、そして帯電体と帯電していない不導体という組み合わせでは、以上のように、「引力が発生する」という同様の結論になるが、仮に、引力を作用し合う二物体が接触するに至った場合、その後の挙動には大きな差異が生じることも認識しておきたい。挙動の差異を示すイメージとして、図5、6を示す。図5は負に帯電した帯電体と帯電していない導体球が互いの引力により接近し、接触する前後の位置関係を模式的に示したものであり⁽²⁵⁾、図6は負に帯電した帯電体と帯電していない不導体球が互いの引力により接近し、接触する前後の位置関係を模式的に示したものである⁽²⁵⁾。帯電体の相手物体が帯電していない導体球の場合、帯電体に引きつけられた導体球は、帯電体との接触後、帯電体の負電荷の一部を受け取り、負に帯電した帯電体との間に斥力が生じる結果、互いに離れる

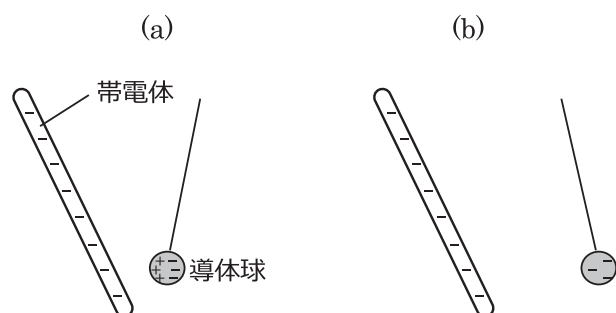


図5 負に帯電した帯電体と帯電していない導体球の位置関係イメージ；(a) 接触前、(b) 接触後

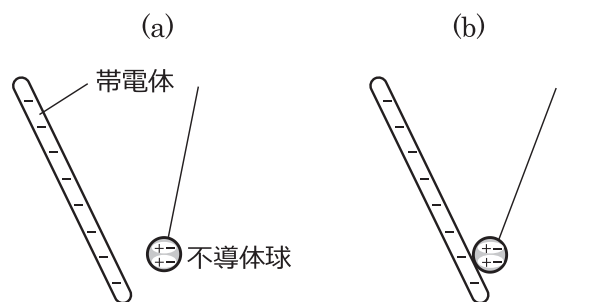


図6 負に帯電した帯電体と帯電していない不導体球の位置関係イメージ；(a) 接触前、(b) 接触後

動きを見せる（図5）。それに対し、帯電体の相手物体が帯電していない不導体球の場合、帯電体に引きつけられた不導体球は、帯電体との接触後、導体球の場合のような電荷の移動が起こらないため、不導体球は帯電体に接触したままとなる（図6）。

3. 静電気概念と理科教育

我々の多くは、義務教育段階から静電気概念に関連する学習を経験してきた。ここでは、静電気概念に関する理科教育での学びを客観的に振り返ると共に、そうした学習を通じて形成されかねない誤った認識の危険性を指摘したい。

3.1 理科教育の中で扱われる静電気概念

日本の理科教育では、比較的早い段階から静電気概念に関連した学習が始まり、系統的に学習がなされる。具体的には、小学校第3学年で電気概念について初めて触れ、中学校第2学年で静電気の概要を学んだ後、高等学校でその学びを発展的に深める。小・中・高等学校学習指導要領には、静電気に関連した単位として、小学校理科第3学年「電気の通り道」⁽²⁶⁾、中学校理科第1分野「静電気と電流」⁽²⁷⁾、高等学校物理「電荷と電界」⁽²⁸⁾が規定されている。表3は、各学校段階でどのような内容を学習するかといったことを示す。表3に示すように、静電気概念の前提知識となる電気概念は、小学校で初めて扱われ、電気を通すつなぎ方と通さないつなぎ方があるということを学ぶ。また、その延長として、電気を通すものと通さないものがあるという、導体・不導体の概念もこの段階で登場する。中学校では、一般的な電気回路における電流の実態は電子の流れであることに初めて触れ、学習範囲が静電気にも及ぶ。そ

表3 静電気概念に関連した各学校段階での学び；
○：学習する，△：一部学習する，×：学習せず

学習内容	学校段階		
	小学校	中学校	高等学校
電気	○	○	○
導体・不導体	○	○	○
電子	×	○	○
静電気の発生・帯電	×	○	○
帯電体が及ぼす力	×	△	○

して、帯電体が及ぼす力についても具体的に扱うようになる。ただし、そこで扱う力学的作用は、あくまで「帯電体同士」の力学的作用に関するもののみであり、不完全なものである。高等学校になると、静電誘導や誘電分極まで扱うようになり、帯電体が及ぼす力について、より幅広く扱うこととなる。

3.2 学習経験に伴う誤った認識の形成の危険性

中学校学習指導要領では、学習内容として「異なる物質同士を擦り合わせると静電気が起こり、帯電した物体間では空間を隔てて力が働くこと」が規定されている⁽²⁷⁾。こうした文言、すなわち「異なる物質同士を」や「帯電した物体間では」といった文言が強調された学習を経験した学習者には、「静電気は同一物質同士では発生しない」、あるいは「帯電体同士でなければ、二物体間には力は働かない」といった誤った考え方が形成されることが懸念される。このうち、後者の懸念について実態調査した事例を以下に紹介する⁽²⁹⁾。

当該調査は、小・中・高等学校を通した静電気学習の総和的位置づけともなる高等学校において、静電気学習に臨む学習者122人を対象に、帯電体が及ぼす力についての認識状態を調査したものである。調査では、図7のイラストに「中心に回転軸が設けられたストローを負に帯電させ、その一端に別の物体（帯電していない不導体、帯電していない導体、帯電体）を近づけた時、ア～ウのうちどのような動きをするか」という問いを添え、回答を選択肢から選ばせると共に、回答根拠の記述も求めた。同様の認識調査は、指導の進捗に伴い、その後追加で2回実施した（正答やその根拠の提示は最終認識調査後

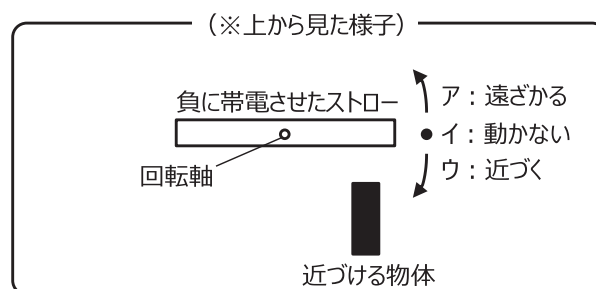


図7 帯電体が及ぼす力に関する認識状態を調査するため使用したイラスト

に行った)。

まず、帯電体と帯電していない不導体の間の関係性については、高等学校での静電気学習を開始する直前段階で、81.8%の者が引力や斥力といった力学的作用が生じないと誤って認識しており、正しい認識の下で正答を導く者は3.3%に留まった。当該関係性は、小学校では勿論のこと、中学校でも扱われないため、このような回答状況は妥当な結果であると理解できる。しかし、この調査の後、静電気に関する基本的事項について知識伝達型の一斉指導を行ったところ、正答率は18.2%に増加したものの、依然として低い水準に留まった。そして、学習前同様の回答根拠に基づいて「動かない」と回答する者が多く残り、知識伝達型の一斉指導を経た後も、帯電体と帯電していない不導体の間で力学的作用が発生しないという認識が根強く残存する状況が確認された。このように誤った認識が強固に残存することから、学習前の学習者には、単に帯電体と帯電していない不導体の関係性についての知識が欠如していたということだけではなく、これら二物体間で力学的作用が発生しないという認識が形成・保有されている可能性が推察された。つまり、中学校では、静電気の力学的作用として帯電体同士の関係性についてのみ取り上げられ、その関係性が強調されがちであることから、帯電体と帯電していない不導体の間で力学的作用が発生しないという誤った認識の形成に至る、という可能性は十分考えられる。誤った認識を強固に抱いている学習者に正しい科学的概念を獲得させるには、自分の思考や行動を客観的に把握し認識する「メタ認知的活動」に取り組ませることが有効であることは様々な研究で明らかにされている^{(30)–(32)}。本事例の場合、帯電体と各種物体間との力学的作用について、個人予想とこれに基づく討論(図8(a))を通じて自己の考え方を高次の視点から意識化させた上で、実験による検証(図8(b))を行わせることで正しい科学的概念を練り上げる、というメタ認知的活動を組み込んだ協働学習(以下、協働学習と略記)に取り組ませた。このような協働学習を経ることで状況は改善し、認識調査に対する正答率は18.2%から83.9%へと大きく増加し、その増



図8 協働学習風景；(a) 討論、(b) 検証

加度合いに統計的有意差が確認された($p < 0.001$)。

一方、帯電体と帯電していない導体の間の関係性についても、高等学校での静電気学習を開始する直前段階で、24.8%の者が引力や斥力といった力学的作用が発生しないと誤って認識しており、正答率は26.4%とやはり低い状況が確認された。これは、帯電体と帯電していない不導体の間の関係性同様、誤った認識の存在が影響している可能性が否めない。その後、知識伝達型の一斉指導を経ることで、正答率は26.4%から66.1%に増加するが、やはりその増加度合いは限定的である。そして、協働学習後、正答率は66.1%から94.1%へと大きく増加し、その増加度合いに統計的有意差が確認された($p < 0.001$)。

最後に、帯電体同士の関係性については、高等学校での静電気学習を開始する直前段階から、学習者は概ね正しい認識を持っており、正しい根拠に基づいて正答を導いた者は97.5%に上った。当該関係性は中学校学習指導要領で規定された通りの内容既習であるため、ごく当然の結果であるといえる。

以上のように、「帯電体同士でなければ、二物体間には力は働かない」といった考え方が大規模に確認され、それらは誤った認識として強固に保有されているがゆえに一方的に知識を伝達されるだけでは容易に修正されないという実態がうかがわれた。静電気概念に関する学習を経験してきた我々としても、自らの中にこうした誤った認識が無意識的に残存していないか、内省的に見つめ直したいものである。

4. ものづくり実務と静電気

ものづくり実務において、静電気に関わる諸問題を回避するには、第一に、静電気を極力発生させ

ない工夫が求められ、仮に静電気を発生させたとしても、帯電させないようにする必要がある。ここでは、静電気に適切に対処するアプローチの概略を作業側と設備・材料側の両面から確認したい。

4.1 作業側からのアプローチ

ものづくり現場において物質同士が触れ合う場面は、既述内容から明らかなように、いずれも静電気の発生源となり得る。中でも、作業者が着用する衣服は大きな発生源となる。例えば、表2の帯電列で示したように、衣類の中ではウールとアクリルは非常に悪い組み合わせといわざるを得ない。こうした衣類の摩擦による静電気の発生・帯電を防ぐには、帯電防止服を着用するのが望ましい。その際、帯電防止機能を十分発揮させるためにも、内側に着用しているシャツ等がはみ出さないようにすることや破れのあるような状態で作業をしないということが重要である。また、著しい汚れがある場合も、帯電防止機能の低下を招くため避けねばならない。作業者の帯電については、上記のように作業者自身に静電気の発生源がある場合以外に、作業者と別物体との間に発生源がある場合もある。例えば、作業時に椅子を使用するのであれば、作業者と椅子との間での静電気発生は珍しくない。

作業者の体にたまった静電気を逃すためには、静電靴の使用が簡便である。この際も、靴底の汚れは機能を低下させるために注意を要する。体にたまった静電気を速やかに消滅させるためには作業床を導電化する必要もある。このような床は一般的に帯電防止作業床などと呼ばれるが、100MW以下の漏洩抵抗を有するものでなければならない。適切な機能を発揮するよう、専門業者による設置と保守・点検がなされることが望ましい。

帯電防止作業床の機能が使えないような場合は、帯電防止用リストストラップを利用することで、帯電防止を図ることができる。これを使用する際、リストバンドの金属部分を肌に密着させるなど、基本的な機能を理解して適切に使用する必要がある。金属部分が素肌に密着していない場合や作業服の上から装着するなど、形式的に帯電防止を装っているだ

けになっていないか、今一度確認したい。

なお、安全性や品質を追求するものづくり現場ではあるが、とりわけ海外などでは、その地域特有の事情にも意識を向ける必要があろう（図9）。



図9 民族衣装が目立つものづくり現場（インド、ウッタラカンド州）

4.2 設備・材料側からのアプローチ

設備や材料に関しても、まずは、静電気発生防止を心がける必要がある。例えば、設備設計や工程設計の段階で、以下1)～4)に例示するような静電気発生を抑制する工夫も考えたいところである。しかしながら、様々な制約でそのような事前検討は十分なされないことが多く、現実的には、「発生させない」手立てよりも「帯電させない」手立てが主流になるものと推察される。

- 1) 接触面積や圧力、回数を小さくする
- 2) 接触分離速度を小さくする
- 3) 表面状態を清浄に保つ
- 4) 静電気の発生がより小さい材料を選定する

設備に「帯電させない」手立てとしては、発生した静電気を大地経由で消滅させるよう、アース（接地）をとることが基本となる。帯電防止用の接地極を設けることが難しい場合、既存の構造体や配管（地中の鉄骨や水道管など）を接地極として利用する手段も考えられるが、いずれにしても、帯電防止作業床同様、所定の帯電防止機能が発揮されるように専門業者を通じた施工が望ましい。ただし、設備によっては、大きな動きがある場合や不導体の場合など、アースをとることが適切でない場合も多い。

そのような場合でも、除電器（イオナイザー）を用いて過剰電荷を中和し、帯電体の除電を行うことは可能である。

5. おわりに

静電気は、ものづくり現場のあらゆる場面で発生し、様々な対象（材料、部品、製品、作業員、設備など）に影響を及ぼす。安全で高品質なものづくりを実践するためには、静電気に対する適切な対処を施す必要があり、そのための対処手段は世の中に多種存在する。しかし、こうした対処手段を活用しながら静電気に関わる諸問題を回避する大前提として、ものづくり実務者が静電気の基本を理解していることが求められる。

本稿では、静電気概念について、その基本事項や我々が抱きがちな誤った認識、あるいはものづくり実務との関連性について概観した。詳細には踏み込めていないため、本稿を契機に、自ら関係する産業にクローズアップして、静電気との付き合い方を改めて深く考えて頂ければ幸いである。

<参考文献>

- (1) 消防庁危険物保安室：消防の動き，572(2018)，34.
- (2) 牛尾知雄：日本物理学会誌，71(4)(2016)，235－238.
- (3) 織笠桂太郎：静電気学会誌，32(1)(2008)，37－45.
- (4) 松倉邦夫：安全工学，52(5)(2013)，318－323.
- (5) 太田潔：住友化学技術誌2018，(2018)，48－59.
- (6) 土橋律：粉碎，61(2018)，55－61.
- (7) 荒川化学工業株式会社富士工場印刷インキ用樹脂製造棟爆発火災事故調査委員会：荒川化学工業株式会社富士工場印刷インキ用樹脂製造棟爆発火災事故調査報告書，(2018)，1－96.
- (8) 遠藤雄大，山隈瑞樹：安全工学，56(5)(2017)，362－373.
- (9) 山本稔：クリーンテクノロジー，14(7)(2004)，13－19.
- (10) 成田巧，伊藤優輝，下西正太：豊田合成技報，57(2015)，20－26.
- (11) 株式会社ジャパンディスプレイ品質保証ガイドライン—車載用JDI供給者様用2017版— (https://www.j-display.com/company/procurement/data_quality/japanese/J0-Quality_Assurance_Guideline_For_Suppliers_VerFY2017_10_AUT.pdf#search=%27ISO9001+IATF16949+%E9%9D%99%E9%9B%BB%E6%B0%97%27) (accessed 2019.9.11).
- (12) 一般財団法人日本電子部品信頼性センター—ESD管理システム認証— (<http://rcj.or.jp/esd-controlsystem-2>) (accessed 2019.9.11).
- (13) 國友正和，滝川昇，井上邦雄，牧島一夫，河本敏郎，黒田栢彦，小林雅之，田原輝夫，橋本道雄，増渕哲夫：物理，数研出版，(2014)，202.
- (14) 小田哲治：真空，45(8)(2002)，626－632.
- (15) 村田雄司：表面技術，56(8)(2005)，436－441.
- (16) 葛西昭成：電気学会誌，115(1)(1995)，41－44.
- (17) 竹中治夫：高分子，1(8)(1952)，9－15.
- (18) 土田英俊，北島昌夫，岡本重晴，篠原功：工業化学雑誌，69(4)(1966)，690－694.
- (19) 産業安全研究所：静電気安全指針，産業安全技術協会，(1988)，3.
- (20) 大宮哲，佐藤篤司：雪氷研究大会講演要旨集，(2010)，108.
- (21) 竹中治夫，荻野孝也：油化学，6(6)(1957)，299－308.
- (22) 社団法人日本船舶電装協会：電装作業安全衛生ハンドブック，(1999)，44.
- (23) 独立行政法人産業安全研究所：産業安全研究所安全ガイド，(2004)，6.
- (24) 伊達広行：北海道大学医療技術短期大学部紀要，10(1997)，85－92.
- (25) 数研出版編集部：改訂版フォトサイエンス物理図録，数研出版，(2016)，94.
- (26) 文部科学省：小学校学習指導要領，(2008).
- (27) 文部科学省：中学校学習指導要領，(2008).
- (28) 文部科学省：高等学校学習指導要領，(2008).
- (29) 仲野純章：submitted to 理科教育学研究.
- (30) 小野寺淑行：千葉大学教育学部研究紀要第1部，42(1994)，299－310.
- (31) 仲島恵美，吉野巖：第48回日本教育心理学会総会発表論文集，(2006)，243.
- (32) 吉野巖，小山道人：北海道教育大学紀要教育科学編，57(2)(2007)，165－175.

「日本版デュアルシステム」の現状と課題

岡山労働局 谷中 善典

1. はじめに

1990年代半ばから2000年代前半にかけての「就職氷河期」の時代に、学校を卒業し、現在まで安定した職業についてない者を対象とした「就職氷河期世代支援プログラム」（3年間の集中支援プログラム）が、2019年6月21日に閣議決定された「経済財政運営と改革の基本方針2019」の中に記載されている¹⁾。その中で、「いわゆる就職氷河期世代は、現在、30代半ばから40代半ばに至っているが、雇用環境が厳しい時期に就職活動を行った世代であり、その中には、希望する就職ができず、新卒一括採用をはじめとした流動性に乏しい雇用慣行が続いてきたこともあり、現在も、不本意ながら不安定な仕事に就いている、無業の状態にあるなど、様々な課題に直面している者がいる。」とされ、支援対象となる者は、100万人と見込んでいる。今回のプログラムでは、これらの者に対して、ハローワークの専門窓口の設置、資格取得の支援などの対策を実施することとなっている。

この就職氷河期に当たる2003年に「若者自立・挑戦プラン」²⁾（以下「プラン」という。）が策定され、その中で、キャリア教育、職業体験等の推進、日本版デュアルシステムの導入、基礎から実践にわたる職業能力向上の機会の提供、専門人材の養成、配置等を通じた就業支援、キャリア形成支援体制の整備等が盛り込まれ、省庁横断的に若年者に対する多様な施策がとられた。それにもかかわらず、15年以上たった現在、我が国の景気は緩やかに回復しており、

雇用情勢が着実に改善しているにもかかわらず、安定した雇用につけず、苦しんでいる者が多数存在している。

進路が未定のまま高校を卒業する者、就職しても早期に離職する者、学校を中退する者は、現在も多数存在する。これらの者は、不安定な就労を繰り返し、能力開発の機会がないまま、年齢を重ねることによりますます、職業的自立が困難な状況に陥る可能性がある。

雇用情勢が悪化すれば、一気に問題は顕在化し、長期化する可能性がある。若年者がキャリアを展望できるような仕組みを作っていくため、日本の雇用システムの課題、特に新卒一括採用のシステムを含めた若年者の雇用問題について、根本的なところに立ち返って考えていく必要がある。その中でも、学校から職業への移行時期、若年者の職業についての探索期に、職業に関わる知識・技能の取得等職業能力の向上が図られることが重要である。

プランでは、「若年者向けの実践的な教育・職業能力開発の仕組みとして、新たに、企業実習と教育・職業訓練の組合せ実施により若者を一人前の職業人に育てる「実務・教育連結型人材育成システム（日本版デュアルシステム）」を導入する。」としており、日本版デュアルシステムは、プランの柱となる施策の一つとして期待されていた。しかし、その後、日本の教育システム、雇用システムの中でドイツの本格的なものとは、かけ離れたものになっていく。どのような形で変遷していったか、その結果、現状がどのようなになっているかを明らかにし、それを踏まえて日本版デュアルシステムの今後の在り方を中心

に今後の若年者の教育訓練の方向性について考えていきたい。

2. ドイツにおけるデュアルシステム

モデルとしたドイツのデュアルシステムは、「ドイツで最も人気が高い資格で、約350の公認訓練職種がある。企業における実地訓練（3分の2）と職業学校での学習（3分の1）を並行して行う二元的（デュアル）な訓練を受け、最終試験に合格すると初期職業訓練修了資格が得られる。デュアルシステムは、義務教育を修了した若者や大学入学資格を取得した若者などを主な対象としている。訓練内容は法律で規定されており、期間は職種や受講生の保有する資格によって2年から3年半となっている。最終試験は、訓練分野の理論と実習に関する筆記試験と口頭試験からなり、管轄の会議所が実施する」。修了することで取得できる「初期職業訓練資格は、労働市場に入るための重要な要件となっており、さらに上の専門学校や継続職業訓練に進むための重要な前提資格ともなっている」（図1）。「企業で職場訓練を行う若者は、職業学校の生徒でありながら、企業と職業訓練契約を締結して訓練生手当を受け取る職業人としての一面」を持ち、企業での訓練場所は、新聞広告やインターネット等を通じて若者自身で確保する必要がある³⁾。このデュアルシステムが定着していることもあり、ドイツは、2016年の15歳から24歳までの失業率が7.0%、24歳から35歳が3.9%と日本よりは高いものの他の欧米諸国より低くなっている⁴⁾。

ドイツにおいて、デュアルシステムが形成され

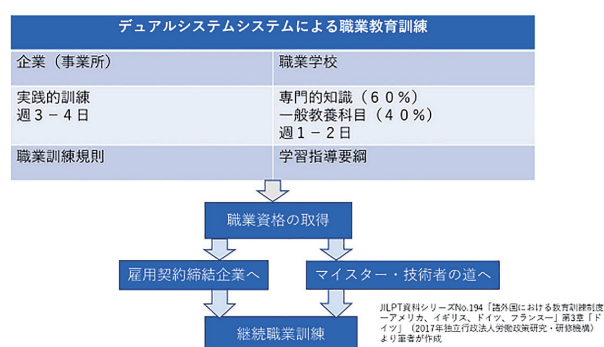


図1 ドイツのデュアルシステム

ていった経緯であるが、吉川⁵⁾によれば、19世紀末のドイツ帝国古来の中産階級であるマイスター制度等手工業を保護する政策から、「工業界が独自に形成した職業養成の形態は、手工業の見習制度のモデルに次第に統合され」、「手工業は他のすべての経済領域（工業、商業、サービス業）においても、職業訓練のモデルとなり」、ドイツの職業教育の模範となっていた。こうして産業内の資格付与は徐々に制度化され、その過程で受け継がれた「職業理念」（Berufsidee）は、ドイツ固有の労働力、すなわち、「専門労働者（Facharbeiter）を発展させる決定的な要因」となり、「労働市場では、専門労働者の有する証明書が、本人の技能並びに社会的能力を表す資格として機能している。」とされる。この「専門熟練労働（Facharbeit）」の考え方が、「ドイツの企業の採用・雇用政策を特徴づけ、社会福祉政策並びに労働市場政策の基礎となっている」とされている。

そして、デュアルシステムの特徴として次の点を挙げている。

- ・「個々の企業が採用を行うときには、当の専門労働者が訓練を受けた地域、および訓練を施した企業の多様性に拘わらず、その証明書をもって、各々の職業に関して統一的かつ一般的に知られる最低限の資格を身につけている、との前提に立つことができる。」
- ・「専門労働者の資格が全国的に機能するよう国の定めている基準が、訓練規程である。同規程は、訓練職業ごとに能力、技能、知識の範囲を明示し、当該職業において専門労働者として認められるうえで必要な内容を定めている。」
- ・「こうした法律に定められた基準が遵守されるように監督の権限を有するのは、公法上の団体である各経済領域の会議所（Kammer）である。」
- ・「技術の進歩に合わせて訓練規程を発展、削減ないし近代化するべく、連邦レベルで調整委員会が設置され、使用者団体、労働組合並びに連邦と州がその過程に参画している。」
- ・「職業学校における教育課程は州の学校法によって定められ、職業学校教員が授業を行い、当該学校官庁が監督している。」（下線は筆者による。）

訓練契約の状況についてみると、企業内での訓練は企業が負担する（但し、訓練生は職業訓練を受けた企業に必ずしも就職できるわけではない）。また、訓練生には最低賃金の適用はないが、手当が支払われており、職種によってかなり違いがある。契約締結件数は、2012年10月1日から2013年9月30日までの間に、約53万件の新規の職業訓練の契約が結ばれており、ドイツ労働総同盟（DGB）が2014年に行ったアンケート結果によれば、71.4%の職業訓練生が自分の職業訓練に「非常に満足」、または「満足」と回答しており、訓練生の満足度は高くなっている⁶⁾。

3. 「日本版デュアルシステム」の導入とその後の変化

3.1 導入後の経過

プランを受けて、厚生労働省は、「日本版デュアルシステム協議会」を開催し、デュアルシステムの導入に向けて検討を行った。2004年3月に協議会の報告書⁷⁾（以下「協議会報告書」という。）が出され、2004年度より3年間で定着を目指して、デュアルシステムを実施した。協議会報告書では、デュアルシステム導入の目的を「若年者が学校卒業後に本格的な雇用に至らない場合にも、日本版デュアルシステムを通じてこれらの者を一人前の職業人として育て、職場定着させるところ」におき、3か月から6か月程度の企業実習と6か月から1年のパート雇用を合わせた比較的長期にわたる企業内訓練を考え、2004年には、28都道府県47コース（公共職業訓練活用型（普通課程・専門課程活用型））が実施された。

その実績をもとに、2005年9月に「日本版デュアルシステムの今後の在り方についての研究会」が設けられ、それまでの事業の検証が行われ、同年11月に報告書⁸⁾（以下「研究会報告書」という。）が取りまとめられた。

研究会報告書では、「現行の「日本版デュアルシステム」は「教育訓練機関主導型」のみであるため、デュアルシステム訓練コースが教育訓練機関の様々なコースのうちの一つに過ぎないことから、就労、就学に次ぐ第三の選択肢としての意味を持つも

のとなっていない。」「若年失業者やフリーターを対象とする就労支援策としての性格が強く、将来の中核的人材を期待する企業にとっては魅力に乏しい上に、学生・生徒や学校にとっても進路の選択肢として位置づける仕組みとなっていない。」こと等から、「今後このシステムの一層の発展を図るためには、「教育訓練機関主導型」に留まらず、企業が有期雇用の下、実習を行いつつ、教育訓練機関において座学等を進め、企業現場の中核的人材を養成するデュアルシステムの実施を推進すべき段階にきているものと考えられる。」とされ、ニート・フリーター層を対象とする施策から、「企業現場の中核的人材」を養成するシステムに方針が大きく変わった。研究会報告書を踏まえ、職業能力開発促進法が改正され、「実習併用職業訓練」として盛り込まれ、2006年度より施行された。新たに設けられた「実習併用職業訓練」は、教育訓練機関によるOff-JTと企業におけるOJTを組み合わせ、企業の訓練計画について大臣認定を行うこと、訓練終了時に汎用性のある評価基準で評価を行い、ジョブ・カードを作成すること等が要件になっている。行政の関与としては、この程度にとどまり、外部の教育訓練機関を活用した企業内訓練を支援する性格が強くなったといえる。

一方で研究会報告書によれば、当時の雇用・能力開発機構から、本事業について、就職実績が堅調であるだけでなく、以下のような点で積極的に評価できるといった報告があった。

「(1) 基礎技能を習得した上で、現場での実習を通じ、商品を作る厳しさや職業人としての行動規範を身につけることができ、実践的な職業能力の習得に効果的であること。

(2) 求人企業の求める職業能力と求職者の持つ職業能力とのミスマッチを縮小しながら、一定の時間をかけて就職につなげるというマッチング機能が発揮されていること。

同時に、次のような課題も報告された。

(3) ヤングジョブスポットやジョブカフェ等を通じた訓練生の募集段階において、その意欲や適性が見極めが必ずしも十分なされていないため、訓練の継続に困難を来す例もみられること。

(4) こうした職業訓練形態が初めてのものであるため、実習先企業の開拓に困難を伴うこと。」

このように課題はあるものの、一定の評価が得られたことから、現在も独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構（雇用・能力開発機構の後身、以下「機構」という。）と都道府県の運営している公共職業訓練において、「日本版デュアルシステム」の名称を引き続き使用し、企業実習を併用した職業訓練を継続している。

一方、文部科学省における動きを見てみると、財団法人産業教育振興中央会に「専門高校等における「日本版デュアルシステム」に関する調査研究協力者会議」が設置され、2004年2月に円滑な導入のための具体的な方策が取りまとめられた⁹⁾。これに基づき、2004年度より専門高校生の実践力の向上、勤労観・職業観の育成を目的として、「日本版デュアルシステム」の効果的な導入方法を探るモデル事業を専門高校を含む地域を指定して開始した。

本事業は、20地域25校（平成16年度指定：15地域20校、平成17年度指定：5地域5校）の優れた取組を選定。平成16年度指定分については平成18年度に、平成17年度指定分については平成19年度に事業が終了した。

文部科学省は、平成20年度の政策評価¹⁰⁾で、課題はあげつつも、モデルとなった高校の卒業生について、「全国の専門高校の進路状況と比較して、就職や進学以外の「その他」が少ないことから、デュアルシステムはニートやフリーターの予防にも一定の成果があると考えられる」、「企業実習を通して生徒の実践力の向上や勤労観・職業観の醸成が図られた」と回答した学校は、平成18年度は20地域25校中18校（72パーセント）、平成19年度は5地域5校中5校（100パーセント）に上っており、本事業は相応の効果を上げていると考えられる」と評価し、「本事業の成果の全国への普及を通じて、全国レベルで本システムの導入・充実が図られ、専門高校の教育の全体の質が上がることにより、我が国の産業教育の充実が期待されることから、本事業の推進は有効であると判断し」ている。

しかし、その後は、①受入れ先の不足、②企業

側の人的・物的負担、③安全確保策の負担、④連絡窓口など学校側の負担などの課題があり、モデルとなった高等学校でも取り組みをやめるところもあり、実習期間の短縮、対象学年の縮小等を行うところが出てきた。また、長期の実習が確保できずインターンシップとの差異を明確にできないとの課題も残されている。

3.2 現状

プランでは、「政策の実施に当たっては、関係府省の緊密な連携・協力の下、政策の連携強化と総合的な推進を図る」とされ、協議会報告書に「両省が実施する支援施策を相互に活用するなど両省事業の連携を図るとともに、教育訓練機関及び企業に対しては、協力の上説明・要請を行うなど、我が国における日本版デュアルシステムの一体となった実施を期することとする。」とあるように、当初は、厚生労働省と文部科学省との連携が想定されていたが、同一の名称にもかかわらず、厚生労働省側は、高等学校を卒業した者を対象とし、文部科学省側は、専門高校生を対象とした事業と分離してしまった。ここでは、それぞれについて、現状がどうなっているかについてみていくことにする。

ア 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構（厚生労働省関係）の取り組み

現在機構では、職業能力開発大学校（ポリテクカレッジ）の専門課程を活用した2年制のコース¹¹⁾と職業能力開発促進センター（ポリテクセンター）の6か月から7か月程度の短期コース¹²⁾が設けられている。

前者は、専門課程（高卒2年課程の高度職業訓練）の訓練基準に沿った実技と学科を融合したカリキュラムにより、基礎から高度な技能・技術までを体系的に習得できる。企業では、実際の仕事に就いて学ぶ実践プログラムにより、収入を得ながら不足する能力を確認してスキルアップが図れる内容となっている。受講対象者は、概ね45歳未満で、高等学校を卒業又は、同等以上の学力を持つ必要がある。2019年度は7か所合計90名の定員で、訓練期間中は、就職活動に関する支援としてキャリアコンサルティング

グを受けることができる。修了前の就労型実習では、技術を習得しながら賃金を得ることができる。また、このコースを修了し、技能照査に合格すると技能士補の資格が取得でき、技能検定2級の学科試験が免除となる。授業料は、年間39万円となっている。2018年度の就職率は93.3%、正社員就職率は97.6%となっている（図2）。

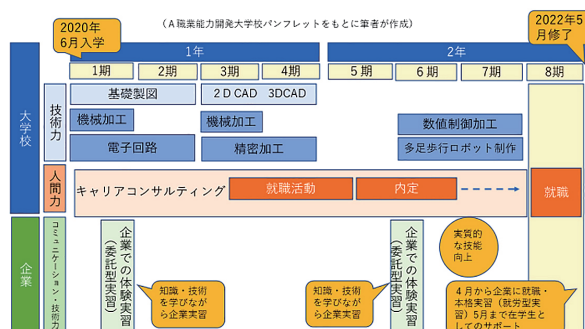


図2 職業能力開発大学校の例（メカトロニクス科）

職業能力開発促進センターの短期コースは、一部を除く全国のセンターで実施されており、定員は1コース当たり15名程度、対象者は、公共職業安定所に求職申込みをする概ね45歳未満の求職者、訓練期間は6か月から7か月で、うち1か月間の企業実習がある。受講料は無料となっている（図3）。

1ヶ月目	2か月目	3か月目	4か月目	5か月目	6か月目	7か月目
導入講習・基礎技能訓練	機械製図と2次元C A D	3次元C A D応用	旋盤およびN C旋盤作業	フライス盤およびマシニングセンタ作業	企業実習	フォローアップ
社会人としての基礎力や訓練実習に必要な基礎能力を身につける。	工作機械の操作加工実習や、3次元C A Dを使用したモデリング作業の知識や技能を習得する。			製品加工や設計の現場で必要な技術を企業での実務を通じて習得する。		課題や疑問点に対する解決の一環として、C A M実習や機械保全に関する知識を習得する。

（B 職業能力開発促進センターHPをもとに筆者が作成）

図3 職業能力開発促進センターの例（CAD機械加工技術科）

イ 都道府県（厚生労働省関係）の取り組み

都道府県の公共職業訓練施設でも、企業実習（就労）を伴う、訓練コースを設けているところがある。

神奈川県では、東部、西部の総合職業技術校で、チャレンジプロジェクトコースを設け、年2回4月、10月にそれぞれ東部は15名¹³⁾、西部は10名の定員で訓

練生を募集している¹⁴⁾。対象者は、公共職業安定所に求職申込みをする概ね45歳未満の求職者。訓練期間は1年で、3か月は、4分野すべての基礎訓練を受講し、適性を見極め1分野の専門に絞って、6か月間の専門訓練を受講する。その後の3か月はパート雇用を含む企業実習を受け、就職に結びつけるコースである。訓練費用は無料となっている（図4）。

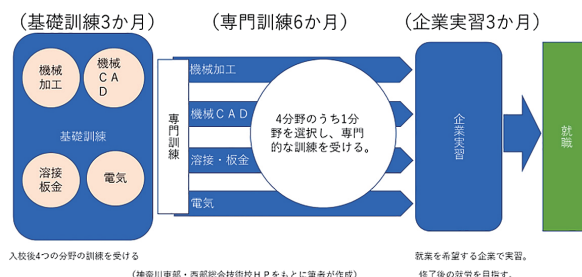


図4 神奈川県東部・西部総合職業技術校の例

ウ 高等学校（文部科学省関係）における取り組み

現在も東京都は、「産業界の求める人材を育成できる、魅力ある職業教育を目指して」、独自に「東京版デュアルシステム」を導入し、継続して実施している。このモデル事業の対象となった東京都立六郷工科高等学校¹⁵⁾を始めとして、葛西工業高等学校、多摩工業高等学校の3校にデュアルシステム科が設けられているほか、デュアルシステム科以外でも、デュアルシステム実施を希望できる工業高等学校が3校ある。

このうち、多摩工業高等学校のデュアルシステム科¹⁶⁾は、2018年に設置されているが、35名定員で、1年次では、6社ほどの企業見学を実施し、5日間のインターンシップを2社で行う。2年次には、1社を2回か、2社を1回ずつ1か月間の企業実習、3年次には、1社に絞って1か月間の企業実習を行う。インターンシップや長期就業訓練は授業の一環で行われることから報酬はなく、傷害保険と賠償責任保険に加入することとなっている。補充授業を使って授業の補てんを行い年間の授業時間を確保することとしている（図5）。

また、普通科高等学校で唯一、モデル事業の対象となった大阪府立布施北高校は、2006年度に設置したデュアル専門コースを発展させ、2013年度に定員

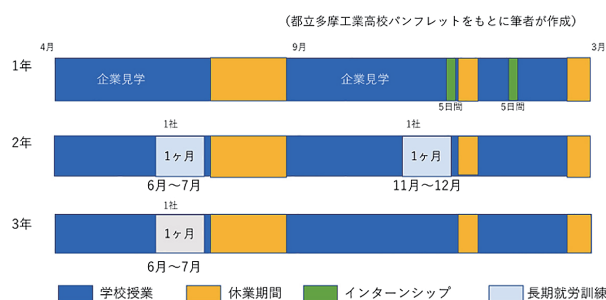


図5 都立多摩工業高等学校の例

80名のデュアル総合科¹⁷⁾をスタートさせた。その授業内容は、分野を特定せず、週1日の実習を行っている。

勤労観を養い、広く「社会人力」、「コミュニケーション能力」を身につけることを目的としており、同校では、卒業後の進路未決定者が、2003年には48.3%だったのが、デュアルコースの導入以来減少し続け、2012年には24%となり、大きな成果が表れている¹⁸⁾。その後、他の普通科の高等学校でも導入の動きがみられる（2015年度より茨城県立石下紫峰高等学校¹⁹⁾、2016年度より長野県立軽井沢高等学校²⁰⁾等）。

高等学校で導入された「日本版デュアルシステム」は、公共職業訓練施設のものとは異なり、専門高校生の実践力の向上、勤労観・職業観の育成を目的としていたため、インターンシップとの区分が問題となる。インターンシップが、期間5日以内の学校が90%以上と短期となっているのに対し、比較的長期間の企業実習となっている。目指す目標が学校によってさまざまであり、東京都のように長期の企業実習により、技能のレベルアップと就職を目指すものもあるが、企業実習の期間が短く、インターンシップとの区分が明確でないものもあり、態様は様々である。

インターンシップが、2016年度83.7%の公立高等学校に導入されているのに対して²¹⁾、デュアルシステムの普及は進んでいない。六郷工科高等学校では、協力企業が200社以上に上り、布施北高等学校も、製造業をはじめとする中小企業の集積する東大阪地区にある学校で、積極的に受け入れる地元企業の能動的な動きを背景に、学科の設立にまで至ったが、企業の集積が少ない地域、普通科高等学校等で

具体的にどのように導入していくのが課題となっている。

4. 今後の方向

4.1 デュアルシステム導入の困難さ

これまで、日本版デュアルシステムの導入の時期から、現在までの動向を見てきた。

現在の高校生の卒業後の進路の状況を2019年の学校基本調査に基づき見ていくと、進学も就職もしない「無業者」（学校基本調査の「左記以外の者」に当たる。）、これに同じく同調査の「正規の職員等でない者」、「一時的な仕事に就いた者」を加えた数は2019年3月卒で約6万1千人（そのうち約5万人が普通科の卒業生である。）、卒業者の5.8%になり、就職氷河期に比べれば、大幅に減少しているものの、割合の方は、近年横ばいからやや上昇傾向にある。また、学校卒業後すぐに就職をしても短期のうちに離職する者は以前から少なくなく、新卒就職から3年以内に離職する割合から「7・5・3問題」と称されてきた。高等学校卒業後就職した高校生が3年以内に離職した割合は、2015年3月卒についてみると、39.3%（1年目18.2%、2年目11.6%、3年目9.6%）²²⁾と依然として高い水準にある。高等学校中退者は、近年減少を見せているが、2016年度には47,249人²³⁾いる。2019年3月卒の大学卒業生についてみると卒業後の無業者等は、約6万2千人、卒業者の10.8%、3年以内の離職者についても2015年3月卒についてみると31.8%となっている²⁴⁾。

この無業者等が、正規労働者として就職できないまま、フリーター等に移行し、安定した雇用につながらない可能性があり、現在も深刻である。総務省の労働力調査によれば1990年2月の25歳から34歳までの非正規の職員・従業員の割合は、11.7%に過ぎなかったが、2019年1月から3月の平均では、25.6%と2倍以上になっている。

日本版デュアルシステムは、ニート、フリーター対策として期待されていたが、公共職業訓練の方は、修了者の就職率は高いものの、入所者は少なく、高校においても、期間の長い本格的な企業実習がいく

つかの工業校にみられるものの、期間は短いものが多く、「勤労観・職業観の醸成」ととどまるインターンシップの延長にあるものが多い。

ドイツでは、2. で述べたように、古来からの手工業の見習制度にさかのぼる専門熟練労働が雇用システムの基本にあり、国の基準による職業ごとの資格制度がはっきりしている。しかも、その資格は労働市場に入る（対象の職業に就職する）ための基本的な要件になっている。また、訓練の運営、修了後の試験については、職能団体である会議所が管理し、訓練内容の見直し、職種の変更などについては、連邦、州、地域、企業のそれぞれのレベルで労使が中心的な役割を担っている。

日本の場合、基本的に「メンバーシップ型」²⁵⁾の雇用システムであり、学校を卒業した後、間を置かずに企業に入社し、その後は、OJTを中心とした企業内教育訓練により人材育成を図り、定年まで長期間同一の企業で働くことが前提となっている。新規学卒採用の際には、一定の分野を除き、基本的には企業のメンバーとして長期に勤務できる能力があるかどうか重要となるため、「職業」に必要な能力（職業資格）を取得しているかどうかは問われない（もちろん資格が必要な職種も多数あるが。）。マッチング機能という点では評価があったものの、デュアルシステムを修了したことが、資格として社会的に通用するところまでいかず、従来の職業訓練やインターンシップ以上の広がりを見せることはなかった。

ドイツでも、高学歴志向が強まり、大学等の高等教育進学者は増加し続けており、2013年には、約51万人が進学し、20年前の約27万人（1994年）から、2倍近く増加している。デュアルシステム自体は広く支持されており、デュアルシステムに進んだ者が減少しているわけではなく、50万人を超えるところを推移しており²⁶⁾、高等教育進学者よりも多い。ただし、訓練契約締結者の内訳をみると、基幹学校（ハウプトシューレ）等の前期中等教育修了者の割合は減っており（26.5%）、中等教育機関（ギムナジウム）を卒業するなどして大学入学資格（アビトゥーア）を取得した者（27.5%）、実科学校等の中期中等教

育修了者（42.4%）が多くなっている²⁷⁾。これは、雇用情勢が悪化した場合、大学を中退した場合などに、労働市場で就職機会を得るためには、職業訓練を修了したことを証明する職業資格が必要であることからである。

日本の場合、普通科、高等教育への進学志向が強く、高等学校段階の職業教育、あるいは公共職業訓練施設における職業訓練にドイツと同様の社会的通用力のあるデュアルシステムを構築しようとするには無理があったといわざるを得ない。

ただ、若年者の雇用については、経済動向のいかんにかかわらず、日本の雇用慣行の揺らぎからくる構造的な要因があり、新卒一括採用のルートが狭まり、フリーター等の非正規労働者が増加することも予想される。雇用形態に関わらず、将来にわたってキャリアアップが展望できるようなシステムを目指して、若年者の職業能力開発の在り方、教育との連携を考えていく必要がある。

4.2 今後の方向

日本の場合、新卒一括採用が基本的なシステムになっており、プランでは、「能力を軸としたマッチングを可能とするため、企業が若年者に求める人材要件を明確にし、集約して学校や学生に提示する仕組みを関係者の協力のもとにつくりあげることにより、能力を軸とした若年労働市場の基盤を整備する。」とされ、新卒一括採用のシステムを見直していこうという機運も強まったが、この「慣行は強固に存在し」²⁸⁾、大きな変革はなく現在に至っている。ただ、視点を変えてみれば、新卒一括採用により、職業能力が十分ではない若者が、失業を経ずに円滑に職業に移行できているメリットは何よりも大きく、企業としても、定期的な採用計画が立てやすく、長期雇用を前提とした企業内教育訓練、人事配置も容易に実施できるメリットがある。

現状では、新卒一括採用のシステムを前提として考え、学校から職業へ円滑に移行できる方策を考え、できる限り多くの者をこのルートに乗せていくことが現実的であろう。一方で、プランでも示されたように、学校卒業後就職も進学もしなかった者、就職

はしたが早期に離職した者、学校の中途退学者等には、各個人の能力、適性に応じ、試行錯誤を経つつも、職業的自立を可能にし、キャリアに展望が持てるような仕組み、すなわち「若年労働市場の基盤」の構築を見据えて施策を考えていく必要がある。

その中で日本版デュアルシステムは、研究会報告書にあるように、単なる技能だけではなく実践的な実際の職場におけるコミュニケーション等の職業能力を身につけることができること、一定期間の企業実習を通じて企業と受講生が相互に理解を深めることができるマッチング機能等が企業実習と座学を併用するメリットとして期待できることから、学校から職業への円滑な移行においても、新卒一括採用の枠外となった若年者の探索期における就職においても、重要な役割を果たすことが今後も期待できる。また、ドイツのように、多数の企業が受け入れる体制をとれば、就職準備として高校生、大学生が進学・就職以外に選択できる道として構築することも可能である（研究会報告書によれば、当初、厚生労働省は、「第三の選択肢」として位置付けようとしていた。）。

次に、もう一度日本版デュアルシステムを見直し、本来であれば連携したシステムが望ましいのであろうが、前者の例である高等学校、後者の例である公共職業訓練のデュアルシステムの今後の在り方について考えていくこととしたい。

4.3 高等学校

教育の分野にまで踏み込んで申し上げることをお許しいただきたいが、高等学校におけるデュアルシステムは、専門高校生の実践力の向上、勤労観・職業観の育成を目的としたことから、東京都のように長期の企業実習を実施するところから、実習期間が短く、インターンシップとあまり変わらないもので、態様はさまざまなものとなった。いずれも資格の取得や就職に直接に結びつくものではない。しかし、「自分に自信を持てなかった生徒が、「自分にもできる」という自己肯定感を取り戻したり、学校生活や進路実現に向けた意欲が高まるなど」²⁹⁾の効果は大きかったとされている。

インターンシップは、80%以上の公立高等学校で導入されているが、「在学中に1回でも体験した生徒の割合」は、全体で34.4%、普通科においては、22.0%にとどまる。職業に関する学科においては、68.0%となっている。また、日数については、2日から3日が、50.6%と最も多い³⁰⁾。さらに、参加者・日数を拡大し、実際に職場で仕事することに近いデュアルシステムといえるようなものにしていく必要があろう。特に、全学科の就職者のうち34%を占め、無業者等の割合が高い普通科高等学校に今後拡大していくことが重要である。また、デュアルシステムを受講したことが評価されるような方策を考えていくべきであろう。

今後、高等学校間での広がり、実施形態に応じて、共通の課題である受け入れ企業の確保カリキュラムの内容の検討等では、公共職業訓練施設との連携を図ることが考えられる。製造業等ものづくり以外の分野での実習もあることから、民間教育訓練機関、さらには、コーディネーターを担う企業団体も含めて体制整備を図っていくことが考えられる（3.1の「専門高校等における「日本版デュアルシステム」に関する調査研究協力者会議」でも、コーディネーターの重要性を述べている。）。また、訓練カリキュラム作成、評価等についても、これらの機関の間でノウハウの共有を図っていくことが重要と考える。

4.4 公共職業訓練

公共職業訓練は、指導体制、訓練基準、企業との関係等で実績を積んできており、今後日本版デュアルシステムの定着を図っていく場合に先導的役割を果たすことが考えられる。

現在実施されている訓練は、既存の専門課程（2年制）に体験実習（企業への委託）と2か月（1か月の企業実習と雇用契約）、短期課程に1か月の企業実習（企業への委託）を加えたもので、ドイツのものと比べると大幅に短くなっている。

しかし、従来の職業訓練と比較して、実践的な能力を身につけるとともに、就職により近づく効果を出しており、また、企業からも一定の評価はされている。まずは、現在のコースをベースに、受け入れ

企業の開拓、受講生の募集、訓練内容のすり合わせ、マッチングの方法等今後さらにその内容を充実させていくことが現実的な途であると考えられる。企業の確保が困難なこともあり、4.3と同様に、企業団体にコーディネーターを置くことが考えられる。さらに、基盤が違うので、ドイツの会議所のように、訓練契約の監視、試験等を担当するところまではいかないが、運営に一定の方向性を持たせるために公共職業訓練施設を所管する機構、都道府県だけではなく地域の経営者団体、労働組合、学校、地方自治体、若者サポートステーションを運営しているNPO等からなるプラットフォームを構築することを提案したい（図6）。なお、プラットフォームの在り方は、全国レベルの統一された方針が必要であると考えられる。

また、公共職業訓練の場合、ものづくり産業分野が中心になってしまう。職業全般をカバーするためには、第3次産業における職業分野については、民間教育訓練機関を活用していくことを考えなければならない。就職だけでなく、修了時に身につける職業能力について一定の水準を保つためには、公共職業訓練と同じ基準のものを「デュアルシステム」として認定していくような方法を考える必要があると考えられる。その場合、業種団体、所管の府省との連携を取りながら、システムを構築していく必要がある。

また、社会的な定着のためにはデュアルシステムの実施を評価するような仕組みを考えていくことが重要である。現在、専門課程を活用したものは、技能照査を受けることにより、技能士補の取得ができ

る。短期課程を活用したものは、汎用的な評価を受けたうえで、ジョブ・カードへの記載はされることとなっているが、資格取得は任意のものに限られている。デュアルシステムを受けた訓練生が、企業実習によって実際の就職に近づくということだけではなく、訓練を受けたことでどの企業からも評価され、就職先を選択できるようになること、そして、就職先を退職したとしても、次の就職先から評価してもらえる証明となるものが必要だろう。また、それが可能な訓練のカリキュラムも考えていく必要がある。ただ、修了後の就職ということも考慮すれば、カリキュラムについて企業の実情に応じた柔軟な対応も必要になってくる。

評価・資格制度の整備は、各種資格が乱立している状況の中で容易ではないが、学校教育、民間教育訓練機関も含めた職業訓練、企業内教育訓練、そして訓練だけではなく仕事の経験等を広く対象範囲とする職業能力の評価全体を今後検討していく中で、日本版デュアルシステムを位置付けていくことも有効と考える。

例えば、2018年度より、厚生労働省は、対人サービス分野等を対象に、実践的な「業界検定」のモデル事例の創出に着手し、現在一般社団法人日本宿泊産業マネジメント技能協会が、厚生労働省の指定試験機関として、「ホテル・マネジメント技能検定」³¹⁾を実施しているほか、2018年度まで内閣府で実施していた実践的な職業能力の評価・認定制度（キャリア段位制度）をもとに、介護³²⁾、エネルギー・環境マネジャー³³⁾、食の6次産業化プロデューサー³⁴⁾の3分野について、業界団体がキャリア段位を運営している。こうした動きを今後広げていくことが重要であり、日本版デュアルシステムも、これらとどのように連携していくかを考える必要がある。

公共職業訓練は、高卒者を主な対象とした高度職業訓練を行っているが、機構、都道府県を合わせて訓練生は、2017年度約1万7千人で、専門課程を活用したデュアルシステムもこの中に含まれているが、その占める割合は小さい。2017年度の離職者訓練（施設内で行われたもの）の受講生は約3万5千人であるが、機構の短期課程を活用したデュアルシステムの

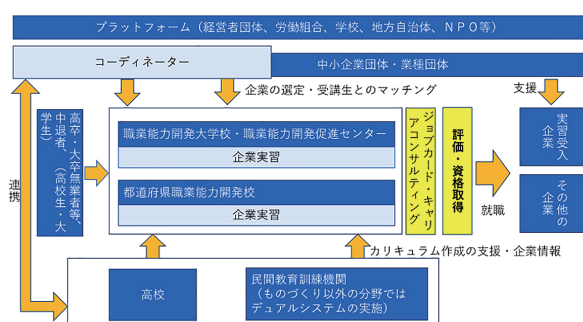


図6 職業探索期にある若年者を対象としたデュアルシステム

入所者は、1894人に過ぎない³⁵⁾。公共職業訓練の中では、実施の割合は小さい。訓練ニーズを踏まえて、必要に応じて、受講生、公共職業訓練施設への支援策（例えば、受講料の無料化）を講じていく必要がある。

2005年に実施した調査では企業のデュアルシステムへの認知度が低かった³⁶⁾。デュアルシステムを実施するためには、受け入れ企業の確保が欠かせないものであることから、企業に対するメリットを周知・広報していくことも重要である。

さらに進んで、若年者の労働市場の基盤の一つとして確立していくためには、賃金、労働時間等の労働条件についても基準作りが必要になってくる。プランの実施期間中、長期間にわたる就労型実習（雇用契約を締結したもの）が行われたケースについて、永田³⁷⁾は、「雇用を前提とした受入れであり、試用期間としての対応以外の何物でもなかった」と長時間労働等のケースについて指摘している。より定着したシステムを目指すためには、報酬、実習時間（労働時間）、顧客に対する責任などの問題が生じてくることから、授業の一環で実施するのか、有期雇用契約にするのか、性格を明確にしていかなければならない。新たな訓練契約を創設していくことも視野に入れて検討していく必要があると考えられる。

ドイツの例でみるように、社会に通用する評価・資格を創設していくためには、法令などで明確な基準を作っていく必要があり、それには労使の参画が不可欠である。訓練内容と業務との調整、企業内実習における指導員の設置、訓練手当の支給など、企業には負担となるが、単に受講生にとっての就職機会の拡大、企業から見た能力の見極めというだけではなく、若年者にキャリアの展望を与え、次世代の人材を育成していく積極的な意義を全国レベルで政労使が真剣に考えていく必要がある。また、幅広い職種をカバーするためには、民間教育訓練機関、各種の資格、講習を実施している業種団体があり、学校教育もある。デュアルシステムとどのようにして整合性を取っていくのか、厚生労働省、文部科学省だけではなく政府全体で考えていく必要があると考えられる。

5. まとめ

若者自立・挑戦プランでは、ワンストップの就業支援機関としてのジョブカフェの設置、助成金付きの雇用である若者トライアル雇用の活用など、さまざまな対策が取られてきた。プランのほかにも、離職者訓練、求職者支援訓練といった公共職業訓練、自ら民間教育訓練機関等を受講する費用を支援する教育訓練給付、非正規から正規に移行する取り組みを支援する各種助成金なども整備されている。また、「青少年雇用機会確保指針」³⁸⁾では既卒3年以内の場合は、新卒として応募できるような募集条件を設定することを企業に求めている。

これらの施策は、若年者が試行錯誤をしながらも安定した職業に就くことをゴールとしてきた。個々の若年者の職業人生を考えた場合、安定した職業（正社員）に就いて終わりということだけではなく、新卒一括採用のルートではなくても、教育訓練を受けることによって、能力が評価され、新卒一括採用と変わらないキャリアの展望をもてるようにしていく必要がある。そうなることによって、厳しい人口減少社会の中で若年労働力の水準全体を高めていくことになる。その方策の一つとして、日本版デュアルシステムが定着することになれば大きな役割を果たすことになる。

そのためには、新卒一括採用のシステムを大きく変えることにはならなくても、中途採用へ重心を少し動かしていくことが必要であろう。また、学校教育との関係、数多くある資格制度の中でどのように位置づけていくかなど課題は多い。雇用情勢が改善し、どちらかといえば人手不足の解消に関心が向けられる中であるが、雇用情勢の悪化している時期の就職支援ということにとどまらず、日本型雇用システム全体に関わってくる問題として、全国レベルで政労使の議論が広く行われることを期待したい。

なお、本稿の内容や意見は、執筆者個人の責任で発表するものであり、執筆者の所属する組織、機構としての見解を示すものではないことを申し添えておく。

＜参考文献＞

- 1) 経済財政運営と改革の基本方針 2019 ～「令和」新時代：「Society 5.0」への挑戦～（2019年6月21日閣議決定）第2章.2. (2)
https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2019/2019_basicpolicies_ja.pdf
- 2) 「若者自立・挑戦プラン」（2003年6月10日若者自立・挑戦戦略会議）
<https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/minutes/2003/0612/item3-2.pdf>
- 3) JILPT資料シリーズNo.194「諸外国における教育訓練制度－アメリカ、イギリス、ドイツ、フランス－」第3章「ドイツ」（2017年独立行政法人労働政策研究・研修機構）p59－60
https://www.jil.go.jp/institute/siryo/2017/documents/194_04.pdf
- 4) 独立行政法人 労働政策研究・研修機構：データブック国際労働比較2018 p 142
<https://www.jil.go.jp/kokunai/statistics/databook/2018/index.html>
- 5) 吉川裕美子：教育開発研究所「ドイツ資格社会における教育と職業」（1998）
- 6) JILPT資料シリーズNo.194「諸外国における教育訓練制度－アメリカ、イギリス、ドイツ、フランス－」第3章「ドイツ」（2017年独立行政法人労働政策研究・研修機構）p 70
https://www.jil.go.jp/institute/siryo/2017/documents/194_04.pdf
- 7) 厚生労働省：「日本版デュアルシステム協議会」報告書（2004）
<https://www.mhlw.go.jp/topics/2004/03/tp0326-2b.html>
- 8) 36)「日本版デュアルシステムの今後の在り方についての研究会」報告書（2005）
<https://www.mhlw.go.jp/houdou/2005/11/h1129-3.html>
- 9) 文部科学省：専門高校等における「日本版デュアルシステム」に関する調査研究協力者会議報告書「専門高校等における「日本版デュアルシステム」の推進に向けて一実務と教育が連結した新しい人材育成システム推進のための政策提言」
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/shinkou/dual/05011401.pdf
- 10) 2008年度重要対象分野に関する評価書－若年者雇用対策－「専門高校における「日本版デュアルシステム」推進事業」
http://www.mext.go.jp/a_menu/hyouka/kekka/08100103/012.htm
- 11) 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構ホームページ
http://www.jeed.or.jp/js/kousotsusya/polytech_co/senmon_ka/dual.html
- 12) 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構ホームページ
<http://www.jeed.or.jp/js/kyushoku/dual/course/6kagetsu.html>
- 13) かなテクカレッジ東部（東部総合職業技術校）ホームページ
<http://www.pref.kanagawa.jp/docs/j3c/course/challenge.html>
- 14) かなテクカレッジ西部（西部総合職業技術校）ホームページ
http://www.pref.kanagawa.jp/docs/vx6/kanatech_west/course/challe.html
- 15) 東京都立六郷工科高等学校ホームページ
http://www.rokugokoka-h.metro.tokyo.jp/zen/gakusyu_dual.html
- 16) 都立多摩工業高校デュアルシステム科（中学生向け）パンフレット
<http://www.tamakogyo-h.metro.tokyo.jp/site/zen/content/000130816.pdf>
- 17) 大阪府立布施北高校ホームページ
<https://www.osaka-c.ed.jp/fusekita/life/index.html#dual>
- 18) 木下和紗：経営研究第66巻第4号p269－292「デュアルシステムに果たす地域中小企業の役割－大阪府立布施北高等学校のデュアルシステムのケース－」
- 19) 茨城県立石下紫峰高校ホームページ
http://www.ishigeshiho-h.ibk.ed.jp/?action=common_download_main&upload_id=299
- 20) 長野県立軽井沢高校ホームページ
<http://www.nagano-c.ed.jp/karui-hs/old/201804/new180427.html>
- 21) 30) 国立教育政策研究所 生徒指導・進路指導研究センター：「平成28年度職場体験・インターンシップ実施状況等調査結果(概要)」
<http://www.nier.go.jp/shido/centerhp/i-ship/h28i-ship.pdf>
- 22) 24) 厚生労働省：新規卒者の離職状況
<https://www.mhlw.go.jp/content/11650000/000369541.pdf>
- 23) 文部科学省初等中等教育局児童生徒課：平成28年度「児童生徒の問題行動・不登校等生徒指導上の諸課題に関する調査」（確定値）について（2018）
- 25) 濱口圭一郎：中公新書ラクレ「若者と労働「入社」の仕組みから解きほぐす」（2013）
- 26) JILPT資料シリーズNo.194「諸外国における教育訓練制度－アメリカ、イギリス、ドイツ、フランス－」第3章「ドイツ」（2017年独立行政法人労働政策研究・研修機構）p 56
https://www.jil.go.jp/institute/siryo/2017/documents/194_04.pdf
- 27) 吉留久晴：鹿児島国際大学福祉社会学部論集第36巻第4号 p 52－61「ドイツ・デュアルシステムの訓練市場の変貌」（2018）
- 28) 小杉礼子：独立行政法人労働政策研究・研修機構、海外労働情報18-03第15回北東アジア労働フォーラム報告書「日本における近年の若者の就業問題：新卒就職システムの光と影」p 31（2018）
- 29) 児美川孝一郎：教育社会学研究第92集 p 47－63「「教育困難校」におけるキャリア支援の現状と課題——高校教育システムの「周縁」——」（2013）
- 31) ホテル・マネジメント技能検定
<https://www.hotel-management.or.jp/>
- 32) 介護プロフェッショナルキャリア段位
<https://www.careprofessional.org/careproweb/jsp/>
- 33) エネルギー・環境マネジャーキャリア段位
<http://www.jemai.or.jp/eemanager/>
- 34) 食の6次産業化プロデューサーキャリア段位
<https://www.6ji-biz.org/index.html>

- 35) 高齢・障害・求職者雇用支援機構業績評価説明資料(2017年度)
<https://www.mhlw.go.jp/content/12601000/000342487.pdf>
- 37) 永田萬享:福岡教育大学紀要, 第56号, 第4分冊, 165-191「日本版デュアルシステムの試行実態—公共職業訓練活用型—」(2007)
- 38) 青少年雇用対策基本方針(平成28年1月14日厚生労働省告示第4号)
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11600000-Shokugyouanteikyoku/0000190100.pdf>

＜その他参考文献＞

- 1. 寺田盛紀編:昇洋書房「キャリア形成・就職メカニズムの国際比較—日独米中の学校から職業への移行過程—」第3章(2004)
- 2. 佐々木英一:法律文化社「ドイツ・デュアルシステムの新展開—日本版デュアルシステムへの示唆—」(2005)
- 3. 矢島正見・耳塚寛明:学文社「第二版 変わる若者と職業世界—トランジションの社会学」(2005)
- 4. 熊沢誠:ミネルヴァ書房「若者が働くとき—「使い捨てられ」も「燃えつき」もせず」(2006)

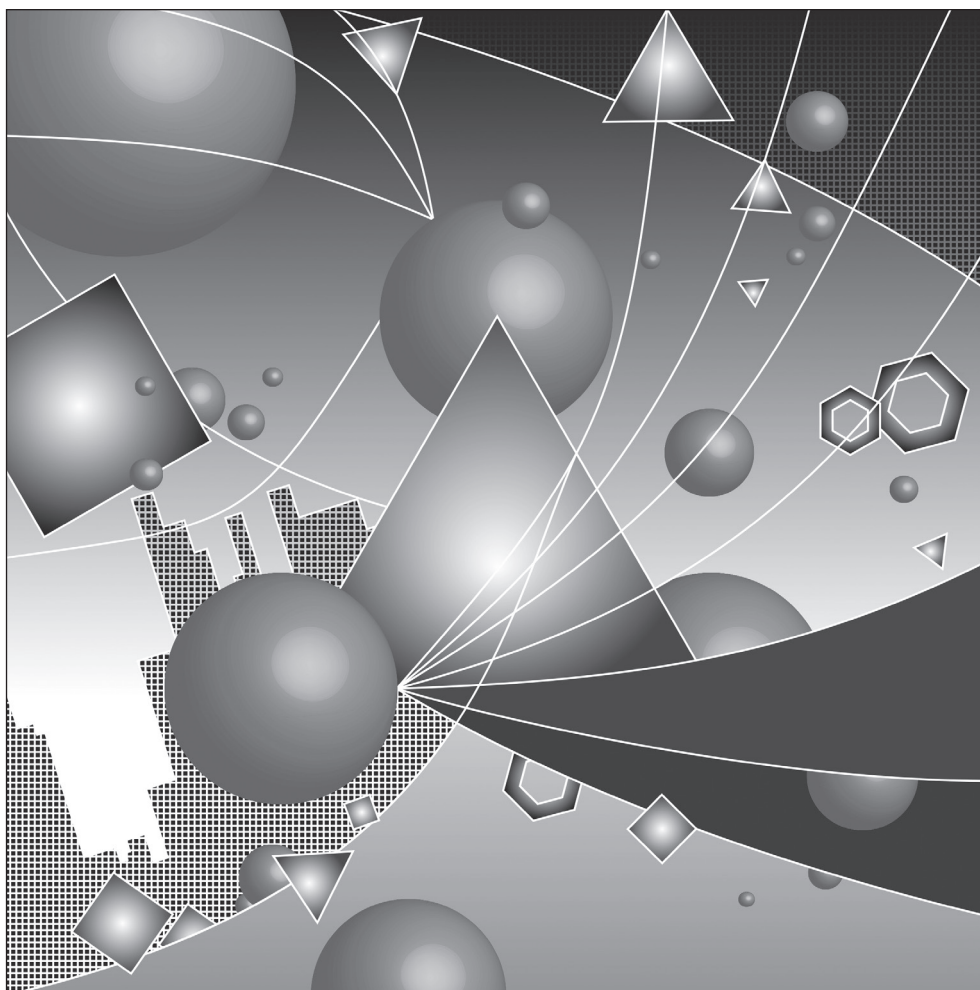
■ ■ ■ 表紙デザイン選考会 選考結果 ■ ■ ■

「技能と技術」誌表紙デザインの募集に、全国から136点の応募をいただきました。毎年多数のご応募ありがとうございます。専門識者による厳正な審査の結果、以下の14点を入選作品といたしました。

最優秀賞に選ばれた鈴木天也さんの作品は、2020年に発行されるVol.55の表紙を飾ります。また、令和2年度職業訓練教材コンクールのポスターデザインにも採用されます。

優秀賞に選ばれた大原岳さんと片野実久さんの作品は、2020年に発行されるVol.55の裏表紙を飾ります。

■ 最優秀賞 鈴木天也（神奈川県立産業技術短期大学校）



【コンセプト】

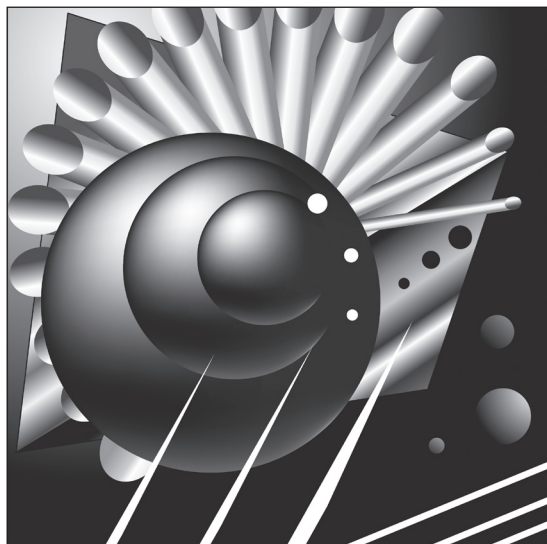
コンセプトは科学と未来の可能性です。

自分の中でのなんとなくの未来のイメージを図形で表現してみました。

左下奥に見える建物の影に見える部分は現代の街、技術などのイメージで、右側に行くほど先の未来のイメージになっています。

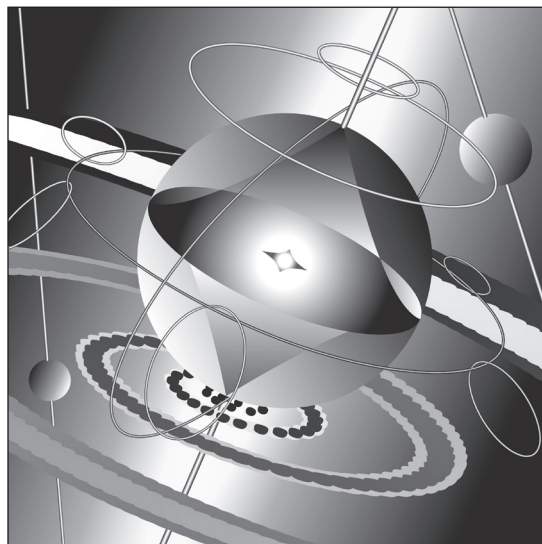
■ 優秀賞

大 原 岳（国立県営兵庫障害者職業能力開発校）



■ 優秀賞

片 野 実 久（北海道立旭川高等技術専門学院）



■ 佳作（11名）

桐 生 敬 太（北海道立札幌高等技術専門学院）

吉 田 羽 生（北海道立札幌高等技術専門学院）

高 田 奈津希（北海道立旭川高等技術専門学院）

加 藤 杏（秋田県立大曲技術専門校）

鈴 木 由 隆（神奈川県立産業技術短期大学校）

秦 健 吾（兵庫県立神戸高等技術専門学院）

岩 本 龍 樹（福岡県立福岡高等技術専門校）

熊 谷 樹（国立県営福岡障害者職業能力開発校）

長谷川 梨 華（国立県営福岡障害者職業能力開発校）

宜志富 紹 宏（沖縄県立具志川職業能力開発校）

川 崎 沙 織（沖縄県立具志川職業能力開発校）

（敬 称 略）

【最優秀賞作品に対する選考員のコメント】

- ・過去の作品と比較すると新鮮味がある。コンセプトが明快に具現化されており、経時的な変化として現在の技術・技能あるいは科学の発展が未来につながっていくというストーリーが描かれているのがよい。
- ・全体的な統一率と変化率のバランスが良く、「線」と「面」が上手く描かれている。グラデーションの表現も優れている。
- ・住環境の中で最古のものであるピラミッドを連想させる三角形を中心として、その後ろには現代建築のビル群が描かれ、それらが結ばれネットワークが構築されていることで未来を想像させる。コンセプトの立て方及び表現の仕方が上手である。

令和2年「技能と技術」誌 特集テーマについて

「技能と技術」誌編集委員会において、令和2年の特集テーマが決定しました。本誌への投稿をお待ちしております。

特集テーマ

2020年第1号（通巻第299号）

令和2年3月掲載

【技術の進展に対応した職業能力開発】

内容：第4次産業革命など技術の進展に対応した訓練、民間の訓練等、効果的な訓練教材の開発についての紹介。

設定理由：現在、国では第4次産業革命の進展に対応した職業訓練コースの開発及びその実施が喫緊の課題とされていることから、第4次産業革命に対応した効果・効率的な教材や訓練事例を紹介する。

2020年第2号（通巻第300号）

令和2年6月掲載

【技能競技に対する取り組み】

内容：技能五輪、若年者ものづくり競技大会、アビリンピック等に向けた取り組み、指導者を対象とした技能伝承の取り組みを紹介。

設定理由：各職業能力開発施設では、受講生の技能・技術向上及び技能競技参画による習得技能の確認と即戦力としての自信を付与するため技能競技に取り組んでいる。そこで受講生指導に効果的な各種取り組みや工夫、施設間での勉強会など積極的取り組み事例を紹介する。

2020年第3号（通巻第301号）

令和2年9月掲載

【就職支援の取り組み】

内容：求職者及び学生に対する就職支援、障がい者及び特別な配慮が必要な受講生に対する就職支援の取り組みを紹介。

設定理由：各職業能力開発施設では、受講生を就職へつなげるための取り組みとしてコミュニケーション力やプレゼンテーション力等のヒューマンスキル付与、面接指導等を積極的に行っている。そこで就職率UPにつながった取り組み、障がい者及び特別な配慮が必要な受講生への効果的な取り組みなど就職支援の事例を紹介する。

【職業訓練指導員の人材育成】

内容：各職業能力開発施設での若手職業訓練指導員の取り組み及び同指導員に対する人材育成事例の紹介。

設定理由：各職業能力開発施設では、若手職業訓練指導員の活躍の場が多くなっていることから、職業訓練指導員として質の高い人材の育成及び早期に訓練現場で活躍できる仕組みが必要とされている。そこで若手職業訓練指導員が中堅指導員になるための日々の取り組みや、それをサポートする中堅・熟練指導員の取り組み事例を紹介する。

問い合わせ先

「技能と技術」誌編集事務局

職業能力開発総合大学校 基盤整備センター 企画調整部企画調整課

〒187-0035 東京都小平市小川西町2-32-1

TEL：042-348-5075 FAX：042-348-5098 E-mail：fukyu@uitec.ac.jp

原稿募集のお知らせ

「技能と技術」誌では職業訓練やものづくりにかかわる以下のような幅広いテーマで原稿を募集しています。執筆に関してのご相談はfukyu@uitec.ac.jpまでお寄せください。また、記事に関するご意見やご感想もお待ちしております。

実践報告

各訓練施設における各種訓練コース開発、カリキュラム開発、訓練方法、指導法、評価法等の実践の報告

調査報告・研究報告

社会情勢や動向を調査・研究し、能力開発業務に関わる部分の考察をした報告

技術情報

技術的に新しい内容で訓練の実施に有用な情報

技術解説

各種訓練の応用に活かすための基礎的な技術を解説

教材開発・教材情報

各訓練コースで使用される教材開発の報告、教材に関する情報

企業の訓練

企業の教育訓練理念、体系、訓練内容、教材、訓練実践を紹介

実験ノート・研究ノート

各種の試験・実験・研究等で訓練に有用な報告、研究資料

海外情報・海外技術協力

諸外国の一般情報、海外訓練施設での訓練実践、教材等の情報

ずいそう・雑感・声・短信・体験記

紀行文、所感、随筆、施設状況等各種

伝統工芸

伝統工芸を伝承するための技能や人物を紹介

編 集 後 記

今号の編集は、11月29日（金）と30日（土）に開催されたPTUフォーラム2019の準備と重なり発行まで間に合うかヒヤヒヤしましたが、何とか無事に発行することができました。また、PTUフォーラム2019では、お忙しい中、多くの皆様にお越しいただき厚くお礼申し上げます。

さて、今号の特集は、「ものづくりの変化と技能・技術伝承」についてでした。日鉄総研株式会社の山藤氏には、昨年度開催されたPTUフォーラム2018で講演していただいた内容を、本誌向けにまとめていただきました。本稿では、第4次産業革命に関するデジタルトランスフォーメーション（DX）の現状と背景からヒトの働きの変化、求められる人材像とその育成の問題について投稿いただきました。今後、第4次産業革命に対応していく職業訓練指導員にとって非常に参考になる内容かと思います。また、中小企業診断士の平林氏には、先日開催されたPTUフォーラム2019で講演していただいた内容を、本誌向けにまとめていただき、ものづくり環境が変化する中での技能・技術伝承の方法について投稿いただきました。本稿の最後に書かれている「守破離」のプロセスについては、ものづくり企業だけではなく各職業能力開発施設も取り組める内容ではないかと思いました。最後に、山形大学の近藤氏には、人間の動作そのものを対象としない道具に作用した力の計測による技能継承について投稿いただきました。

特集以外では、奈良県立高等学校の仲野氏から、静電気について投稿いただきました。私も以前、電気・電子系の指導員だったため常に静電気について意識しておりましたが、本稿を読んで改めて深く納得いたしました。また、岡山労働局の谷中氏から「日本版デュアルシステム」の現状と課題について投稿いただきました。課題がたくさんあるため、国一体となって改善を進めていくことを切に願います。

令和2年の「技能と技術」誌の表紙を飾る表紙デザインが決定しました。令和2年の表紙デザインは、過去の作品と比べ新鮮味のあるデザインとなっています。次号では最優秀賞を受賞した鈴木氏と指導された先生の声を本誌でお届けする予定です。

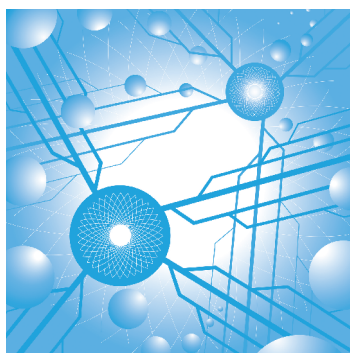
最後になりますが、令和2年の特集テーマが決定しました。本誌1号（3月発行）の特集は、「技術の進展に対応した職業能力開発」です。第4次産業革命など技術の進展に対応した取り組みを取り上げるテーマとなりますので、この機会にぜひ皆様の取り組みを、本誌を通じてご紹介ください。ご投稿をお待ちしております！

【編集 早坂】

職業能力開発技術誌 技能と技術 4/2019

掲 載 2019年12月
編 集 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構
職業能力開発総合大学校 基盤整備センター
企画調整部 企画調整課
〒187-0035 東京都小平市小川西町2-32-1
電話 042-348-5075
制 作 システム印刷株式会社
〒191-0031 東京都日野市高幡1012-13
電話 042-591-1411

本書の著作権は独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構が有しております。



技能と技術

THE INSTITUTE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT
POLYTECHNIC UNIVERSITY