

1. 第3章 改善の基本事項「事実をつかむ」

この章では、かつて、「製造現場では実施不可能！」とされてきた製造技術を、物理現象の解析により可能にした、驚異的ともいう改善例を紹介することにします。

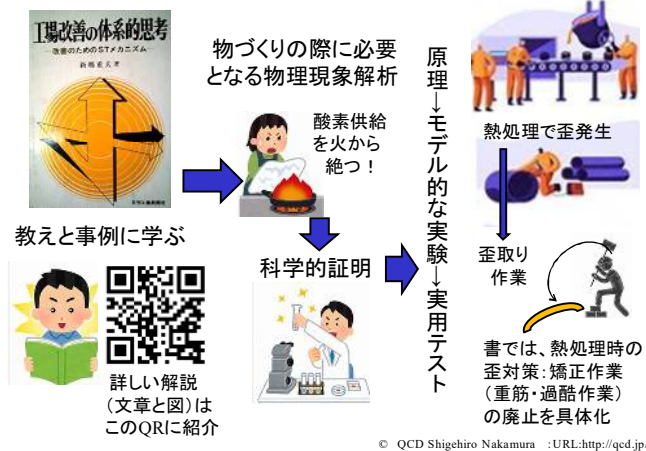
(1) 焼き入れや溶接で歪を無くす処理法の実現

製造技術の対策は革新的な技術が具体化すると、工程省略と共に過酷な作業などを消す例があります。その場合、製造現場で苦勞してその仕事を進めて来た方々にとっては、目前に革命が起きた感です。では、新郷先生による実施例を紹介して行くことにします。

「私が C 発条に訪問した時、板バネを焼き入れするが、焼き入れ後、ハンマーを用いて作業者の皆様が歪とりを行っていました。その状況は図の右側に示したイメージだった。この対策は、自動車に取り付けた時、性能面で問題が出るためでした。そこで、私は「歪が出

ない焼き入れ方法の対策は？」と聞くと、「無理！」と言われてしまいました。ここで検討すべきは、鋼材の焼き入れ時に2つに分けた特性の評価です。まず内部歪です。これは、金属の内部組織が変化するという物理現象です。もう一つは、今回のように曲がる外部歪です。これは、焼き入れ時に、変形を抑えれば無くなり、今回、この外部歪がこの作業を強いる結果になって

科学的解析を基にした製造技術の革新対策



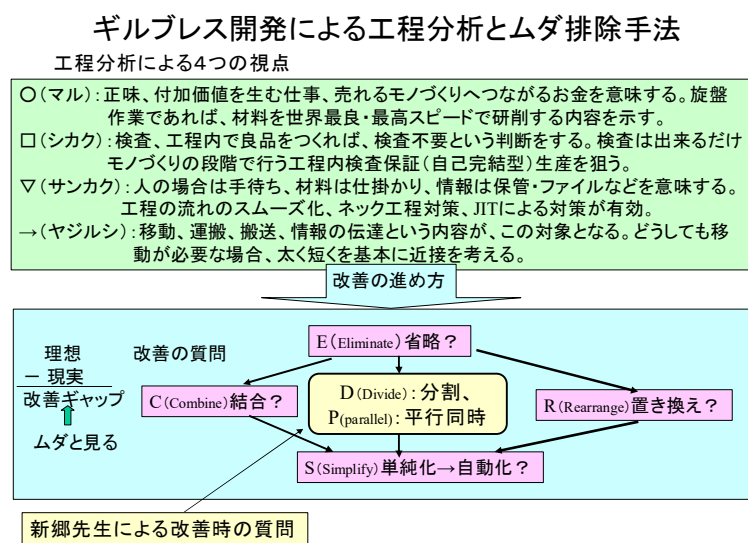
います。これは、「うまい方法を使えば出来る！」という対象です。そこで、私は「型にバネ材を入れた方式」を提案しました。しかし、この案に対し、現場のベテラン達は「火に油を注ぐの言にあるように、よほどうまい焼き入れをしない限り、火柱が立つ、・・・」と言って反対しました。しかし、C 発条としては、何としても無くしたい重筋過酷作業でした。このため、次のようなテストの実施となりました。

私が示した方式は、①板バネを固定治具にセットし、外部歪を出さない構成にする。②大量の高圧油を高圧で板バネと治具に噴射することで、焼き入れと油の温度上昇～燃焼を防ぐ。さらに、③セット治具の底面には、板バネに十分に油焼き入れ効果を出すため、多くの孔が開いた構成にする、という方式でした。この方式で実際に焼き入れを進めてもらった結

果、見事に、歪ゼロ。また焼き入れ性（効果）も 10%増しました。この方式は後に『フロー焼き入れ』という名になりました。これに対し、西独のゴーガン社が行っていた方式がありました。だが、この方式が優れていました。また、処理コストが 1/3 にもなったため、特許取得もしました。書には、「この方式を溶接品に適用した場合、焼き戻しという熱処理が必要だった」と記載されていましたが、この対策は、内部歪対策です。

## (2) 砥石の成形

図に示したように、当時、製造現場の改善に対し、多くの I E r 達はグルブレス氏が開発



© QCD Shigehiro Nakamura :URL:http://qcd.jp/

した工程分析を基とした ECRS という質問を使い、アイデア発掘法を進めてきました。当然、新郷先生も、ECRS を活用されてきたわけでしたが、ここに、図の下枠に記載した D (: 分割) と P (: 平行同時に行う) 改善法を追加し、多くの成果を挙げてこられました。そこで、以下、その種の対策をした先生の実践事例

を紹介して行くことにします。

「砥石の成形を自動で行う企業へ訪問した時、「前後のラインでは 30 秒/個の生産が出来るのだが、砥石の材料を計量する準備にどうしても 40 秒/個かかるため困っていた。ここでは、過去、いろいろな対策を進めてきたが、材料の準備は、決めた重量でないと不良になることがある!」という事でした。そこで、私は次のようにお話し、テストを開始しました。

①まず、必要な容器で、また、自動で既定の容量し、②重量を計る。すると、5%ほどが多かったり、少なかったりという状況になるので、③次の工程で重量調整を追加(過不足の調整後、標準量に)する。これで、20 秒×2 工程/個になったが、人的な工数の増加なく、ネック工程は解消しました。・・・」という、新郷先生の D (: 分割) の法則の適用例が記載されていました。

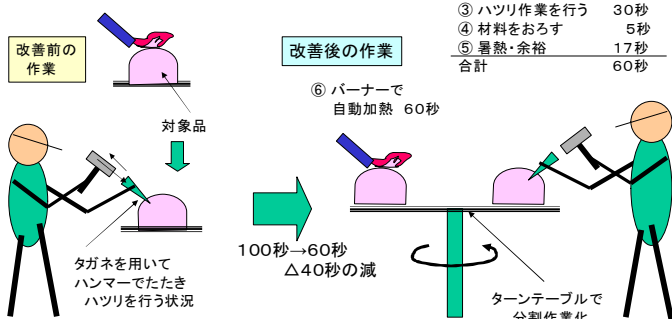
当時、たまたまでしたが、筆者は、その後、この砥石工場を見学したことがありました。当時、砥石製造は焼き物という方式でした。だが、ここでは、その後、「さらに製造技術の徹底見直しを進めた!」というお話しであり、当時、一般家庭でも普及が始まった電子レンジの利用でした。驚異的だった点は、それまで、砥石製造は、巨大なバッチ式炉で焼成する方式だった時代に、この企業では、砥石の材料とプラスチック材を円盤状の容器に遠心分離

機のような形態で入れた後にプレスします。その後、ライン中に設けた電子レンジで製品化する方式でした。このようにしてつくられた砥石は、その後、超回転試験機にそのままコンベアで移動して破壊テストした後、箱入れ～出荷積みとなっていました。当然、破壊テストで割れる砥石は皆無でした。しかも、このラインでは、多種少量切り替え生産でした。この見学は 1980 年代の初期の頃でしたが、筆者にとっては、極めて驚嘆した事例の一例です。

では、筆者が学び、仲間と共に実践した、D と P の法則の利用例を紹介することにします。対象は、図の左側、鋳物の内部に残ったバリをハンマーで除去するハツリという作業で

### D: 分割とP: 平行の原則を利用した鋳物の処理(はつり)作業改善

この仕事の分析方法は、バーナーで対象品である鋳物を暖める作業を正味作業ではなく、手待ちと見ることが重要である。そうすると、手待ちの自動加熱に作業を分割(分担)させるというアイデアが生まれる。改善後はターンテーブルを設けて、作業を分割したことにより、効率向上を図った。



す。改善前の作業手順は、①バーナーで加熱する。その後、②バーナーを止める。③ハツリの機材を取り上げる。④ハツリを行うという作業手順でした。この作業で「バーナーで鋳物材を規定の温度まで温めて行く」という仕事は、一見、「正味である！」という見方があります。しかし、これは、工程分析的に評価すると、準備作業であり、単に人がバーナー

を持ち材料が昇温するまで「待つ」だけムダ作業です。そこで、図の右側に示したように、①ターンテーブルから卸し、次に処理する材料を乗せる。②ターンテーブルで、反対側で昇温済みの材料を手元に寄せる。③ハツリを行うという改善を進めました。その結果、作業者はバーナーを保持した高熱にさらされる作業から解放され、生産量も 2 倍化しました。その後、この仕事は、「ハツリ作業は定位置化できる」ということから、ロボットによるハツリに進みました。この仕事を見て、「最初からロボット化すべきである」と考える方がおられるかもしれません。事実、ここでは、過去、数回ロボット化を考えて試作してきました。だが、それらは高価で複雑、テストすると故障が多いという状況でした。しかし、図のように、人的に簡単かつ、楽に仕事を改善すると安価で確実に成功するロボット化が実現します。

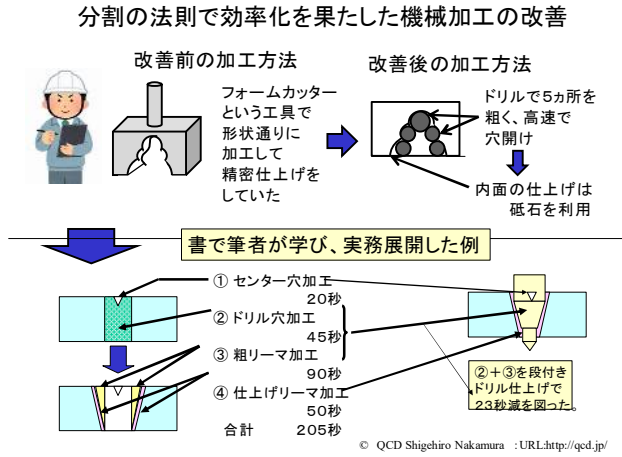
もうひとつ分割の法則を使った例を紹介することにします。ある企業で UV 接着の改善が必要だったことがありました。ここでは、治具に部品をセットして UV 用の接着剤をつけ、治具がコンベアを移動する途中で UV 接着する方式でした。しかし、移動中、振動で不良が出る。治具不足で作業者が手待ちになる・・・と多くの問題がありました。そこで、固定治具に部品をセットし、ケース付き UV 端子がその位置に来て規定時間 UV 照射する。この間、隣に設けた治具に部品をセットするという方式で、1つの机に設けた固定治具にセットする方式に皆で改善しました。その結果、治具と部品がコンベア上を移動することによる不良や、セット治具の過不足に伴う問題などが解消し、コンベア方式の 1.3 倍の生産性にな

りました。改善後、工場の中央にあった巨大なコンベアは無くなりました。

### (3) 切削加工の改善

もうひとつ、新郷先生の書に、機械加工に対する分割の法則を活用した例が紹介されてい

たので紹介し、筆者の利用例を記載して行くことにします。先生がご指導なされた対策は、図の上図です。先生によると「この加工品は、形状に沿って仕上げ用のフォームカッターを用いた加工だった。仕上げ面は良好だが、仕上げと、内部の材料を同時加工してゆくために大変に多くの時間を費やしていた。そこで、削り取って捨てる部分は粗い高速ドリルであける。



その後、内面は砥石で精密仕上げを行うというように、加工目的に分けた加工方式に変更願った。その結果、加工所要時間は1/3となった。・・・」という内容でした。

では、上図の下に示した筆者が仲間と進めた改善事例を紹介することにします。筆者は企業に在勤の間、この種の改善に当たり、書で学んだり、工場見学等で得た改善技術を下図に示したようにまとめてきました

(このまとめは、ポカヨケ対策なので、これから紹介する対策のためのものではありませんが、カードには、直接的に技術波及すべき対象から、将来、適用可能が期待される内容までを記載しておく方式です。特に有効な内容は、工場内、あるいは、近辺に適用例を記載します。このような記載は、実施に当たり、先行してこの技術を適用した方から

多くのノウハウなどが、入手できます)。カードには、対策の目的(機能)を書き、その内容と応用範囲などを記載する方式(これは、特許情報の解析時に使用してきた方式)です。

先の、上側の下側に記載した筆者体験例は、このような準備が役立つ事例です。これは、ある工場の機械加工々程でテーパー加工が前後の工程との関係でネックになっていた時の対策です。目的は「加工方法の改善(時間短縮)」だったわけでしたが、右図のように分類

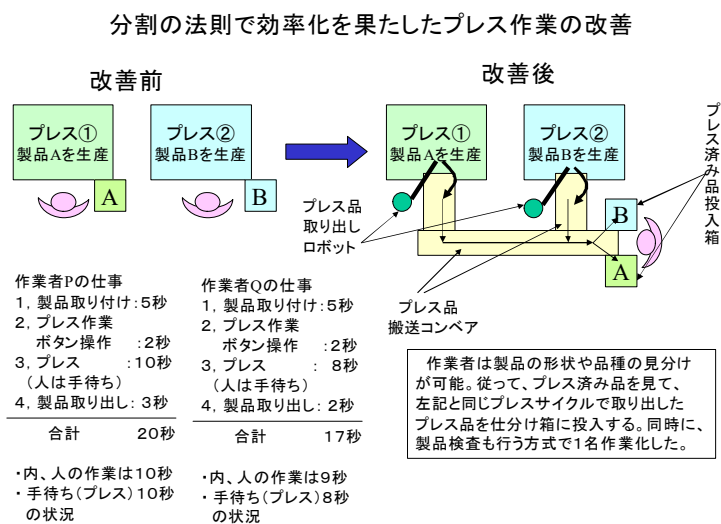
#### ポカヨケ対策の改善技術抄録化の(例)

<p>① 名詞+動詞で目的を書く 例: 接触機能を用いて物質の有無をつかむ</p>	<p>② 技術分類、キーワード 例: 接点リレー、タッチセンサー、リミットスイッチ</p>		
<p>③ 技術内容(構成・作用)</p> <p>① 対象物が進行 ② ヘッドが下がる(ハネ式) ③ 接触端子に板ハネが当たり、通電状態となる ④ 情報処理機器にものが来た情報を知らせる~活用</p>	<p>④ 効果/欠点</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>利点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安価である</li> <li>・入手が容易</li> <li>・取り付けが容易</li> </ul> </td> <td style="width: 50%;"> <p>欠点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・接点寿命がある寿命を過ぎると誤動作となる</li> </ul> </td> </tr> </table> <p>⑤ 評価 項目と基準: コメント ・簡単なものには適用できるが、頻度高く利用する対象や長寿命の要求には同じ機能を持つ無接点リレーの利用が優れる。</p>	<p>利点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安価である</li> <li>・入手が容易</li> <li>・取り付けが容易</li> </ul>	<p>欠点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・接点寿命がある寿命を過ぎると誤動作となる</li> </ul>
<p>利点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・安価である</li> <li>・入手が容易</li> <li>・取り付けが容易</li> </ul>	<p>欠点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・接点寿命がある寿命を過ぎると誤動作となる</li> </ul>		
<p>⑦ これから得られるアイデアやヒント ・コンベアの搬送部品の搭載漏れのポカヨケに有効 ・安全策に光り遮断式センサーとともに活用するとよい</p>	<p>⑥ 適用事例(範囲) 適用場所、設計・製作者や利用者</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・A工程B設備の作動システムの一部に利用</li> <li>・M氏担当職場、内線5643</li> <li>・クレーンの作動域制限に安全装置として利用</li> <li>・S職場F棟1-3地点(天井部分)</li> </ul>		

© QCD Shigehiro Nakamura :URL:http://qcd.jp/

～整理したカードの中から、上図の上部に記載した新郷先生の改善事例を検索しました。その目的は、「分割の法則が使えないか？」ということを考え、「段突きドリルで洗加工した後、仕上げのリーマーを使って仕上げる」という方式を実験しました。その結果、ドリルで穴をあけてテーパ部分を作るという加工は1回で済みました。なお、かつて行ってきたドリル加工の後、リーマー加工をする加工方法の場合、ドリルで開けた穴に対し、リーマーの刃は常に、一部だけが直角に当たります。このため、リーマー（刃工具）の寿命が短くなります。さらに、切削部位が当たるまでリーマーの加工スピードはゆっくりと行い、ある程度、穴部が加工された時、速度をあげるといった工夫などが必要でした。だが、段突きドリルの場合、この種の問題は無く、スピード仕上げ出来、生産性向上と共に、刃物寿命の延長、さらには、仕上げ面の十分な確保となりました。

分割の法則には多くの利用法があります。次の図は、プレス作業の効率化の事例です。改善前、この作業は、プレス1台に1名という構成でした。この作業の時間分析をすると、それ



それぞれ待ち時間が多い状態でした。そこで、「この手待ち時間を無くし、1名2台持ちができないか？」という対策を関係者と考え、ここで、先の「分割の法則の応用」を適用しました。その結果は、「人が行う仕事には、①プレス材をプレスに入れる。②プレス後の製品を取り出す。③製品を検査するという内容が改善前ですが、

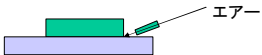
④人は製品検査以外に、製品の種類を判別できる能力がある」という評価をしました。その結果、(1) プレスは手を入れる危険対策も必要だったため、材料の投入（取り付け）と取り出しをロボット化する。(2) ロボットで取り出した部材をコンベアで作業者の手元へ送る。

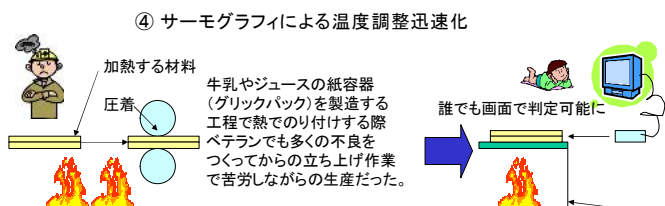
(3) 人は製品検査と製品の仕分けを行う方式を適用しました。図の右側が改善後の作業構成です。このような改善の結果、この例では、作業者の手待ちを無くし、1名の方は新たな仕事に移るだけではなく、1日を2分割して、相互に交代してこの仕事を受け持つ。さらに、品質向上や生産性向上に作業者のレベルを高めて行き多能化～新製品の対応や、工場における各種の改善を担当となりました。改善後、この2名の作業者は「仕事が人間的になり、楽しくなった」と、話してくれました。

では、さらに、この種の改善を進めた結果、作成した数例の改善を紹介することにします。この図に示された項目は、今まで記載した改善法の適用例です。この図の①は、焼き入れの

自動化対策です。焼き入れは油や水などに高温に温めた鋼材を付けて急冷することにより、

### 今は当たり前になった製造ノウハウ対策(例)

- ① 焼き入れ自動化の要点 液と空気膜の断熱を取る  
→ ミスト利用気化熱対策
- ② ネジ締め自動化の要点 → 半回転し作業の組み入れ
- ③ 湿式マグネット自動取り出し → 



© QCD Shigehiro Nakamura : URL: <http://qcd.jp/>

入れする秘伝の技と同じです。刀匠の場合、水中に加熱した刀を、急冷するために入れ、手で前後に振る動作がノウハウになっていますが、この刀匠が行う技に秘められた技の原理は、熱した鋼が急冷される際、気化した水が泡状になり、これが断熱作用となり、急冷を妨げる処理です。要は、気化した泡を除去して、新たな水の気化熱を利用する

ために、刀匠は刀を水中で前後に振るわけです。このように、物理現象の過程を分解すると「気化熱を連続的に奪う策」が考えられます。現在、この対策は、鋼材の焼き入れの際に、ミストと呼ばれる水玉や油の小さい玉を照射する方式で工業化しています。

図の②は、ネジ締めの自動化に欠かせない対策です。かつて、多くの企業でネジ締めの自動化をすすめました。だが、失敗が多い状況でした。失敗の理由は、「ベテランの手順解析の不足」でした。ネジ締めをするベテラン達は、ナットやペットボトルのキャップを確実にネジ締めするため、締める前に、反半回転程します。すると、「カタン！」という振動が手に来るとい物理現象が起きます。これは、ネジ部を締める際に必要な入口を知らせる合図です。ベテラン達はこの事象を知っていたわけで、この原理を用いたネジ締め自動化に失敗はありません。これに似た解析の後、現在は、例えば、部材にゴムブッシュなどを取り付ける自動化、また、箆合が厳し円筒材を穴に差し込む自動化などは、総て、その道のベテラン達の動作をビデオ撮りして、研究結果をロボット化の際に生かし、成功しています。

図の③は、湿式プレス成型の際(粉状+液を付加した湿式素材を投入～プレス後)、金型表面から成形品を取り出す作業です。皆様ご承知のように、プレス作業は危険な作業の代表例のひとつです。このため、過去、多くの方が自動化にチャレンジしてきましたが、失敗の連続が続いていました。ある対策では、人が成功している作業なので、手のように柔らかい掴み方をさせるロボットを開発しました。しかし、成形品がうまく取れないため、つかむ圧力を高めたとたんに成形品をつぶしてしまう例などがありました。そのような事例がここでは、多数あった中で、筆者達は新郷先生の書で学んだ、分解の法則を適用し、安価で効果的な自動取り出し装置を具体化しました。当然、ここでもベテラン作業の分析を行いました。ベテラン達は成形品をプレス金型から取る時、成型品を金型の上を横に少し動かし

ていました。この時、単に横に動かすだけでなく、端を少し持ち上げながら行きます。この細かな動作で成型品と平面であるプレス金型の間に空気を入れていたわけでした。空中遊泳の形で、成型品を取り出して行く方式です。このように、動作の内容を仲間とビデオ撮りしてスロー解析、動作の理由が判れば、対策は簡単になります。この例では、成形後に金型の小さい穴から空気を送る方式を利用したロボット化を進めたためです。

図の④に記載した対策は、紙製のパック成形ラインの改善です。ここでは、箱型の接合紙の上に塗られたノリを加熱接着する工程で、ベテランと称する作業の方が、加熱バーナーを調整して、接着具合が基準に達したら量産に入る、という作業でした。しかし、この調整は炎を見ながら繊細に行うため、高度なスキルと多大な時間を費やします。特に、超高速機でパック接着を行い、その良否を出来上がった製品を抜き取って、接着の具合を見ながらの調整は大量の不良品生産になっていました。ベテランでも、一般家庭の6畳一間を天井まで一杯にする程度の不良を出し、本番という量産に移行するという作業形態だったためでした。筆者が、この相談を受けた時、とっさに、新郷先生の「なぜ？と何を分けてみるべきか？」という項目を思い出しました。要は、「接着部の温度そのものを設備の中で分け、その温度を直接見ることができないか？」という発想です。そこで、この時、「シュワルツネッカーを連れてきては？」と言いました。当時、「プレディター」という映画がヒット中であり、昼食時に雑談で話が出たためでした。皆は最初「何のこと？」と思ったようでしたが、やがて、「宇宙から来た宇宙人が、人を見つける際に使うサーモグラフィ」に気づきました。皆で具体化した改善内容は図の通りです。炎を調整するバーナーを囲い、事前に、過去、成功した炎になるように、調整バルブをデジタル調整にして、標準値にする。ローラーとパックの接着部の温度を直接サーモグラフィで見る（直視した温度にする）方式です。早速、この方式を適用した結果、机1個程度のテスト操業で量産状態に移る方式の実現となりました。この工場では、過去、紙パックが大量に不良になっても、リサイクル可能でした。しかし、大きなお金と手間は総てムダでしたが、これも激減となりました。

これ以外にも先生の書『工場改善の体系的思考』の中には、多くの『分割の法則』を利用した製造方式の改善事例が掲載されています。例えば、スポット溶接では、銅の端子で2枚の鉄板を抑え、高電流を流すが端子の寿命が短い、という問題を対策した事例などがあります。この対策は、強度が強いパイプの中に銅のバーを入れた2重構造にする方式です。要は、強度の高いパイプで2枚の鉄板を抑えた後、少ない圧力で銅パイ部が板を押し、通電圧着するという機能分担を、2つの部品が個々に受け持つ対策です。

### (3) 省略の原則へのアプローチ 例：この工場でのこの通路はなぜ必要か？

新郷先生の書には、「身近で気づかず、当たり前に行っている仕事も一度は疑って見直さない」というご指導をされました。では、一見、見逃しがちな例ですが、筆者達がIEを進める中で、皆が参考にした「この工場でのこの通路はなぜ必要か？」という内容を紹介することにします。

先生の著書によると、「工場には、通路があり、通常の生産ではそれが生産性や、そこで働く皆様の各種活動の障害になっていることがあっても「仕方ない」と、対策をあきらめていた例があった。ある企業におけるこの例も、その種の例だった。ある工場から自動化の相談があり訪問した時、自動機を置くため、どうしても工場内にある通路がある場所を使う必要がありました。そこで、「この工場でのこの通路はなぜ必要か？」と皆にしました。すると、「よく判らない！」ということだったので、実際に調査することにしました（今なら、監視カメラを付け、このような通路を通る方に、理由を話していただいた記録を分析するという方式を採るとおもいます）。すると、25名の方の23名が、「水を飲みに行く時に通る。」と応え、2名が「職長との連絡の時、ここを通る」ということであり、これ以外の理由や事例は全くありません。この時、この工場では、レイアウト改善上、どうしても通路を通したコンベアが必要でした。そこで、この通路を通らないでも行ける水飲み場をつくる（水道の追加）。組長の連絡に連絡装置を設置して、自動化を進めましたが、この対策を進めても、従業員の皆様から「やはり通路は残しておくべきだった」という話は出ませんでした。もし、出た場合、私は、設備を超す立体橋をつくる積りでしたが、その必要も無かった。・・・」という事例です。現在、この対策には、もし、どうしても通路を残す必要がある場合、多くの企業が、コンベアの代わりに AGV という自動式の搬送車を投入して設備間の物流を図る。・・・従業員に水筒を配布する案、また、連絡には携帯電話やアンドンという連絡機器などで組長と授業員の連絡を取る、と言った対策を進めるかも知れません。「この種の対策は、費用対効果で決めればよい」はずです。しかし、先生の体験談は、今まで、工場では当たり前、「絶対変更できない」と考えられてきた他の対象についても「なぜ、必要なのだろうか？」とか、「誰が、何のために使っているのか？」という実態をつかみ、その必要性を検討する対策を促した事例です。

かつて、先生の、この話を聞いた時、筆者はこの種の対策を「省略の原則」と解釈しました。

WD(ワークデザイン)解析～自動化しないで目的を達成した例

例1:自動バリ取り機の開発

目的を上位展開すると

バリを無くす

何のため?

バリを切り取る



技術開発要素  
 ・変化に応じたプログラム開発  
 ・刃の寿命延長  
 ・.....その他



手込め

金型精度○○以内  
 塗型厚さ(均一性)  
 ○○クロム  
 金型温度・サイクル  
 標準書○○  
 .....  
 キーイング時間○○



自動機による  
 アルミの金型  
 ・低圧鑄造の  
 場合

製品  
 金型

①製品(結果という铸件)を評価するのではなく  
 金型を3次元測定器で徹底測定・図面通りの  
 に条件整備する対策を図った。

© QCD Shigehiro Nakamura :URL:http://qcd.jp/

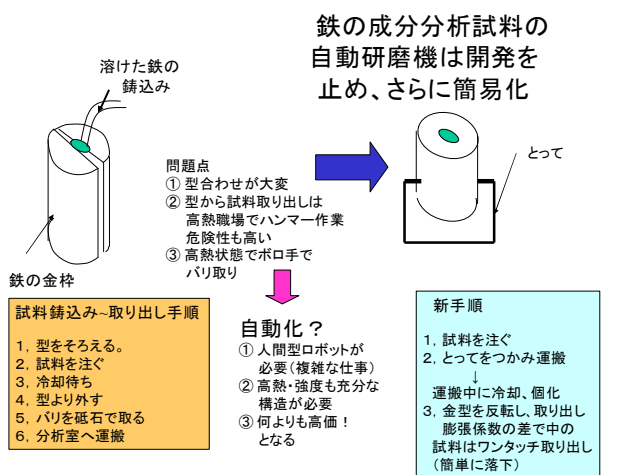
た。では、通路以外の問題に使い、効果を得てきた事例を紹介することにします。この図は、鑄物のバリ取りの自動化対策に当たった時のものです。当初、筆者が関与した内容は『バリ取りロボット開発チーム』でした。この名称が示す通り、「鑄物につきもの(バリは鑄物にかならず出る対象)」と考えられてきたためです。このため、当初、

このプロジェクトチームは、「鑄物のバリはチル層という固い金属組織なので、ロボットで



削る刃先を何にすべきか？」という調査や、「毎回異なる製品の形状に合わせたバリ取り加工に対し、ロボットが効率よく作動するプログラムをどうすべきか？」という課題を挙げ、対策案を模索中でした。しかし、この種のロボットが出来たとしても、高価であり、設備メンテナンスも大変な状態でした。また、バリ取りはこの企業が期待する真の目的ではありません。バリの無い鋳物生産が目的です。そこで、プロジェクトチームで、皆と相談の上、新郷先生の「省略の原則」を頼りに、同じ問題解決手法、WD（ワークデザイン）を利用する対策を採る対策に切り替えました。詳細はともかく、鋳物のバ리를無くせば、バリ取りは不要になり、ロボット製作も不要になるためです。そこで、金型精度をあげる対策に集中しました。一般に新金型は鋳物の要件総てを組み入れて設計するためバリが出ません。しかし、使ってゆくにしたいが、製造現場関係者達が「金型が食われる」という状況が進みます。これは、金型の摩耗による老朽化現象です。しかし、金型を基の理想状態に戻せばバリの問題はなくなるはず。この思想で、生産中に、少しでもバリが出そうになったら鋳造機の金型を新金型と交換する（シングル段取りの適用）。取り出した金型（不具合品）は三次元測定機で図り、不外部を修正して理想状態に修正する、という方式を進めました。その結果、バリ取りロボット開発も不要になりました。

下の図も省略の原則の適用例です。例は、カウントバックという鉄の熔解成分調整時に採取するテストピースの処理です。改善前、この処理は、①溶けた鉄（1537℃以上）を二つ割の容器にテストピース鑄込む。②ハンマーで鋳造金型を割る。③ぼろ手でテストピースをつ



© QCD Shigehiro Nakamura : URL: <http://qcd.jp/>

かみ、冷却する。④発生したバリ取りと共に、⑤端面研磨したテストピースを、⑥カウントバックの検出部に投入する仕事ですが、過酷かつ、急ぎ行う作業でした。この処理に対し、当初、テストピースをつくるロボット製作チームが編成されました。このような時、筆者の関与となったわけでしたが、「銅の容器をつくり鉄のテストピースをつくる方式」を提案しま

した。しかし、この時、プロジェクトチームの関係者は大反対しました。「銅の熔解温度は1088℃。鉄のテストピースより低いので、融けてしまう！」という理由でした。しかし、テストしました。すると、銅は融けません。その理由は、円筒形にしたテストピースの孔に溶鉄を入れると、銅は熱伝導率が高いので、即座に溶鉄の表面が固まってしまうためです。加えて、熱伝導が良い銅の容器でテストピースを運び、カウントバック室へ運ぶ途中でテストピースは固化します。さらに良い点は、鉄の熱膨張係数は純鉄 11.7、炭素鋼  $11.1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ に

対し、銅は  $16.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  大きな値のためでした。運ぶ途中で、銅の容器に当たる部分は昇温して直径が大きくなります。これに対し、膨張係数が小さいテストピースの鉄サンプル材は伸びないため、冷却されたテストピースは、容器の取っ手をひっくり返すと、コロンと容器から転げ落ちます。なお、この時のテストピースの端面は銅の容器の底面と同じ平面面でした。このため、バリ取り無しで簡単に表面研磨できました。要は、この方式で、短時間、かつ、簡単にカウントバックの測定部にこのテストピースの投入ができました。この方式と比較し、かつて人手で行ってきた仕事はあまりにも過酷、かつ、短時間化の要求が厳しい対象でした。その理由は、溶解中の溶解炉内の鉄の成分の変化が時間と共に急速に進むためでした。しかし、この簡単な方式で、この対策が実現、“革命的”というようになりました。

後日考えると、この対策には、筆者にとって似た物理現象の体験がありました。皆に紹介して、検討した内容が大きな題材になりました。筆者が大学の研究室でマス・スペクトルメーターという機器を使っていた時、実験容器内を超真空にする処置が必要でした。ある程度の真空処置は真空ポンプで進めます。だが、最終段階で液体窒素を用いて容器を冷却して超真空環境を作る対策です。当時、この液体窒素を川崎のあるプラントに買いにゆくわけですが、液体窒素を容器に注入する時、水たまりに落ちる現象という一見、危険な現象がありました。その理由は、窒素：Nは原子重量が12、 $\text{N}_2$ は24となり、水の原子重量18より重いので水中に沈み、そのとたん、気化するということが爆発を意味します。事実、容器から落下した液体窒素の粒は直ぐ水たまりに沈みました。しかし、プラント関係者は何事もなく、仕事をしています。要は、この程度で危険はないという状態です。そこで、筆者が、その過程を見ていると、水中に入った水より重たい液体窒素の粒はすぐに氷の膜に包まれました。直後、上部が「ポン！」という音と共に穴が開き、ガスが出てきました。さらに、この氷の膜化した容器は水より軽いので、水面に出てきます。後は、全体が消えるまでこの船のような容器の中で窒素が液から気体に変化して行く状況でした。この例は、先の鉄のテストピースの改善と対象は異なります。しかし、銅の容器の関係に起きた物理現象に似た点が多数あります。また、もし、筆者にこのような体験がなかったら、多分、銅の容器に溶けた鉄を流し込むという、ある意味、とんでも無いように見える発想に筆者も仲間もチャレンジもしなかったと考えます。

習慣的に作成されてきた仕事を省略の法則で無くす対策は多数あります。筆者は企業在勤していた頃、生産管理システムの仕事をしていたことがありました。コンピューター化が進むと、多くの資料が提供できるので、開発依頼が多いことがありました。また「本当に必要か否か？書類低減時に断捨離をお願いしても減らない」という時、筆者は、関係者と打ち合わせ、個々の書類に利用カウンターを付け、アクセスの無かったものは消去するという方式にしました。その結果、「利用頻度が無い対象を廃棄する。また、作らせない」という対策に役立ちました。以上、つたない経験談ですが、「省略の原則」の応用を例示しました。

次に続く