

これだけは押さえない

金型の実務

第2回 — デザインインの有効性 鈴木 裕 ●九州工業大学 先端金型センター長

金型設計に量産要件を織り込む

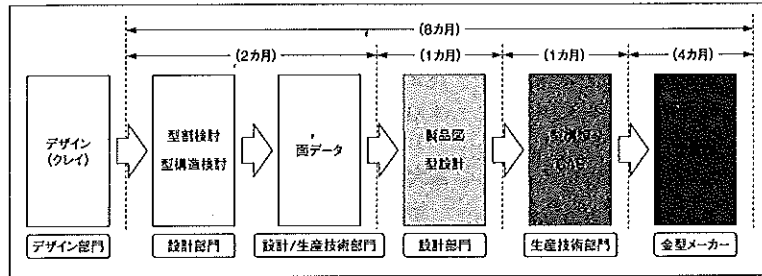
第1回(2011年10月号)では、日本の金型産業が置かれている状況と、金型の受発注の流れを紹介した。金型メーカー(金型の造り手)は正確な見積書を迅速に作成した上で金型を設計・製作する必要がある。そのためには、金型メーカーにとって顧客に

客に相当する製品設計者や量産工程を担当する生産技術者などが、正確な金型仕様書や品質の高い製品3次元データを金型メーカーに提供しなければならない。

現在、金型メーカーを取り巻く環境は、円高、企業の海外シフト、金型

価格の下落など非常に厳しい。顧客のコストダウン要求に応えるため海外の金型メーカーに金型の設計・製作を委託し、自社の技術開発や設計力強化が二の次になるという負の連鎖に入り込んだように感じる。このままでは、日本のものづくりを支え

←一般的な金型の設計・製作の流れ



←デザインインによる金型の設計・製作の流れ

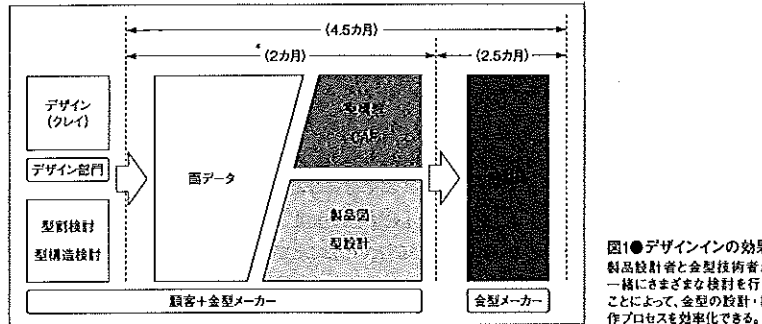


図1●デザインインの効果
製品設計者と金型技術者が一緒にさまざまな検討を行うことによって、金型の設計・製作プロセスを効率化できる。

2011年10~12月号でお届けする「これだけは押さえない 金型の実務」では、最終製品の付加価値を左右する金型について、現状の設計・製作プロセスに潜む課題を指摘しつつ、金型の使い手と造り手の双方が互いに高め合っている実務の在り方を提言します。

厚地劇場

鉄道ファン の巻 vol.18



ご要望に応じて専用機を設計・製作致します。
自在性に優れた自動機です。
適用例：飛行機・遠征化学工場・金庫組立工場

ACR 厚地鉄工株式会社
本社：工場/〒571-0015 大阪府門真市三ツ島1140-2
☎072(882)3814 FAX072(883)6814
販売所：〒104-0033 東京都中央区新堀1-5-19 茅場町ビル7階
☎03(3537)6818 FAX03(3537)6828

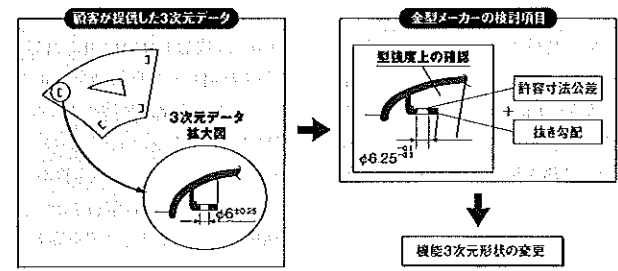


図2●3次元データの修正例
製造要件に基づいて製品の3次元データに修正を加える。右の図は、成形時に用いるスライドコアを含む。

てきた素材産業が弱体化してしまふ。

それを防ぐには、仕様の打ち合わせから始まる現状の金型設計・製作の在り方を見直し、顧客と金型メーカーが共生できる環境を構築しなければならない。その上で、金型メーカーは付加価値の高い金型造りを追求することが重要だ。設計・製作の擦り合わせを進めながら、金型メーカー間の連携なども検討すべき段階にある。

早期検討でリードタイム短縮

金型の設計・製作プロセスを効率化する手法として、デザインインが有効であることを第1回で指摘した。デザインイン(または同席設計)とは、製品のデザイン段階や設計段階から金型技術者が参画する方式を指す。以下では、樹脂射出成形金型を例にデザインインの具体的な進め方を紹介する。

デザインインを採用することで、金型技術者は金型に関するさまざまな項目を早い段階で検討・決定できるようになる。一方、製品設計側がデザインインに期待する効果として特に大きいのは、製品の製造要件をあらかじめ織り込むことによって後から発生する設計変更を最小限に抑えられることだ。

製造要件としては、①製品デザインの成立性、②型抜き方向の整合性、③製品分割の方法、④アンダーカットの処理方法、⑤部品間の合わせ精度、⑥製品公差、⑦型抜き勾配、⑧型強度、⑨ソリ/ヒケ/ウエルド、が挙げられる。金型の設計に関する項目が多い。デザインインでは、製品のデザイン段階や設計段階からこれらの項目について検討し、製品設計と金型仕様書に反映させる。そうすることで、金型構造の検討を早い段階で行えるので、設計・製作リードタイムを短縮できる(図1)。

これだけは押さえない
金型の実務

さらに、デザインインでは製品設計の段階で成形性を考慮するため、金型コストの低減にも効果がある。図2は、顧客の製品3次元データに金型メーカーの金型技術者が製造要件（許容寸法公差/抜き勾配/型強度）を付加した事例である。これ以外にも、アンダーカットが発生してしまう製品形状を修正する事例などがよく見られる。

各段階で解析を活用

デザインインによる金型設計・製作の流れは、①樹脂製品のデザイン、②樹脂製品の設計、③金型の設計、という3段階に分かれる。図3に、各段階の成果物と検討項目を示した。

樹脂製品のデザイン段階では、製品の意匠データから仮のゲート/ランナー案を作成し、成形が可能かどうかや、パーティングライン (PL) について検討する。さらに、各種解析も適用する。製品の形状に金型冷却解析を用いて熱がたまる箇所を明らかにする他、ソリ変形解析を用いて同じく形状に起因するソリ変形箇所があれば、ソリを抑えるためのリブ構造を検討する。製品にかかる内圧のスラスト方向の分力から、型ずれの少ない製品配置を考案することもある。

樹脂製品の設計段階では、意匠面データから製品面データを作成した後、ゲート/ランナー案の検討を行

う。具体的には、樹脂流動解析を用いて流動パターンや圧力分布、型締め力といったデータを得た上で、詳細なゲート位置やランナー径を決める。樹脂流動解析の結果からは樹脂の最終充填位置やエアトラップも求められるので、こうしたデータから金型内でのガス抜き位置を決める。その他、突き出しのピン位置やソリ変形の対策も検討する。以上のような検討を重ねて、金型仕様書を完成させる。

金型の設計段階における検討手順は、図4のようになる。金型メーカーが作った金型データと生産時の成形条件から樹脂流動解析を行い、ランナーバランスを確認する。シ

ソリ変形など成形不良の予測結果に応じて、成形不良の種類ごとに対応策を検討して金型構造を修正する。さらに、金型冷却解析を用いて、温度ムラがなく、かつ熱だまりの冷却が可能な冷却管の配置を検討する。その後、金型構造解析を用いて金型の変形を予測し、変形を抑えるための圧受けプレートやコックを設ける。

収縮を見越してサイズ選択

図4のような検討を実施した上で、図5に示したような手順で金型を設計する。金型の設計は、製品設計側が提出する金型仕様書と製品3次元データを基に進めていく。最初に行うのは、抜き勾配の確認、PLの作成、

段階	成果物	事前検討が可能な項目
製品デザイン	検討段階面データ	<ul style="list-style-type: none"> ■ 成形可否の予測 (PL 決定) ■ 型冷却で問題となる部分の予測 ■ 内圧によるスラストベクトルの予測 ■ ソリ変形の予測 <p>製品設計支援データの作成</p>
製品設計	面データ (意匠面、製品面)	<ul style="list-style-type: none"> ■ ゲート位置やランナー径の決定 ■ 突き出しピン位置の決定 ■ ガス抜き位置の決定 ■ ソリ変形対策の決定 <p>金型設計支援データの作成</p>
金型設計	金型構造データ	<ul style="list-style-type: none"> ■ 冷却管配置の決定 ■ 圧受けプレートやコックの決定 ■ ランナーバランスの確認 ■ 成形不良発生の予測

図3 ● 金型設計・製作の各段階における成果物と検討項目
各段階において解析を活用し、さまざまな検討を行う。

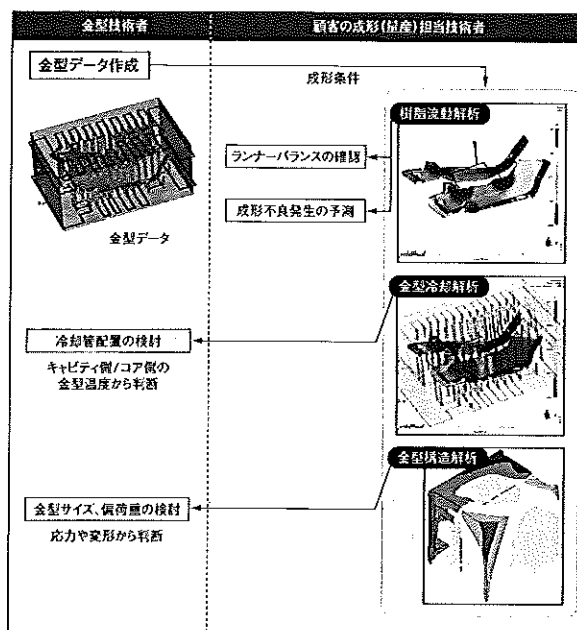


図4 ● 金型設計における検討手順
樹脂流動解析、冷却解析、構造解析の順に進める。

製品レイアウト、収縮率の付加といった作業である。樹脂によって成形時の収縮率が異なるので、収縮を見越して金型面のサイズを選択する。

次に、金型内のレイアウトを決定する。成形品の肉厚を考慮し、成形品の表面側になる金型のキャビティ面と裏側になるコア面についても同時に設計する。コア面には、取り付け用のボス形状や補強用のリブ形状を付加する場合もある。キャビティ面は金型の固定側に、コア面は可動

側に配置する。

キャビティ面やコア面の設計が終わったら、金型構造部の設計に移る。量産で使用する成形機の仕様に合わせて、突き出し部品やクランプ部品を決定する。その後、アンダーカット処理や冷却構造などを設計する。

金型内に樹脂を流し込むゲートの位置、ランナー、冷却構造を決定する際は、流動解析を用いて成形不良の発生予測と金型構造の修正を実施する。型締め力や射出圧による

金型の変形についても構造解析ソフトによって予測することで、さらに金型の設計を効率化できる。

射出成形の条件を考慮する

金型を設計する際に、考慮すべき点がある。樹脂射出成形では、溶融した樹脂を金型に流し込み、金型形状を正確に転写しなければならない。金型内では、溶融した樹脂を冷却・固化させることになる。従って、金型は熱交換器の役割も担う。成形不良のない正確な成形品を短いサイクルで量産するためのカギは、以下の6項目にまとめられる。

- ▶ 全体にはほぼ同タイミングで樹脂が充填するようにゲート/ランナーを決めること。
- ▶ 金型面に温度のムラがなく、成形品を素早く冷却できること。
- ▶ 成形品を壊すことなく突き出し・離型できること。
- ▶ 金型内部の空気がきちんと抜けること。
- ▶ 型締め力や内圧で成形品が変形したり、型そのものが変形したりしないこと。
- ▶ 離型した後で成形品が変形しないこと。

成形時の樹脂を適切に管理・制御することも重要である。一般に、溶融温度が高すぎると樹脂は熱分解し、逆に低すぎると粘度が高くて流れにくくなる。さらに、射出速度が

これだけは押さえない
金型の実務

速すぎると形状が急激に変わる箇所
所で空気の巻き込みが発生し、成
形不良の原因となる。

製品データから細部を設計

金型の製品部の設計については、
製品の3次元データを活用する。金
型設計の初期段階では、製品の3次
元データを金型メーカーが所有する
CAD/CAMシステム固有のデータ
形式へと変換しなければならない
(図6)。

その際には、データの品質を高め
る作業が不可欠だ。加えて、CAD
データで保証されている精度と
CAMが必要とする精度に差がある
場合が多く、そのままではCAMの

運用において問題が生じるため、そ
うした観点からの修正も施す。

次に、製品形状の勾配を求め、抜き
勾配を確認する(図7)。ここでアン
ダーカット形状の確認と処理方法を
検討する他、金型構造として成立す
るかどうかを検証する。

その後、キャビティ/コアの形状を
作成する(図8)。同時に、キャビティ/
コア/アンダーカット処理/ボス/リブ
といった形状を構図別に分類する。

最後に、PLを作成した上で、金型
仕様書に基づいて板厚を徐変(滑
らかに変化)させ、ボス/リブなどの
形状を作り込む(図9)。このうちボ
ス/リブ形状はコア側に設計するこ
とになる。PLには曲面を用いること

が多いため、加工や合わせが困難
となる微小な段差が存在しないか、
または金型強度の低下につながる
シャープエッジが存在しないか、と
いったことを検討する。

ここまで紹介してきた工程の流れ
は、どの金型メーカーでも大差はな
いだらう。それをどのように実現す
るかが、金型メーカーにとっての固有
技術となる。金型メーカーは、顧客と
連携してデザインインによる金型設
計・製作を行うことが競争力強化に
つながる。顧客側にとっても、金型
メーカーの効率化が進めば、QCD(品
質/コスト/納期)をはじめとするさま
ざまな面で恩恵を受けられるように
なる。

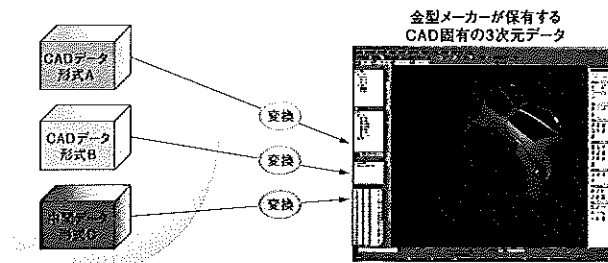
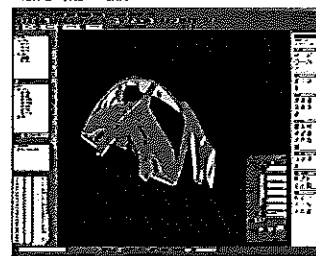


図6 ●データ変換
顧客の3次元データを、金型メーカーが保有するCAD固有のデータに変換する。

<抜き勾配の確認>



<アンダーカット形状の確認>

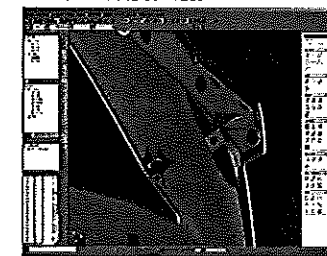


図7 ●抜き勾配とアンダーカット形状の確認
この段階で、金型の構造として成立するかどうかを検証する。

<キャビティ/コア分割>



<クラス分け>

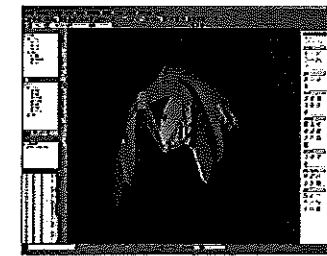
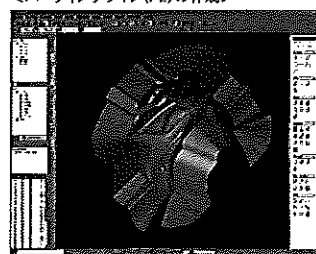


図8 ●キャビティ/コア分割
キャビティ/コアの形状を決めた上で、キャビティ/コア/アンダーカット処理/ボス/リブなど各形状の分類を行う。

<パーティングライン(PL)の作成>



<作り込み形状の作成>

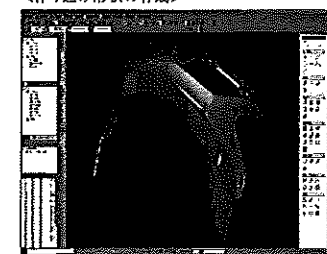


図9 ●PLの作成
PLを作成したら、ボス/リブなどの形状を作り込んでいく。

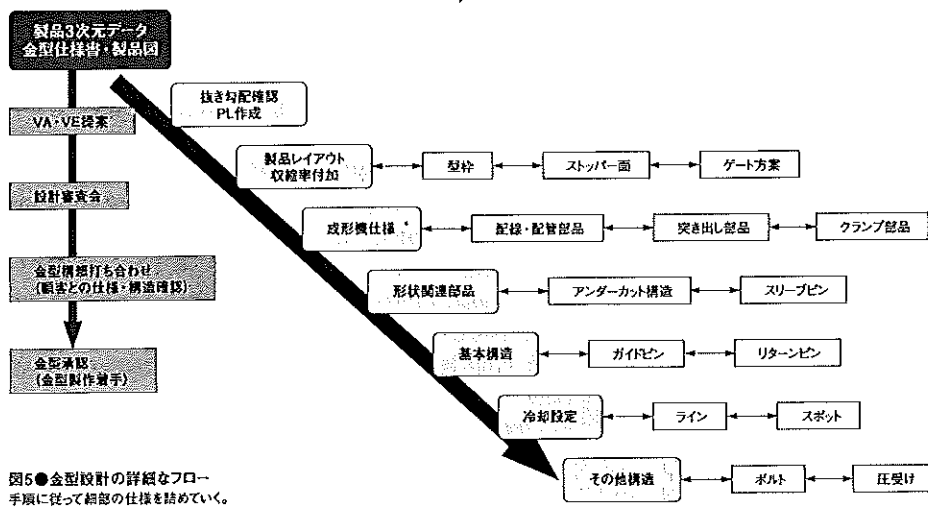


図5 ●金型設計の詳細なフロー
手順に従って細部の仕様を詰めていく。

鈴木 裕 (すずき ひろし): 1977年北海道大学大学院博士前期課程修了、
1981年同大学から工学博士号取得。1987年九州工業大学工学部機械工学
科助教授、1996年10月同大学教授に昇格。現在は同大学情報工学部機械構

造工学科教授。2005年3月から同大学先端金型センター長を兼任している。
この間、金型用3次元CAMシステムの開発、CAM内蔵型CNCの開発、ヘール
加工システムの開発、金型設計支援システムの開発などに取り組む。

早期に生産性を上げる

注目のダイセル式を知ろう

はじめに——ダイセル式とは 日経ものづくり編集部

早期に大きな成果を得られるとして多くのメーカーから注目を集めている革新手法に「ダイセル生産方式」(以下、ダイセル式)がある。その名の通り、ダイセルが生み出したもので、主にプロセス産業を対象に発展してきた。同社の網干工場(兵庫県)では、ダイセル式による革新活動を始めてから4年で作業者を半分に減らしつつ、生産性(1人当たりの付加価値額)を約2.5倍に上げた¹⁾。

ダイセル式が早期に大きな成果を生むのは、革新すべき業務領域を工場だけにとどめず間接部門や本社部門にまで広げて、最初から真の全体最適の視点で活動を展開することによる。これに対し、特定の部門を対象とする従来の改善活動は個別最適に陥りがちで、部門間に多くのムダやロスを生みだす。だが、常に全社にわたる全体最適の視点に立つダイセル式では、たとえ最初のターゲットを工場に限定していても決して個別最適になることはなく、ムダやロスを最低限に抑えられる(図)。

こうした、難易度が高い全体最適に早期から取り組めるのは、ダイセル式に幾つかの仕掛けが用意されているからだ。その1つが、現場に潜むムダを、活動の早い段階で排除していくこと。これにより現場にかかる

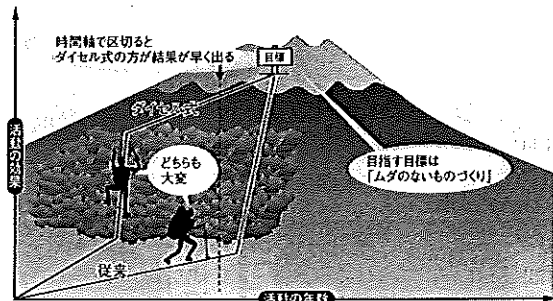
負荷を下げ、無理なく革新活動に取り組めるようにしている。そうしたムダは、人による意思決定プロセスを「ミエル化」することで見つけていく。もう1つは、生産量、品質、コストなどの「結果系」から意思決定プロセスを整理するというアプローチを採ることだ。これにより、自らの業務が会社にどの程度貢献しているかをミエル化し、個々の従業員の革新活動へのモチベーションを高める。

製造課長やラインマネージャーといったミドル層の「会社を良くしたい」という思いを革新活動の原動力にしている点も、ダイセル式の大きな特徴である。ミドル層は現場のことも経営のことも理解できる立場に

あり、現場を巻き込みつつ、経営陣のバックアップを得ながら活動を推進できる。ダイセル式では、そうしたミドル層をけん引役として知恵を出し合う風土/仕組み/人をつくり出し、絶えず革新活動を続ける。それにより、仕事の仕組みや人の行動を変えようとするのである。

今月号から3回にわたり、ダイセル生産技術室生産革新センター所長の小園英俊氏に、実践者の立場から、ダイセル式の基本思想や適用ステップなどについて解説してもらう。

参考文献
1) 池松、「究極の「見える化」に挑む、ダイセル式」『日経ものづくり』2009年11月号、pp.40-61。



図●ダイセル式では、難易度の高い全体最適に早い段階から取り組む個々の改善活動を優先させて全体最適を後回しにすることが多い従来の革新手法と比べて、ダイセル式は短期間に成果を手に入れる。図では、革新活動を山登りに例えている。難易度の高い全体最適への取り組みは険しい山登り、改善活動は緩やかな登りに相当する。

2011年11月～2012年1月号では、ダイセルが生み出した、早期に生産性向上などの成果を上げられる革新手法「ダイセル生産方式」(ダイセル式)の基
本思想や適用ステップなどを解説する「注目のダイセル式を知ろう」をお届けします。

第1回——人の行動がカワル方法論 小園英俊●ダイセル 生産技術室 生産革新センター 所長

「人」「全体最適」「結果系」に着目

ダイセル式は、以下の観点から業務を見直し、仕事の仕組みを「カエル」ことを目的としている。

- ①人に着目する
- ②全体最適を重視する
- ③結果系からアプローチする

①～③の取り組みを個別に実行するのではなく、縦串と横串を通して実践する過程で人の行動が「カワル」ことを目指している¹⁾。

人が介在するプロセスに焦点

まず、人に着目するのは、次のような意図がある。

プロセス産業における生産現場の改善は、原料や触媒、中間物質などのマテリアルや、固有技術、単位操作²⁾といったプロセス・工程に着目した「プロセス革新」が主流である。ここでは、それらを正常に運転して維持するために、「人」が常にプラントを監視し、判断し、操作しているという特徴がある。

そこで、ダイセル式では課題発掘の切り口として、まず既存のプロセスを肯定した上で、「人」が介在し実行している意思決定プロセスに着目して、次の3つのアプローチで取り組んでいる。

(a) 生産の仕組みや運転方法を終点検する

(b) 熟練技能者のノウハウをミエル化する

(c) 「人」の行動解析から現状の設備/プロセスの不具合を顕在化する
こうしたアプローチにより、従来であればノウハウや技能など個人的なものとして片付けられていたオペレーションを、真に技術として昇華させるために、「総合オペラビリティスタディ手法」³⁾を活用し、作業者が運転操作の中で安全、生産量、品質、コストを維持するための意思決定方法を体系的・網羅的に整理する(図1)。さらに、その解析からプロセス、

設備、原材料の不具合を顕在化することも狙っている。

このように、ダイセル式は、まずは人に着目し、その仕事の仕方や仕組みにスポットを当てている。従来、この領域は体系的に取り組んできたとは言えず、改善テーマ(安全性強化、品質向上など)を多く見いだすことができる。さらに、徹底したミエル化で顕在化した人の意思決定フローによって、改善テーマの解決の糸口まで見いだすことができる。これにより、従来も実施してきた製品の革新やプロセス革新に加えて、切り口

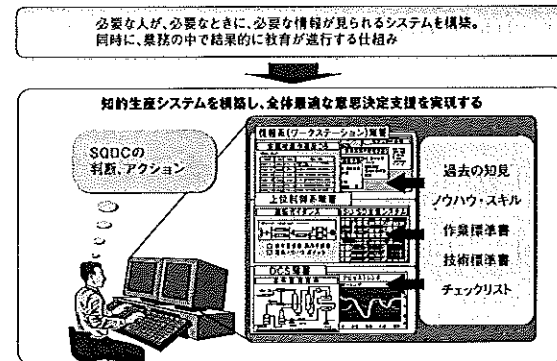


図1●頭の中のミエル化・標準化
「人」の頭の中の意思決定方法をミエル化する。これにより、多くの潜在的な改善点を顕在化させるとともに、個人的なものとして片付けられていた意思決定方法を誰もが使える技術として標準化する。それをベースに、後戻りしない仕組みとして構築したものが知的生産システムである。さらに、業務を運行する中で必要なオン・ジョブ・トレーニング(OJT)を可能とする。

*1 従注してから出荷するまでの「業務工程」、営業や設計、製造などの「業務機能」という2つの軸で取り組みを展開していく。ここでいう縦串と横串とは、業務工程と業務機能を通じてという意味。
*2 単位操作 混合、蒸留、反応といった化学プロセスを構成する個別の処理・操作のこと。