

時代にあった製品開発と部品公差 そのための製造現場の造り込みと人間の創意工夫

株式会社三井ハイテック 代表取締役副社長 藤田 勝房

概要：市場の大きな変化は、労務費の安い東南アジアへ企業が生産拠点をシフトしてきたことにより、製品単価が下落し価格競争の激化とともに国内では空洞化が進み仕事量が減少し、あらゆる業種で不況となっている。同時に、金型業界でも設計図面が流出していると騒がれ、政府ならびに業界団体が指導に乗り出している。このようななか、金型専門メーカーとして創業した当時のことを振り返り、何が当社の強みなのかと考えた。創業当時からの時代時代にあった製品開発の歴史を辿って、当社は家電メーカー向けのモータコア打抜き用精密金型と半導体向けのリードフレーム用打抜き精密金型に重点を置き、製造現場でも数々の改善案を打ち出し、技術革新を行ってきた。また当社では、1961年から海外営業展開を進めた結果、輸出比率が高くなり、為替リスクを解消するためにも海外生産が必要となった。そこで、1972年にはシンガポールに、さらに翌1973年には香港に生産拠点を展開することで、為替の影響を受けにくい体制をつくりました。その後も、消費地立地を基本思想に海外展開を行い、現在では14の海外グループ会社を持つに至っています。基本理念として、技術の伝承に重点を置き、金型製作の基本から人の能力向上のための教育ならびに研修活動を行っている。そこで、今回は当社の技術革新と人材育成についてその事例を紹介する。

1. はじめに

当社は、

- ① 1949年 モータコアを打ち抜く金型製造を専業とする三井工作所として創業した。
- ② 1958年 モータコア用タングステン・カーバイド金型の開発により金型寿命がそれまでの20倍に当たる1億枚の打抜きに成功。
- ③ 1965年 ICリードフレーム打抜き用タングステン・カーバイド金型を開発、それまで写真技術で製造されていたリードフレームの製造コストを1/10に下げること成功。
- ④ 1974年 MACシステム（積層鉄心自働積層金型）の開発により生産工程の短縮、省人化を実現（図表1）。
- ⑤ 1974年 1450SPMの超高速金型を開発。
- ⑥ 2000年 直径2.7φモータコアのMACシステムによる製造、さらに0.15mmの薄板鋼板に対応したMACシステムの開発に成功した。
- ⑦ 2002年 直径2.1φモータコアのMACシステムによる製造に成功。

また、当社は、日本国内の金型販売に加え、1960年から海外のお客様向けに金型輸出を始めた。当時の運送手段としては船舶が中心で輸送期間が長かったため、お客様のところで金型部品が破損した場合を想定して、金型を返却していただくなくても、破損した金型部品をお客様のところで容易に入れ替えができるように、金型部品を分割方式^{※1}の研削加工で各部品の公差を±2μmの精度に仕上げさせ対応してきた。

※1) 総研磨分割方式

金型の刃物部分を適切な形状に分割し、それぞれの分割部品を研磨加工にて仕上げ、それらを組み合わせて作る金型製造方法のことである。

2.1 物づくりに必要な基礎教育

物をつくるために必要な教育項目は、①基本姿勢、②忍耐力、③計画性（手順）の3つであり、これらの教育を推進する目的で、当社では組織として「研修センター」を設置している。この研修センターでの教育課目は ①ヤスリ研修、②切削理論、③研削理論、④金型設計である。

写真1のように、ヤスリ研修においては、物づくりの基本である「直角」「水平」「平行」の、精度と加工時間の目標を設定し、その目標を達成させる。その課程で、物づくりに必要な「基本姿勢」、「忍耐力」、「計画性」を習得させている。このヤスリ研修の対象者である新入社員は、文系・理系・男女・学歴を問わず全員が受講している。

さらに、営業員、管理者にも当社の固有技術の基本である精密ヤスリ加工技術を、創業当時の道具・治具を使い、製品の品質は精度で決まること等の実体験を学び、物づくりに対する知識と認識を深め啓蒙している。



写真1

2.2 理論と実践教育

切削理論、研削理論、金型設計理論の教育ならびに演習・研究についても、定期的に受講者を選抜して、各分野のエキスパートを講師として教育を実施している。また、治具や工具に至るまで、当社の技術開発の歴史を踏まえた指導を行い、次の時代に対応する精密加工技術の発想力を養っている。

ヤスリ掛けという手作業による部品加工の時代（精度 $2\mu\text{m}$ ）から、マニュアル研削盤を使った機械加工の時代（ $0.5\mu\text{m}$ ）に変わり、さらにマニュアル

研削盤から数値制御研削盤（NC研削盤）へと変わってきた。NC研削盤の時代になるとプログラムが仕事をするため、機械が一度動き出すと、必ず予定したとおりの物ができると信じてしまう。それでは、NC研削盤の技術改革は進まない。高精度研削盤を使っているにもかかわらず、その研削盤に被加工物（ワーク）を取り付ける精度が悪ければ、良い製品はできない。NC研削盤の効率を高め、その精度を引き出すためには、ワークを取り付けるための治具が必要となる。特に当社の部品は超硬（非磁性）であるため、ワーク取り付け治具は必要不可欠であった。その治具を作るための想像力と発想力を養うことがこの教育の目的でもある。さらに、研修センターでは、超硬素材の研究や適正クリアランスの試験も行っており、そのために必要な設備を保有している。

2.3 技術・技能のボトム・アップ対策

基幹技術の伝承として、1992年に技能系社員を対象とする社内技能検定制度を導入した。金型組立作業や平面研削盤作業など34種目に分け、1～3級に区分している。この試験に合格すると、ほぼ国家試験に合格するだけの知識や技能を身に付けることができる。現在、5名の技能検定委員により認定された248名の技能者がいる。社内技能検定合格者へのインセンティブとして合格賞金を支給する制度を設け、技術・技能のボトム・アップにつながっている。

2.4 経営理念教育『三井塾』

三井塾は、創業者である三井会長自身が講師となって実施している教育カリキュラムである。三井会長の数々の貴重な経験から、経営者の考え方やノウハウを直接学ぶことができる。対象は、毎年、新入社員教育を終えた者の中から10名程を選抜し、年間10数回にわたって、行っている。

2.5 財団法人三井金型振興財団

当社創業者の三井孝昭は、金型産業の現状を鑑みて、金型産業育成の一助となればと考へ、1985年5月に私財により財団法人三井金型振興財団を設立し、現在、国内および海外からの留学生への奨学金の支

給のほか、金型関係の文献を整備拡充するライブラリー事業も行っている。

2.6 技能伝承委員

当社が取り組んできた人材教育制度により技能を高めていった社員の中には、厚生労働省の「現代の名工」や地方自治体の「マイスター」に認定された者もいる。定年を迎えた後も、高度な技能を持つ者については、技能伝承委員として会社に残ってもらい、後継の育成に尽力してもらっている。

2.7 その他の教育

当社では職業人であると同時に社会人としての育成を行うために、接遇教育を始めとして、環境教育、人権啓発教育等も定期的に行っている。また、著名な顧問弁護士による幹部教育も行い、経営の健全化に取り組んでいる。

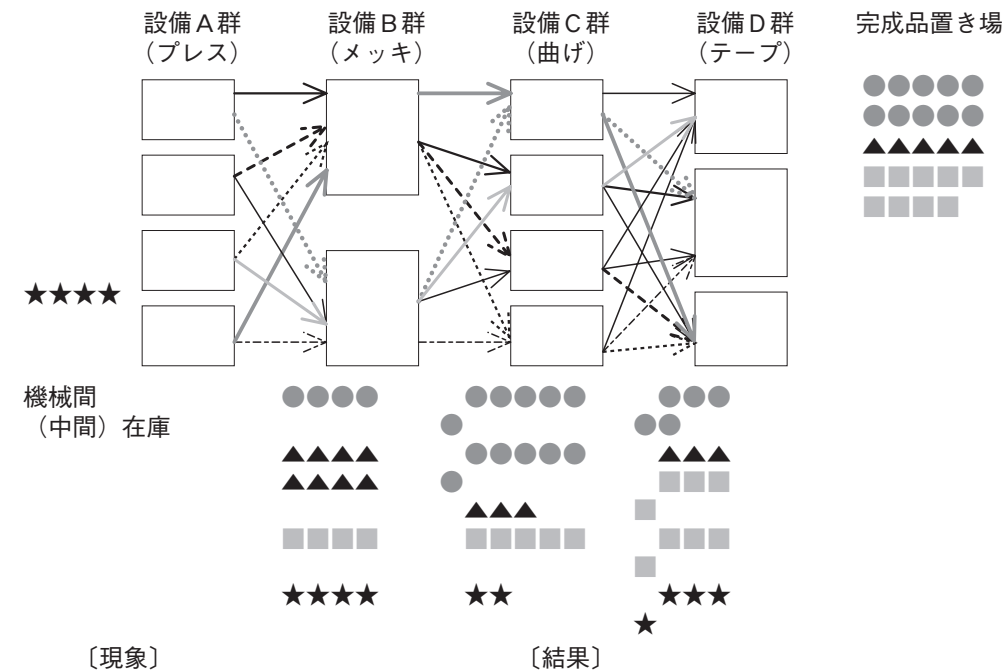
3. 製造現場の『品質安定』改善

製造現場において最も重要なことは、「後工程に不良を送らない」ことである。不良は計画遅れ（納期遅延）や製造原価の高騰の最も大きな要因となる。品質を安定させるためには、「起承転結」を明確にする。その方法は、物を流れでつくるのが肝要である。

3.1 以前の物づくり

- ① 保有している設備の「稼働率」を上げることを重視した考え方。そのために、人は設備の多台持ち、すなわち「設備の横持ち作業」となっていた。
- ② 今、稼働していない設備があれば、今必要でない部品でも投入して、設備を稼働させていた。物の工程の進み（流れ）の概念がなかった。
- ③ 物のつくりが、そのつど、加工設備が違う「乱流生産」であった。

「品質不安定」 要因である乱流生産とは



1. 各設備間に種類の違う半完成品が山積みされていた
2. 完成品置き場も、いつ売れるかわからない完成した製品が山積みされていた

- ① どの設備で加工したか。…データがない
↓
不良発生した場合、生産過程の、どの設備で発生したかがつかめない
- ② いつ作られたのか、だれが造ったのかつかめない
- ③ 不良が発生した場合→危険範囲がつかめない
- ④ 各設備間および、完成品置き場に在庫の山

3.2 品質の造り込み…物づくり，生産方式の改革

※改革の変遷

乱流生産 ⇒ 混流生産 ⇒ 整流生産 ⇒ 一貫通貫

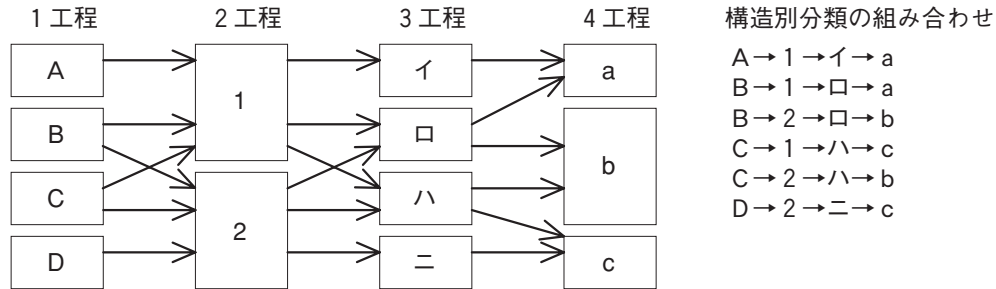
1) 混流生産……品質を造り込むことを「正」にして，製品ごとに工程を明確にし，各工程ごとに流す製品を決め設備を割り付ける。

①製品の流れは，製品ごとの「構造別分類」で決定する。

※当社製品L/Fの構造別分類事例

①材質，②製品周長，③メッキ種類，④曲げの有無，⑤テープの有無…等

「混流生産ライン」



構造別分類した製品の工程ごとに設備を割り付けるが，工程能力のバランスを取るため，製品の重ね合わせを行い，各工程の設備能力を一杯に埋める。

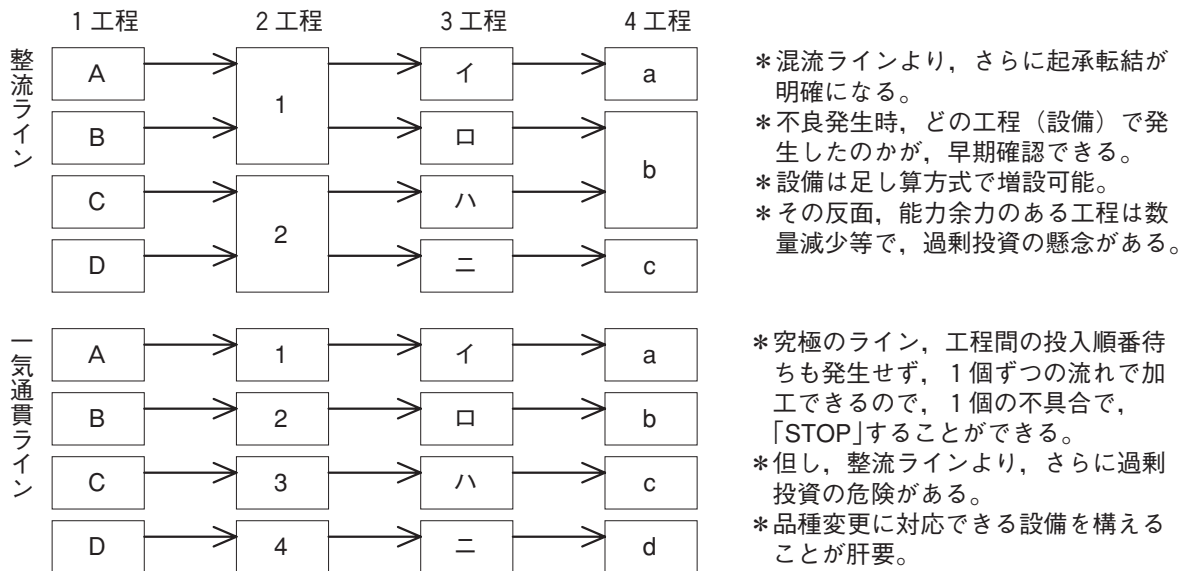
但し，あくまで製品の品質が「正」であること。

すなわち，「混流生産」とは，品質的に製品を『グループ化して流すライン』のことである。

<結果>

- 物の流れができたため，1工程から投入の順番が明確になり，いつ，だれがどの設備で加工したのかがつかめる加工履歴となった。
- 設備間の在庫も不要となった。但し，重ね合わせた工程は，投入の順番待ちが発生するのが，混流生産の欠点である。

2) 整流生産と一貫通貫



<まとめ>

物を流れ（構造別分類毎）でつくることで

1. 良い物をつくる基準「製造条件」

良い物をつくる作業基準「作業標準」を各ライン、各工程ごとに、容易に確立できる。

2. オペレーター能力向上

2.1 オペレーターは標準作業を行え、作業改善が容易となる。

2.2 製品の材料投入から、製品完成までの工程を受け持つことにより、今まで理解し得なかった製品の仕様が理解できるようになり、製品をつくるうえでの、ポイントのつかみ方、作業改善、工程改善の意欲が発揮されてきた。

4. 『省資源』…製品の微細化、軽量化対応

近年では、地球環境・省資源・省エネに対応した製品、すなわち「製品の微細化」「軽量化」が要求されており、当社において、このような条件を満たす製品は何かと考えたところ、家電・自動車のモータの性能を上げることができれば、地球環境・省資源に対し最も貢献できると判断した。モータ性能の向上のためには、モータコアの材料の極薄化が不可欠であり、その極薄材料を打ち抜くための超精密金型の開発をすることが当社の責任であると考えた。以下、その超精密金型開発内容について述べる。

4.1 金型部品の要求精度がミクロン単位からサブ・ミクロン単位へ

薄板材料での金型仕様は、

- ① メス型（ダイ）とオス型（パンチ）（写真2）とのクリアランスを小さくしなくてはならない。
- ② また、剪断精度のバラツキ防止のため、今まで以上に均一なクリアランスが必要とされる。
- ③ 当社開発のMACシステムの要である「かしめ力」の低下が起きる。つまり、凹凸の噛み合いの面積が少なくなるためかしめ力を大きくする対応が必要となる。



写真2

以上が薄板化の進行に伴って金型に要求される内容と現象面であり、必然的に部品加工精度がミクロン単位からサブ・ミクロン単位へと厳しくなる理由である。

その対応として、

- ① 測定機器の充実…0.01μ測定機の導入
- ② μ仕様の研削機から0.1μ仕様の研削機の自社開発導入。
- ③ 部品加工機の変更…ワイヤー加工から研削加工への変更。それに伴って金型部品機構を「単体」から「分割」へ変更。
- ④ 環境整備…恒温・恒湿・クリーンの対応が必要となる。

4.2 超精密部品加工のための環境整備

前項でも述べたが、高精度の部品を製作するためには、物づくり現場の「環境」すなわち、温度・湿度・クリーン度が大きなファクターとなる。この項

表1

年代	1949	1960	1965	～	1990	2000
精度	0.02mm	0.005mm	0.003mm		0.001mm	0.0005mm
金型素材	スチール	T/C(超硬)	T/C(超硬)		T/C(超微粒子)	T/C(超々微粒子)
モータコア(t)	板厚0.5mm	板厚0.5mm	板厚0.5mm		板厚0.35mm	板厚0.15mm
リードフレーム	-	-	16ピン		多ピン	多列and多ピン
リードフレーム素材	Fe・Ni・Coの合金(コバール)	Fe(58%) Ni(42%)の合金	Fe(58%) Ni(42%)の合金		Cu	Cu



写真3 金型事業所



写真4 順送金型



写真5 モーターコア製品群

では、その環境整備について述べる。

2001年11月、北九州市八幡西区野面に、「恒温」「恒湿」「クリーン」対応の金型総合工場が完成し稼働を開始した。(写真3)

- ① 恒温…熱膨張による部品の寸法変化抑制，すなわち『寸法保持』が目的である。
 - ・9m間隔に温湿度センサが設置され，工場内全域において， $24^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ に空調制御管理。
- ② 恒湿…材料・設備の結露防止と静電気対策
 - ・工場内全域において湿度を $50\% \pm 10\%$ で管理。
- ③ クリーン…クリアランス小，加工精度保持，組立て時のクリーン対応。
 - ・50万個/ft³以下でコントロール。

以上の対応により，金型部品精度に大きく影響していた熱膨張が少なくなり，金型部品が工場内のどこにあっても，一定の精度を保つことができた。そのことで，高精度・高品質の超精密部品の製作を実現し，極薄電磁鋼板モータ等のMACシステム（積層鉄心自働積層金型）を製造することに成功。家電製品とともに大型化してきているモータ用の超精密金型にも対応できるようになった。

さらに，精度が上がった超精密金型（写真4）を使用してスタンピングを行うには，安定した切刃のクリアランスを維持していくことが必要だったので，恒温，恒湿，クリーン度，防振対策を施したスタンピング専用工場を新設し，超精密金型を製作する環境と同じ条件で常時稼働することで，薄板コア製造の安定化の実現ならびにモータコア（写真5）の生産性向上を図れるようになった。

4.3 モータの性能向上・省エネ対応

このような取り組みにより，世界で初めて板厚0.15mmの電磁鋼板を金型内で自働積層する技術を確認し

た（写真6）。板厚に凹凸をつけながら打ち抜くことで，鋼板同士をかみ合わせて固定する手法だ。

従来は，0.2mm以下の電磁鋼板を積層するには金型では難しく，鋼板と鋼板をレーザーで溶接する方法が取られてきた。しかし，レーザー溶接は時間がかかり効率も悪い。自働積層する場合，金型で押しつける力が強すぎれば鋼板に反りが発生し，弱すぎれば鋼板と鋼板をしっかりと固定できない。当社は金型が鋼板にかかる力を微妙に制御することで，0.15mmの自働積層に成功した。

また，エンジンとモータを併用するハイブリッド車，モータを動力とする燃料電池車等の自動車業界で，今後，モータの高効率化，軽量化へのニーズが高まるのは必至だ。

当社の技術が電化製品や環境適合車（ハイブリッドカー）の普及を目指す各自動車業界のニーズとマッチし，地球環境に配慮した製品を開発提供することに寄与していきたい。



写真6

4.4 「作り込み」と「造り方」「短納期のためのリードタイム短縮」

前項と一部重複するが，まず，「作り込み」と「造り方」について述べる。

- ① 部品の作り込みは，起承転結をはっきりさせることも重要であるが，しっかりした「作業標準」を整備しなくてはならない。この作業標準が物づ

くりの基本である。

- ② この作業標準は、各部品が通る工程ごとになければならない。
- ③ 最も効果があるのは「標準作業」である。標準作業を行うためには、物を作るラインと繰り返し作業等の整備をしなくてはならない。また、一番厄介なのが標準作業の訓練である。当社でもまだ完全には確立されていない。
次に、短納期のためのリードタイム短縮について述べる。
- ① 1部品の加工時間が長ければリードタイムは短縮できない。ワイヤーカットの設備を生かす方法は、加工周長の長い部品を加工することが、設備の稼働を無人で「長時間」運転できる施策として重宝されている。しかしながら、リードタイムの面からみるとお客様の要求に対応できない。
- ② 当社では、「分割部品」として「研削加工」で対応すべく推進している。
- ③ 分割することで、少なくともワイヤーでの生産のリードタイムより1/5の時間で製作することが可能となる。
- ④ 部品精度が上がれば組立における調整時間がいらない。
- ⑤ また、分割部品の造りにおいても「材料投入から完成まで」1人で可能となるラインを構築実践してその効果「生産性向上」「品質安定」「リードタイム短縮」も確認している。

4.5 熱処理の内製化

熱処理工程は、外注することが他社では当たり前であるが、焼き入れ焼き戻しなど材質の調整に必要な目に見えない工程があるため、ただ単に時間短縮などのために簡略化すれば、あとでトラブルの要因になる。当社では、信用を第一に考え、また、外注手配のロス削減するため、社内に対応する。

5. 創意工夫による内製化設備の充実

内製設備の目的は、社内の最高水準の“匠”が持つ・技能・技術を、設備に置き替えることにある。

精度の優れた金型を作るためには、工作機械が必要不可欠であるが、創業当時は機械を買いたくても買えなかった。そこで、機械を買うことができないなら自分たちで作らなければ仕方がない、ということで、古い使いものにならない機械を買ってきて、分解したり、組み立てたりしているうちに、最初の平面研削盤ができあがった。その後も、絶えず新しい工作機械の必要性にせまられ、そのつど、創意工夫を繰り返して自分たちで工作機械をつくり、いつの間にか、本物の“自分たちの工作機械”を作りあげてきた歴史がある。現在でも“匠”が持つ・技能・技術によって、精密金型を生み出すため、NC化を含めた機能向上が図られており、その結果、NC制御の精度が従来の10倍にアップし、表面加工精度が1 μ mだったものが、0.5 μ mまで向上した。このことが当社で設備を内製する目的である。特に研削盤においては、分割部品を製作する技能の修得に2年から3年の期間を要すが、今年の新入社員は6ヵ月でその技術を習得し、金型を完成させた実績を持つ。社内はもちろんのこと、お客様の高い信頼を得ている。当社の高度技能者が持つマニュアル研削盤（写真7）の操作技能を数値化してNC研削盤（写真8）に展開することで、NC研削盤の操作性と精度を向上させていることが、顧客の信頼につながっている。



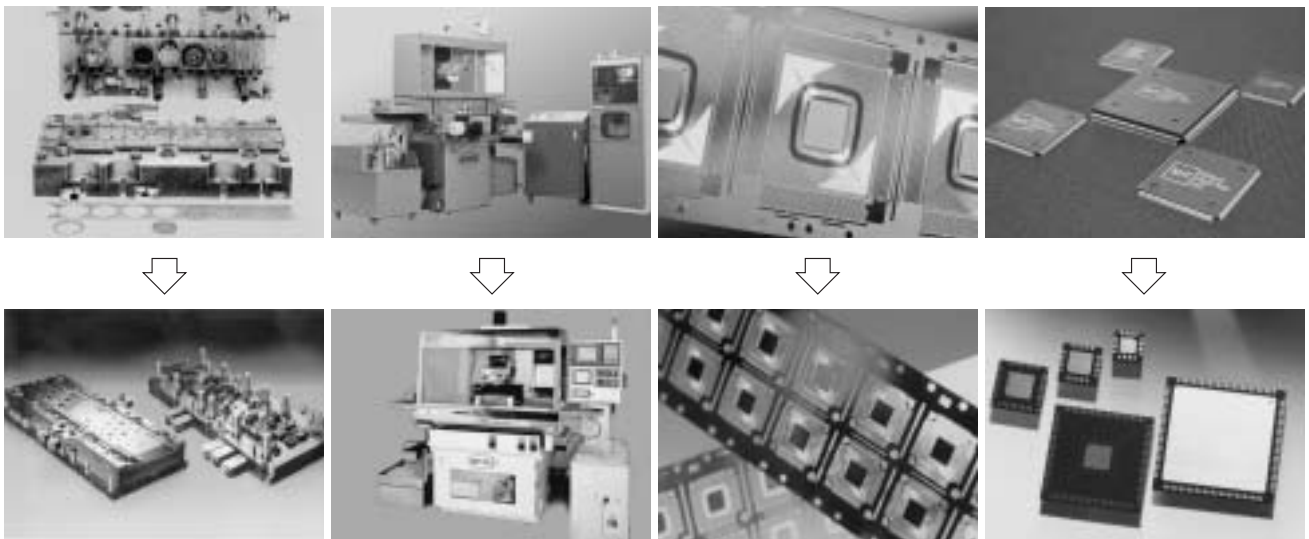
写真7



写真8

6. その時代のニーズに沿った「製品開発」

当社では、市場が要求する、開発商品の部品に要求される・精度・最高品質・コスト・納期を満足させるため、物のつくり方の研究を続けている。



7. 消費地立地

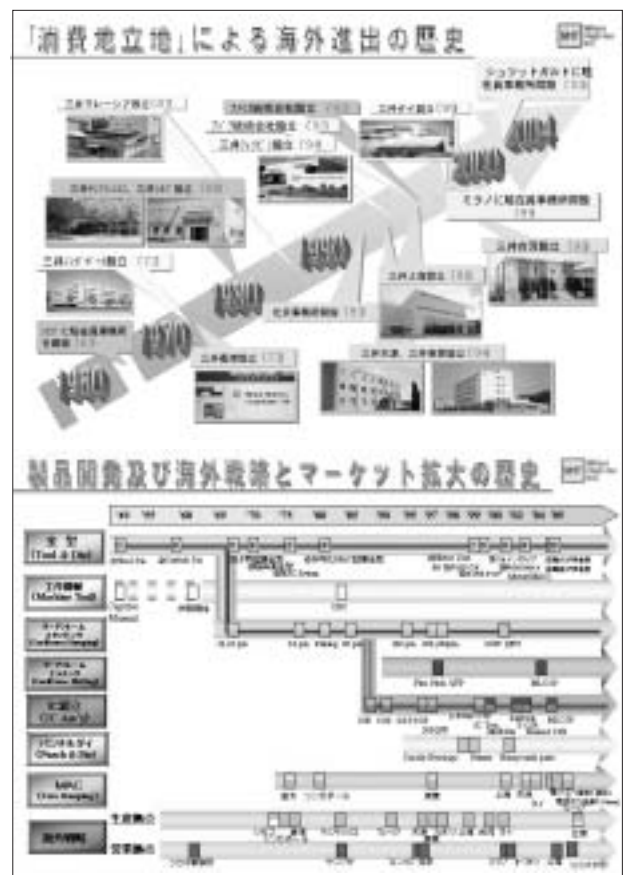
市場の流れは、人口が多く、労務費が安い地域に移動し、最終的にマーケットの大きい国に生産移転されている。当社においては、海外のお客様には、海外のグループ会社から製品供給を行うよう海外の拠点を最大に利用していただき、顧客に「必要なものを」「必要な時に」「必要な分」を『出前のウドン屋方式』で納入することを方針として推進している(図表4)。

8. おわりに

当社は、『いかなる時も世界中の人々に役立つ製品をつくること』を原点に、まず、市場や顧客の要求する1つ先のモノを提供する、提案型の顧客戦略を行うこと。次に“省資源・省エネは子孫に贈る最大の贈り物”をスローガンに掲げ、地球環境保全に対応した製品づくりに寄与すること。そして、今の加工方法に満足せず、一般上の精度を追求し、さらなる技術開発を目指している。

また、社内向けの設備として開発した研削機も、お客様のご要望に応じて販売を始めたが、お陰さまで、現状では当社の1つの事業に育っている。今後とも、ご愛顧いただきますようお願い申し上げます。

最後に当社における社是をもっておわりとしたい。



図表4

社是

1. 世界の人々に役立つ製品をつくる
2. 互惠互善の理念に徹し 相互の利益をはかる
3. 平等の精神を基本とし 働く者の楽園を築く