

表 6-2-10 大型部品用熱処理装置の仕様 (日本の工業用ポンプメーカーの例)

ヒータ配置	<table border="0"> <tr> <td>前ヒータ</td> <td>サイド+天井</td> <td>1.5/6×2 (両サイド)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>扉</td> <td>1/6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>底</td> <td>1/3</td> </tr> <tr> <td>中ヒータ</td> <td>サイド+天井</td> <td>1/3×2 (両サイド)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>底</td> <td>1/3</td> </tr> <tr> <td>後ヒータ</td> <td>サイド+天井</td> <td>1.5/6×2 (両サイド)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>奥壁</td> <td>1/6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>底</td> <td>1/3</td> </tr> </table>	前ヒータ	サイド+天井	1.5/6×2 (両サイド)		扉	1/6		底	1/3	中ヒータ	サイド+天井	1/3×2 (両サイド)		底	1/3	後ヒータ	サイド+天井	1.5/6×2 (両サイド)		奥壁	1/6		底	1/3
前ヒータ	サイド+天井	1.5/6×2 (両サイド)																							
	扉	1/6																							
	底	1/3																							
中ヒータ	サイド+天井	1/3×2 (両サイド)																							
	底	1/3																							
後ヒータ	サイド+天井	1.5/6×2 (両サイド)																							
	奥壁	1/6																							
	底	1/3																							
ヒータ回路	前、中、後 3回路																								
制御点	天井部 3ヶ所																								

6-2-6 加工工程

1) 基本的考え方

工業用ポンプのうち、水中ポンプおよび循環ポンプの主要部品は、大型ポンプ分工場で、またスラリーポンプ、マルチステージポンプおよびプロセスポンプの主要部品は、工業用ポンプ分工場で機械加工を行っている。工業用ポンプの今後の生産計画量

から算出した1997年および2000年の分工場別の機種別工数、および現状能力を表6-2-11に示す。

表6-2-11 分工場別の機種別機械加工工数

単位：時間／年

分廠	設備	台数	1994年	1997年	2000年	現状能力
大型 ポンプ 分工場	普通旋盤	11	6,624	13,031	28,227	43,085
	立旋盤	5	15,731	31,009	66,549	19,584
	糊りフライ盤	2	1,318	2,625	5,351	7,834
	ボール盤	4	6,419	12,572	27,804	15,667
	中ぐり盤	2	1,260	2,460	5,520	7,834
工業 用ポン プ工場	普通旋盤	14	15,244	58,019	133,000	54,835
	立旋盤	2	3,006	16,964	29,940	7,834
	糊りフライ盤	3	754	3,893	11,152	11,750
	ボール盤	3	2,979	13,264	27,405	11,750
	中ぐり盤	1	520	2,944	5,290	3,917

(注) 現状能力 = 288日 × 16H / 日 × 0.85 × 台数で計算した。

一方、今後の工業用ポンプの高性能化・高品質化に対応するためには、部品の加工精度の向上が不可欠である。また、現状の加工方法は効率化の観点から見ると、まだまだ改善の余地がある。

そこで、機械加工工程では、加工精度の向上および加工作業の効率化に重点を置いて改善策を計画した。

現状は設備能力にかなり余裕はあるが、2000年の生産計画を想定すると、大型ポンプ分工場では立旋盤とボール盤、工業用ポンプ分工場では普通旋盤、立旋盤およびボール盤が大幅な能力不足となる。このうち、ボール盤および普通旋盤および小型の立旋盤については農業用ポンプ分工場にも多く設置されており、これら設備の流用も可能であるので、農業用ポンプの今後の生産量も勘案して必要な設備の増強を検討する必要がある。しかし、大型ポンプ分工場の立旋盤については、今後の製品の大型化も考慮の上、早急に能力増強の手を打つ必要がある。

2) 機械加工作業の効率化

(1) 現在位置表示装置の適用拡大

現在位置表示装置付の工作機械を数台持っているが、現状はほとんど電源を切ったままで使用されていない。新しい装置であるので、不慣れが主な原因と判断されるが、活用すべきである。

従来の送りハンドルの目盛りによる位置の読取りに比べて、現在位置表示装置を利用するほうがはるかに高精度に読取れるし(最小読取り単位:0.001 mm)、しかもデジタル表示であるので、読取りも容易で作業軽減に役立つ便利なものである。

現在設備されているものは是非とも使用すると共に、適用拡大することを推奨する。

(2) フライス盤による面削り

現在当工場では、面削り加工は、ほとんど形削り盤で行っているが、フライス盤による面削りの方が効率的であるので、日本企業では面削りはフライス盤による加工が一般的となっている。

フライス盤による面加工は図6-2-11に示すように、フライス工具を使用して行うが、一回のパスで工具巾(または工具径)分の面削りが可能となり、形削り盤による加工に比べて、はるかに効率的である。

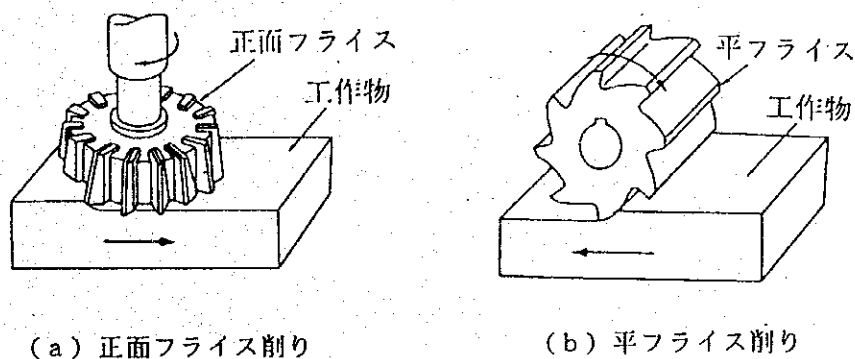


図6-2-11 フライス盤による面削り

(3) 治具保管方法の改善

治具保管庫には大型治具が山積されており、ホコリおよび錆の状況から、長期間使用されていないと思われる治具が大半である。小物の治具についても錆がかなり発生しており、管理されているとは言い難い状況である。また、各治具には管理用のタグが付けられておらず、治具番号も消えかかっているものも散見され、誤使用の可能性がないとは言い切れない。

このため、早急に不要治具を廃却するとともに、錆の除去を実施し、再使用可能かどうかを検査した上で、治具番号の打ち直しとタグによる治具管理の見直しを実施してもらいたい。入庫の際には、確実に防錆処理を実施し、劣化防止をすると共に、定期的な点検を実施すべきである。

治具保管庫は、現在工場の中央部に設置されており、工場内スペースの有効活用という観点からは問題である。できれば、工場建屋外に簡易建屋を建て、強固な保管棚を設置し、大型治具でも単品で取り出しが可能な様に、パレットによる管理の実施が望ましい。

パレットによる大型治具管理の例を図6-2-12に示す。

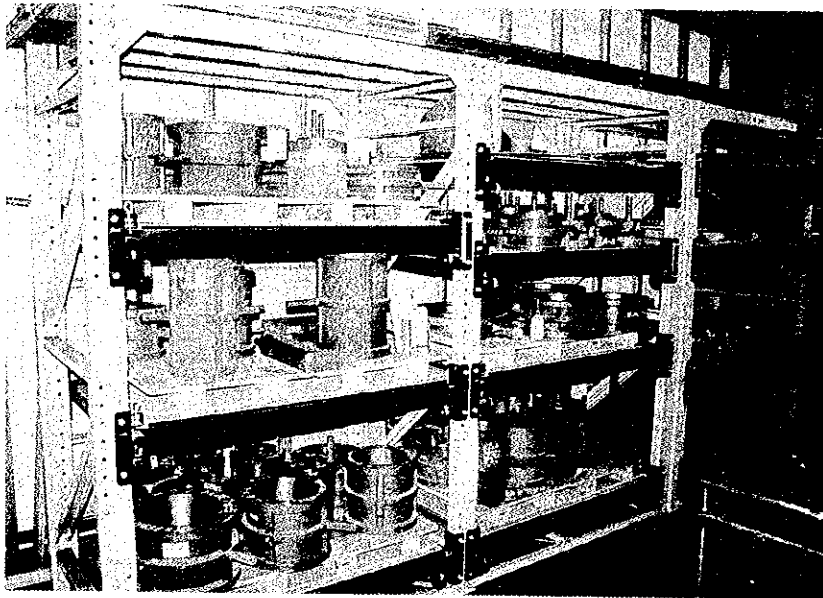


図6-2-12 大型治具保管の例

3) NC機の適用拡大と運用体制

(1) 現有NC機の有効活用

現在工業用ポンプ分工場に3台のNC旋盤が導入されているが、アルミ部品の加工にしか使用されていない。NC制御の工作機械は、高精度でかつ安定した品質の部品加工が実現できることから、日本においては、工業用ポンプのように高精度が要求される部品加工の主要工程は、ほとんどNC機で実施している。現有NC機もアルミ加工のみでなく鋳鉄や鋳鋼部品の加工にも使用して、NC加工技術を習得・蓄積すべきである。

(2) NC付高精度加工機の導入

前述のように、当工場ではフライス加工はほとんど実施されていないが、フライス加工は効率の良い加工方法である。フライス加工の実現のためには、後述するツーリング技術のレベルアップが必要であるが、今後の高効率加工のため、形削り盤からフライス加工への移行を実施されたい。あわせて自動工具交換装置を装備した、立型マシニングセンターを導入し、穴明けの一括加工およびランナンバーンの翼面三次元加工にも適用し、加工の効率化と高制度化を実施されたい。

立型マシニングセンターの例を図6-2-13に、推奨する立型マシニングセンターの仕様を表6-2-12に示す。

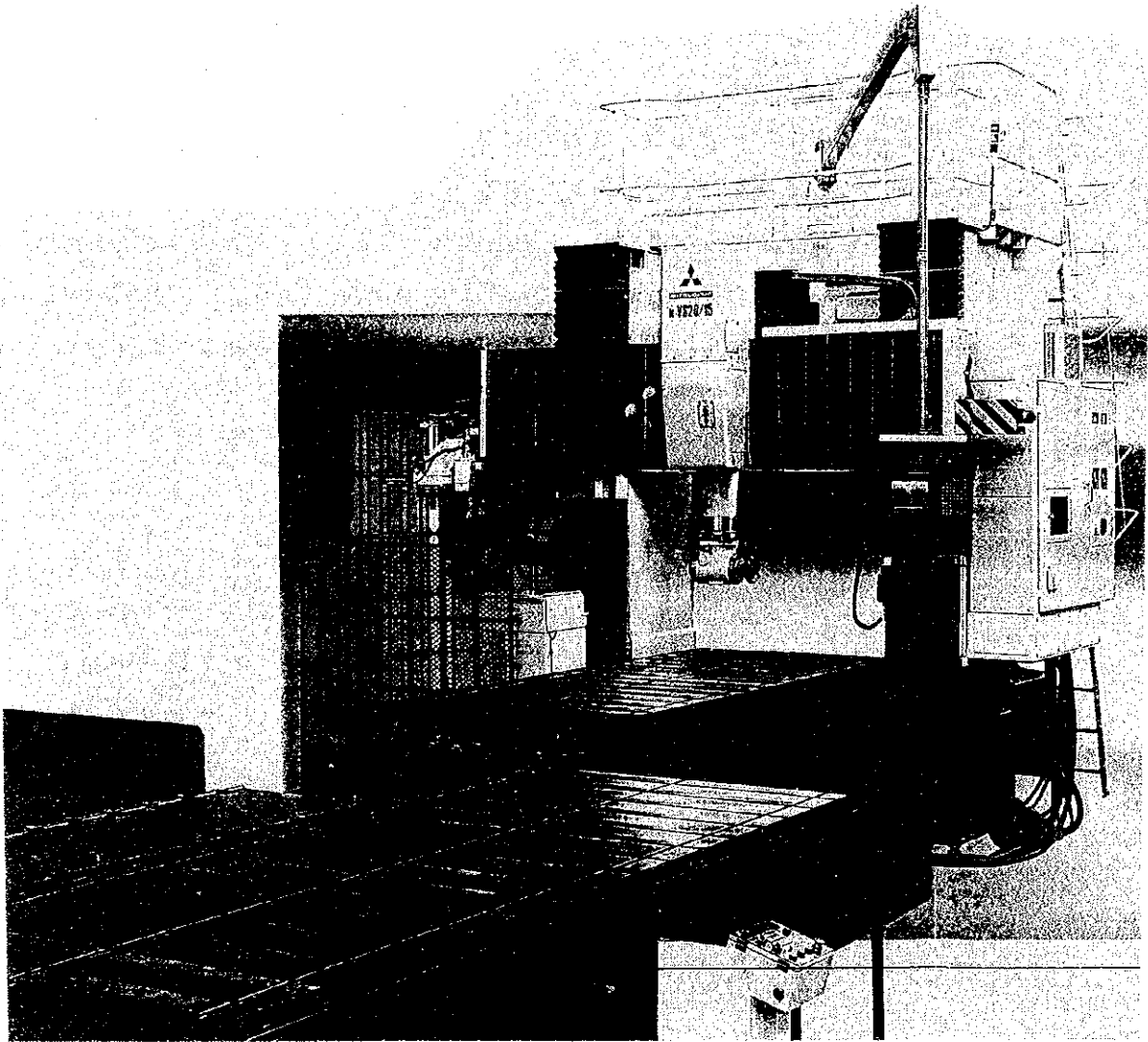


図6-2-13 立型マシニングセンターの例

表6-2-12 立型マシニングセンターの仕様

項目	門形5面加工機		M-VS20/15		
	門形マシニングセンタ		M-VS20A		
テーブルまたはパレット 作業面の大きさ	幅	mm	1,500		
	長さ	mm	2,000	* 3,000	* 4,000
積載質量	テーブル	kg	10,000	12,000	15,000
	*パレット	kg	7,000	9,000	10,000
コラム門幅		mm	2,000		
主軸端から ワーク取付面までの距離	テーブル	mm	1,500		
	*パレット有	mm	1,190		
各軸 移動量	テーブル X軸	mm	2,200	* 3,200	* 4,200
	サドル Y軸	mm	2,000		
	クロスレール Z軸	*パレット無 mm	1,350		
		*パレット有 mm	1,040		
早送り 速度	テーブル X軸	mm/min	20,000		
	サドル Y軸	mm/min	16,000		
	クロスレール Z軸	mm/min	8,000		
切削送り速度		mm/min	2~4,000		
*高速切削送り速度		mm/min	1~6,000		
スピンドルヘッド	ノーズ先端の大きさ	mm	φ230		
	ノーズ根元の大きさ	mm	φ270		
	ノーズの高さ	mm	400		
	主軸の直径	mm	φ100		
	主軸端のテーパ		JIS B6101 50番		
	主軸の回転数	min ⁻¹	20~2,500 * 40~4,000 * 80~8,000		
	主軸電動機出力	kW	18/22	* 22/26	* 22/26
自動工具交換装置	機械形式		門形5面加工機/門形マシニングセンタ		
	工具収納本数	本	30*40*60*80/ 24 * 40*60		
	工具選択方式		パレット番号方式/メモリ方式		
	工具最大質量	kg	30/15*22		
	工具交換時間	秒	10/ 8*12		

(3) スローアウェイチップの採用とツーリング技術

当工場は、現在バイト中心の工具体系により機械加工を実施している。バイト中心の工具体系は、工具管理の簡素化と加工の容易化には役立つが、加工の効率化という観点からは問題が多い。現在の工具系では、面削りのフライス加工もできないし、また高精度のNC機を導入しても、その機能を有効に活用することが困難である。

このため、今後のNC化の普及・拡大による部品加工の高精度化を実現するために、スローアウェイチップを中心としたツーリング体系の整備と、ツーリング技術の確立に取り組むべきである。

スローアウェイチップは、工具の専門メーカーが量産するものであり、刃先の品質が安定している。また、研磨による刃先の欠陥がなく、安定した切削性能を出すことができる。さらに、刃先形状が管理されているので、加工品質も向上する。

スローアウェイチップのコストは、一見再研磨式の工具に比べて高いように思えるが、切削能率と品質の向上が図れ、部品の加工コストは安くなる。

現在中国では、旋削用、フライス用のスローアウェイチップが製造されており、入手も容易である。

NCマシニングセンター用のツーリングシステムの例を図6-2-14に示す。

(4) NC加工に伴う自動プログラミングシステムの導入と技術者の育成

現状のNCはアセンブラ言語に近いものであるが、現場での打込みとなっており、データ数が少ないうちはインプットミスはない。今後複雑化する上でデータ量の増加が予想される。特に大型機械でのインプットミスは大きな損失につながるため、データの供給は技術者の作業として責任を持つ体制作りが必要である。さらに、NCデータの入出力の信頼性向上を図るため、NCテープなどの媒体を検討し、現場でのインプットは避けられたい。EPROM等も可能であるが、技術者が準備する必要がある上、繰り返しのセッティングによる信頼性低下も予想されるので、NCテープの方が使い易いと思われる。ただし、NCデータを作成するという新しい技術が必要となる上、台数が増えるとデータの供給体制に必ずや問題が発生する。早めに自動プログラ

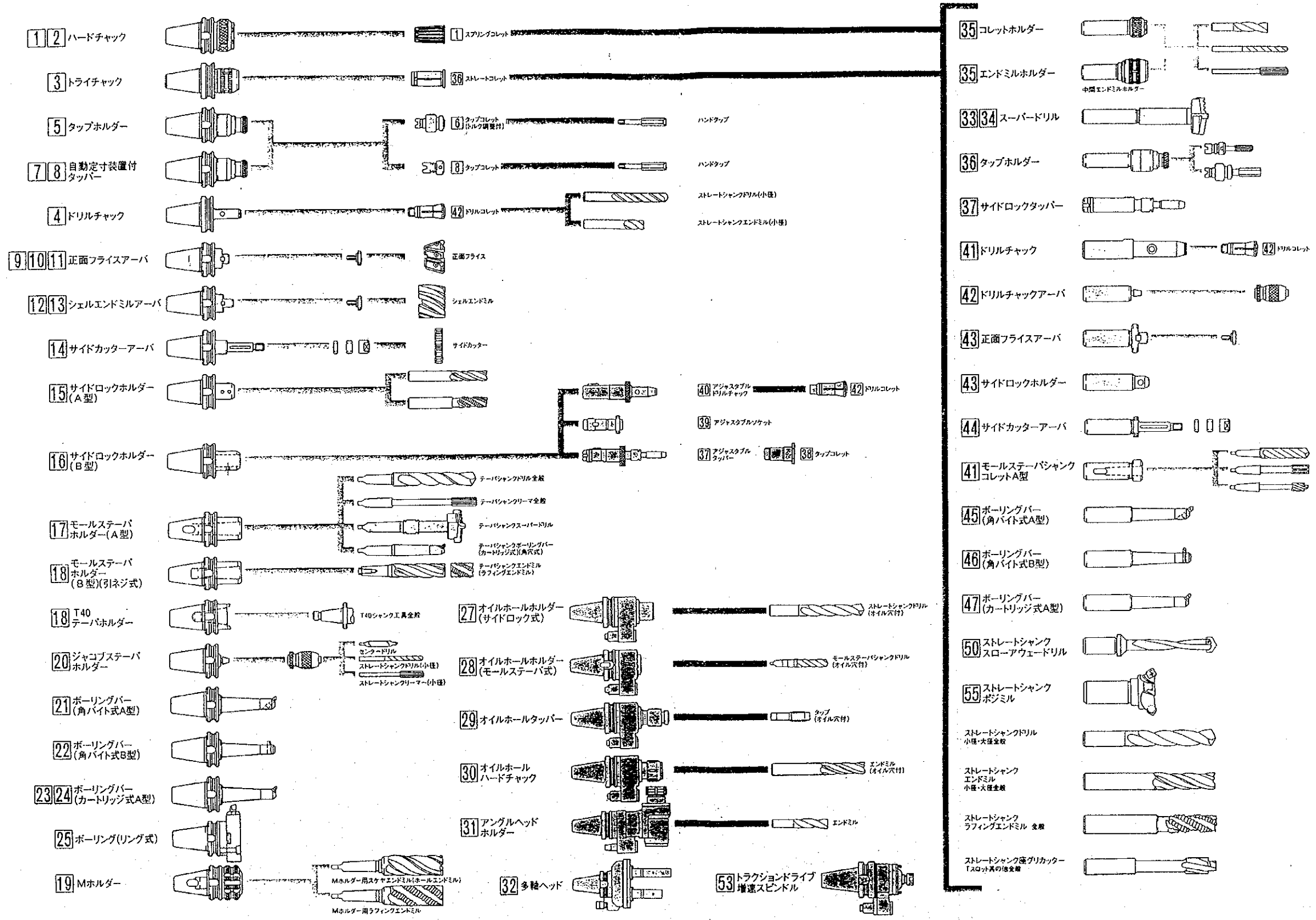
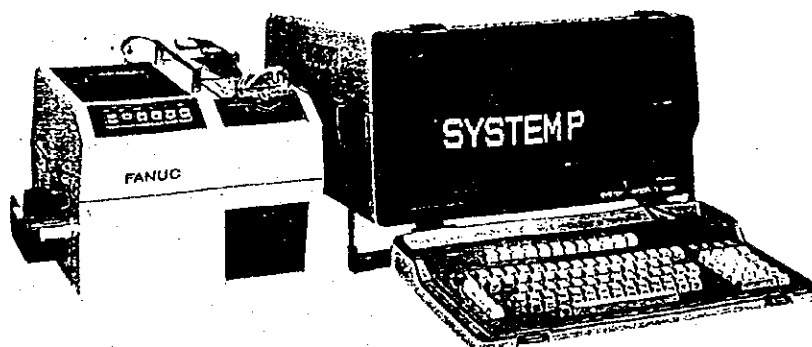


図 6-2-14 スローアウェイチップを中心としたツーリング体系の例

ミングシステムの導入と、データチェックシステム（プロッターチェック、または画面チェックなど）の検討を実施願いたい。

推奨するNC自動プログラミングシステムを図6-2-15に示す。



(a) 機器構成

旋削用	フライス加工及び穴開け加工用
<p>主軸及び端面方向の領域加工の指定ができる。この領域に対して、仕上げ取代補正、刃先半径補正、素材形状に対する工具干渉の安全量補正などを行い、ねじ切りや溝切りの指定もできる。また、刻々変化する加工形状を表示する事により、削り残しチェックや、チャック、テールストックとの干渉チェックを、容易に行える。工具軌跡と加工形状は、別々に表示したり傘ね合せて表示する事ができる。</p>	<p>位置決めから輪郭制御まで、穴あけ加工、フライス加工のための自動プログラミングシステムである。斜平面、円筒、円錐、球、また、その組み合わせからなる3次元形状が処理できる。さらに、輪郭形状を入力するだけで、その内側を削りとってしまうポケット加工機能もある。</p> <p>工具動作を視覚的に確認する機能として立体図、1面図、2面図、3面図表示が、用意されている。</p>

(b) ソフトウェアの機能

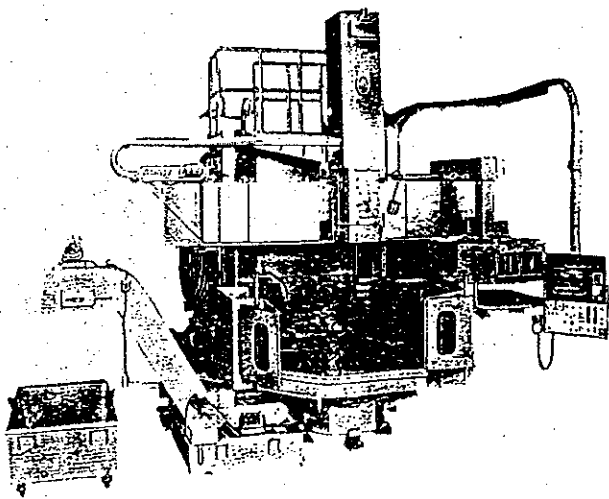
図6-2-15 NC自動プログラミングシステム (FANUC)

4) 大型立旋盤の導入

設備の稼働率から考えると全体的には余裕があるが、大型立旋盤のみがフル稼働状態となっている。ポンプ製品を生産する上では、ケーシング加工に立旋盤は欠かせな

い機械なので、是非とも増強願いたい。できれば、精度向上と作業の容易化を図るため、NC装置の付加を検討されたい。最低限、現在位置表示器の付加が必要である。

推奨する大型立旋盤の外観および仕様を図6-2-16に示す。



区分	項目	単位	値
加工能力	テーブル直径	mm	2,500
	最大旋削外径	mm	2,800
	最大スイング	mm	3,000
	最大旋削高さ(タレット)	mm	2,215(1,705)
	最大加工物質量	kg	20,000
	最大回転力	N·m(kgf·m)	35,000(3,500)
	最大切削力	N(kgf)	25,000(2,500)
刃物台	タレットヘッド上下移動量	mm	1,000
	タレットヘッド左右有効移動量	mm	1,750
	タレットヘッド工具取付穴径	mm	70
	取付得るバイトの大きさ	mm	32×32
	ラムヘッド上下移動量	mm	1,250
	ラムヘッド左右移動量	mm	2,100
	ラム断面寸法	mm	210
	取付得るバイトの大きさ	mm	32×32
	ATC収納本数	本	12
送り	早送り速度	mm/min	10,000
	送り(1回転当り)	mm	0.01~500
タレット	クロススレール下面からテーブル上面までの最大距離	mm	2,450
	クロススレール前後移動量	mm	1,400
	クロススレール前後移動速度	mm/min	200(8)
	クロススレール回転速度	mm/min	300(50) / 350(60)
	テーブル回転速度	step	2×無段
	テーブル回転寸法	mm	1,160
電動機	主電動機(AC)	kw	DC45/55
	クロススレール昇降用	kw×P	7.5×4
	X・Z軸送り用(ACサーボモータ)	kw	3.3
	油圧ポンプ用(タレット)	kw×P	3.7×4
	速変潤滑ポンプ用	kw×P	0.75×4
機大 寸の さ	最大高さ(タレット)	mm	6,450
	所要床面積(幅×奥行)(タレット)	mm	6,850×5,350
	質量	kg	28,000

図6-2-16 大型立旋盤の外観と仕様

6-2-7 組立工程

1) 基本的考え方

工業用ポンプの生産計画1997年1,500台、2000年2,710台に対する組立工数および所要人員を表6-2-13に示す。

表6-2-13 工業用ポンプの生産計画および組立工数・所要人員

項目	1994年	1997年	2000年
生産台数(台)	563	1,500	2,710
総組立工数(時間)	8,535	24,966	48,255
必要人員(人)	5人	13人	25人

(注) 1人当り年間の作業時間 = $8\text{H} \times 288 \text{日} / \text{年} \times 0.85 = 1,958.4\text{H} / \text{年}$

現状は、部品の遅れなどにより組立作業が月末に集中することもあり、比較的多くの組立人員を配置しているが、作業が平準化されれば、組立作業は相当少ない人員で可能である。組立用専用設備としては、ベアリング圧入用プレス以外はほとんどないが、今後の生産計画達成に必要な組立人員は、それほど多くない。

一方、組立作業の現状は、ケーシング内の水通路についての切粉も洗浄されずに組立に入るなど、異物管理の概念がなく、高性能の工業用ポンプメーカーを目指す工場としては問題である。

このため、組立工程では、製品の品質確保に重点を置いて改善案を提案する。

2) 異物管理の徹底

(1) 部品洗浄装置の導入

組立前の部品洗浄は非常に重要である。本来は、各加工工程の終了時点で必ず実施するようにすべきである。

例えば、わずかな鉄分(機械加工の切粉、鋳物表面の剥離など)が付着したまま組み立ててしまうと、運転中にベアリングの隙間でカサリを発生する。したがって、十分な洗浄を実施しておくことが必要である。

また、製品の錆は、商品価値を低下させてしまうし、手入れには余分な人手を必要とする。

このため、洗浄時に洗浄水の中に防錆油を添加して、防錆効果を持たせるのが一般的である。

洗浄装置の外観図を図6-2-17に示す。洗浄装置はバーナー等によって、水温が50~60℃に昇温されている。水流の噴射は左右上下から行われ、鉄粉のコビレを落とすのに十分な水量を持っている。汚れた洗浄液は、一旦フィルターを通じて常にきれいにされている。

洗浄水に防錆材を添加し、洗浄後に早く乾燥させる。その後の表面は保護膜によって防錆効果が保たれる。

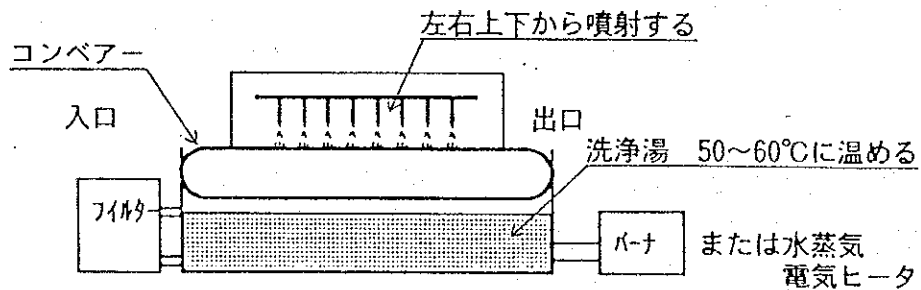


図6-2-17 洗浄装置外観図

防錆油についてのJIS規格を表6-2-14に示す。

(2) エアラインの導入

部品洗浄装置により組立前に部品洗浄しても、組付け段階までにゴミや塵が付着する可能性がある。このため、組付け前にエアによりこれらを吹き飛ばし、異物除去を徹底する必要がある。特に、接合面については入念に異物を除去し、組立後の水圧確保に留意する必要がある。このため、組立場にエアラインの導入を推奨する。

表 6-2-14 防錆油の日本のJIS規格

防 錆 油

(ダイヤモンドPAシリーズ)

我國の腐食損失額は2兆5,000億円あるいはその数倍ともいわれ、省資源の観点からもその対策は重要な課題である。それ故さび止め油の果す役割は今後増々重要なものになると考えられる。

1. JIS さび止め油の種類と組成・用途・MIL規格との関係

種類	膜の性質	組成の概要	用途	米軍規格	三菱石油品
指紋除去	薄い油膜	有機溶剤にサビ止め剤を加え水和剤により水、アルコールを可溶化したもの。	機械及び機械部品等に付着した指紋の除去とさび止め。	MIL-C-15704C	PA-F
溶剤希釈型	硬質膜	アスファルト、樹脂、ワックス、ベト	非精密品の屋内及び屋外貯蔵時のさび止め、上包みが必要としないことが多い。	P-1 MIL-C-16173D Gr.1	PA-1
1種	硬質膜	ロラタム、羊毛脂、潤滑油等の不揮発性材料にサビ止め剤を加え有機溶剤で希釈分散させ液状にしたもの。	容易な除去が望まれる屋内貯蔵品のさび止め。通常上包みが必要とする。	P-2 MIL-C-16173D Gr.3	-
2種	軟質膜	水性分散剤	水を置換し、屋内でのさび止め。工程間の一時さび止めにも用いる。	P-3 MIL-C-16173D Gr.3	PA-3, (303.306) (308.50. KD-40)
3種	軟質膜	透明、非粘性、硬質膜	屋内および屋外貯蔵時のさび止め。上包みが必要としないことが多い。	P-19 MIL-C-16173D Gr.4	PA-19
4種	軟質膜	ベト	複雑な構造の高度仕上げ面の長期貯蔵時のさび止め。上包みが必要とする。	P-6 MIL-C-11796B Cl.3	PA-6
ベト	軟質膜	ベト	複雑な構造の高度仕上げ面の長期貯蔵時のさび止め。上包みが必要とする。	-	-
1種	中質膜	ベト	複雑な構造の高度仕上げ面の長期貯蔵時のさび止め。上包みが必要とする。	-	-
2種	中質膜	ベト	複雑な構造の高度仕上げ面の長期貯蔵時のさび止め。上包みが必要とする。	-	-
3種	硬質膜	ベト	複雑な構造の高度仕上げ面の長期貯蔵時のさび止め。上包みが必要とする。	-	-
1号	特軽質粘度	油	油で潤滑される金属製品及び積層鋼板等金属素材のさび止め。上包みが必要とする。	P-9 VV-L-800	(PA-90)
2号	軽質粘度	油	油で潤滑される金属製品及び積層鋼板等金属素材のさび止め。上包みが必要とする。	-	-
3号	中質粘度	油	油で潤滑される金属製品及び積層鋼板等金属素材のさび止め。上包みが必要とする。	P-7 MIL-L-3150	-
1種	軽質粘度	油	油で潤滑される金属製品及び積層鋼板等金属素材のさび止め。上包みが必要とする。	P-10 MIL-L-21260B	-
2号	中質粘度	油	油で潤滑される金属製品及び積層鋼板等金属素材のさび止め。上包みが必要とする。	Type I Gr.10, 30, 50	PA-10
3号	重質粘度	油	油で潤滑される金属製品及び積層鋼板等金属素材のさび止め。上包みが必要とする。	Type II Gr.10, 30	-
1号	軽質粘度	油	油で潤滑される金属製品及び積層鋼板等金属素材のさび止め。上包みが必要とする。	P-20 MIL-L-46002	-
2号	中質粘度	油	油で潤滑される金属製品及び積層鋼板等金属素材のさび止め。上包みが必要とする。	-	-

3) 動バランス装置の導入

マルチステージポンプ高圧化のための回転数アップのためには、羽根車の動バランス調整が不可欠である。現在は部品単体のバランス試験しか行っていないが、高圧マルチステージポンプでは、各段の羽根組付け毎に動バランス調整をしながら製品を完成しないと、製品が完成した最終段階では動バランスの調整は困難である。

回転機械メーカーとして早急に動的バランサーを導入し、動バランス作業のノウハウを習得願いたい。

推奨する動バランサーの外観と仕様を図6-2-18および表6-2-15に示す。

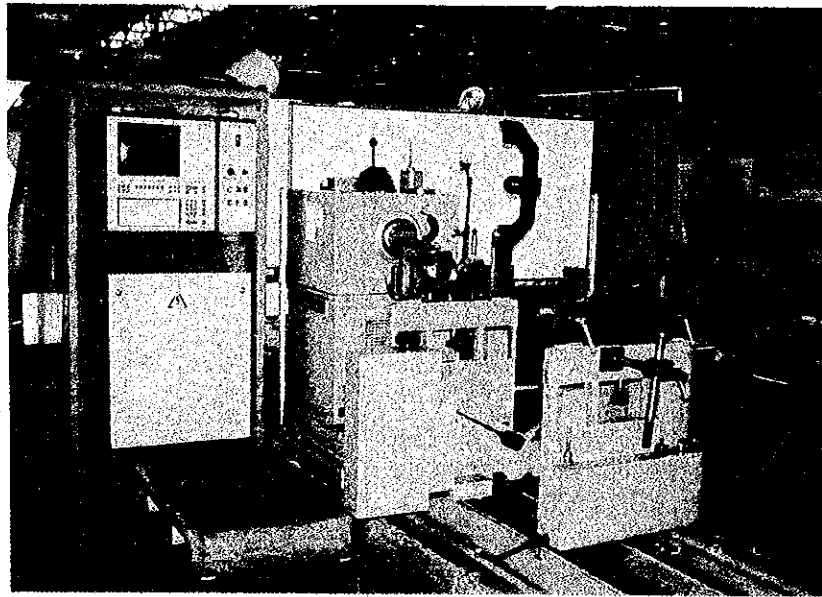


図6-2-18 動バランサーの外観

なお、現状の羽根車のままでは、動バランス調整のための削除量が多すぎて、肉厚不足になる可能性が大である。このため、本装置導入までに、羽根車の精鑄化による高精度化、または設計図面段階で、バランス調整のための除去場所を考慮しておく必要がある。

表 6-2-15 動バランサーの仕様

ローラ軸受の場合	最大重量	kg	750
	左右等荷重の場合の過負荷重量	kg	1000
スリーブ軸受の場合	最大重量	kg	1000
	左右等荷重の場合の過負荷重量	kg	1250
ロータの最大直径 (ベット上)		mm	1600
ロータの軸径範囲 (ロータ軸受)		mm	12-100
	特別な要求の場合	mm	100-200
スリーブ軸受の最大軸径		約mm	180
最大感度 (1修正面につき)		gmm	2.5
駆動方式の選択	N	N/1 1速	○
(駆動方式の記号はマシンサイズの後に付加される。)		N/3 3速	
例: H I B…マシンサイズ H 1 に	U		○
ベルト駆動を採用)	V		○
	B		○
カップリングフランジ端面から			
右架台中心までの最大距離		約mm	2000
両架台中心間最小距離		mm	70
標準駆動用電動機		kW	3.7
標準駆動回転数	N/1 (1速)	r.p.m.	50Hz 580
			60Hz 695
	N/3 (3速)	r.p.m.	50Hz
			60Hz
	U	r.p.m.	50Hz 225/450/765/1270
			60Hz 270/540/920/1525
	V	r.p.m.	50Hz 180/345/585/970
			60Hz 210/415/700/1160

4) 水圧試験の実施

大型ポンプ (水中ポンプ、循環ポンプ) は現在水圧試験を実施していないが、これら製品の高压化は今後必須であるので、水圧試験用の治具類を整備し、水圧試験を実施すべきである。

水圧試験用に整備した治工具類の例を図 6-2-19 に示す。

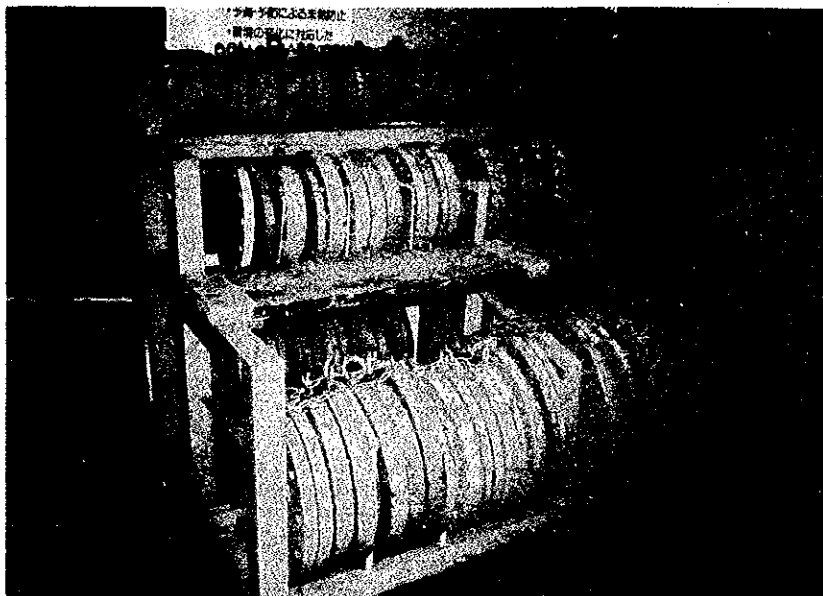


図6-2-19 水圧試験用治工具類の例

5) 組立場の専有化

現在は、組立場の適当な場所で随時組立を実施しているために、治具などは皆無である。やはり組立場をある程度固定化し、組立治具や壁クレーンの設置などにより組立作業の効率化を図るべきである。

組立場の専有設備の例を図6-2-20に示す。

6-2-8 塗装工程

1) 基本的考え方

塗装工程といっても、当工場では組立作業上の一区で、油性塗料を用いた簡易塗装を行っているだけである。したがって、塗料管理、膜厚管理などはほとんど実施されていないのみでなく、塗装作業に一番重要な下地処理が、ガソリンによる洗浄とペーパーやすりによる若干の錆落としのみで、塗装品質はかなり悪いと言わざるを得ない状況である。

また、耐食性や耐磨耗性向上のために、新塗料が研究開発されているが、当工場で

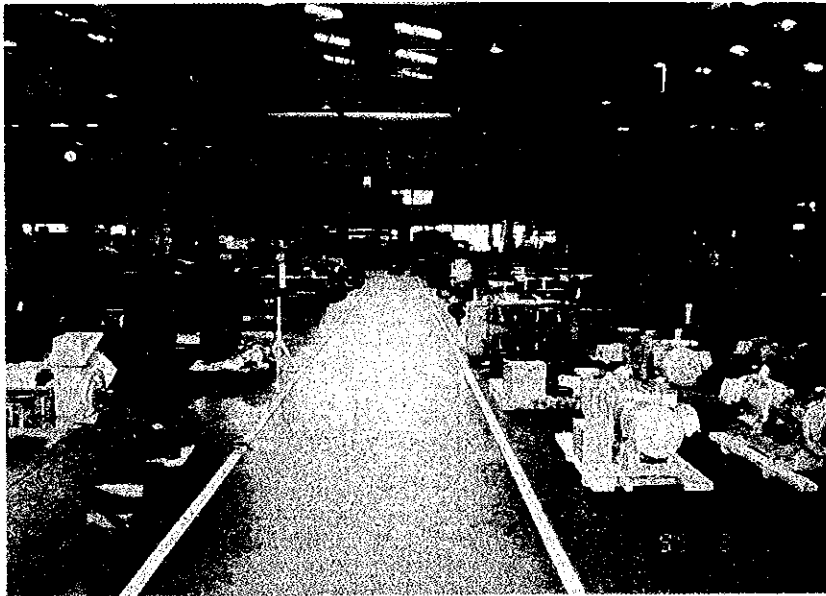


図 6 - 2 - 20 組立場の専有設備の例

はこれらについての関心も少なく、研究もされていない。

このため、塗装工程では現状の塗装品質の向上策を提案し、合せてポンプメーカーとして知っておくべき新塗料の状況について紹介する。

2) 塗装管理の実施

(1) 下地処理

前述の組立前に防錆油を添加して、部品を洗浄すれば、1ヶ月位の防錆効果は期待できるが、塗装前に錆がある部品については錆落としが出来るように、ブラスト処置装置の設置を推奨する。

各種の下地処理方法と特長を表 6 - 2 - 16 に示す。

防食塗装の耐久性に及ぼす下地処理程度の影響は非常に大きく、特に、シンクリッチペイントや各種合成樹脂系塗料など、重防食塗装系においては、高度の下地処理が必須の条件となる。この場合はブラスト法がとくに望ましい。

下地処理の程度と塗料の適応性を表 6 - 2 - 17 に示す。いかなる塗料でも、下地処理程度が高いほど効果が得られることは当然である。

表6-2-16 下地処理の方法とその長所短所

方法		長所	短所	対策
サンドブラスト	乾式	ミルスケール、赤さびが完全にとれる。 複雑な形状のものでも処理できる。	砂、塵、ほこりの飛散が著しい。	周辺のものにカバーをする。
ウォータージェットブラスト	湿式	ミルスケール、赤さびが完全にとれる。 複雑な形状のものでも処理できる。 砂、ほこりの飛散がない。	水を使うので、赤さびが出やすい。 乾式より能率が悪い。	水の中に防錆剤を混入する。
グリットブラスト		ミルスケール、赤さび、汚れが完全にとれる。 サンドブラストよりじんあいによる衛生上の問題が少ない。	設備費が高い。 サンドほどではないがグリットの飛散が多く騒音が大。	周辺のものにカバーをする。
ショットブラスト		ミルスケール、赤さび、汚れが完全にとれる。 サンドより衛生的である。	板・型鋼以外は処理できない。 設備費が高い。	一部手打ちをする。 一時防錆をする。
ディスクサンダー		安易に利用できる。 能率も比較的良い。	複雑な形状では使いにくい。 ミルスケールの除去が難しい。	他の工具を併用する。
ワイヤブラシ (パワーブラシ)		平らでない面を手軽に掃除できる。	さび落としが完全にできない。 ミルスケールは落ちにくい。	応急的、または小部分の補修に用いる(ディスクサンダーと併用)。
スクレーパー		固くないさびや汚れを手軽に掃除できる。	平らでない面には有効でない。 大面積の施工は困難。	同上
ハンマー		極めて固いさび、旧塗膜などの除去に適する。	大面積の施工は困難。	同上
酸洗い		ミルスケール、さびが完全に除去できる。	処理後素地を中和する必要がある。 巨大なものは処理できない。	ウオッシュプライマーを塗り一時防錆を行う。

表6-2-17 下地処理の程度と塗料の適応性

乾燥性	膜厚(μ)	代表例	防錆性	不完全に除錆された面
きわめて速い	約20	ジンクリッチプライマー、エッチングプライマー	○	×
	約30	塩化ゴム系塗料、溶剤型ビニル樹脂塗料	◎	
	約70	ジンクリッチペイント(厚膜型)	◎	
比較的速い	約30	JISさび止め2種などの樹脂、油混成型	○	○
	30~70	エポキシ樹脂系塗料	◎	×
遅い	約35	JISさび止め1種などの油性系塗料	◎	○
	約100	タールエポキシ樹脂塗料	◎	△

注) ◎優、○良、△可、×不良

上表はあくまで目安を示したものであり、実際の被塗面の状態、塗装条件、腐食環境などを考慮して選択しなければならない。

(2) 塗料の調整

塗装前には塗料の十分な調整が必要である。ポイントは以下の通りである。

① 攪拌

② 希釈度および粘度管理

③ 2液性塗料の場合

- ・ 混合比を守る。
- ・ 可使用時間内に使用する。
- ・ 使用前にはよく攪拌する。
- ・ 規定の熟成時間をとる。

(3) 塗膜厚、塗装回数、塗布量

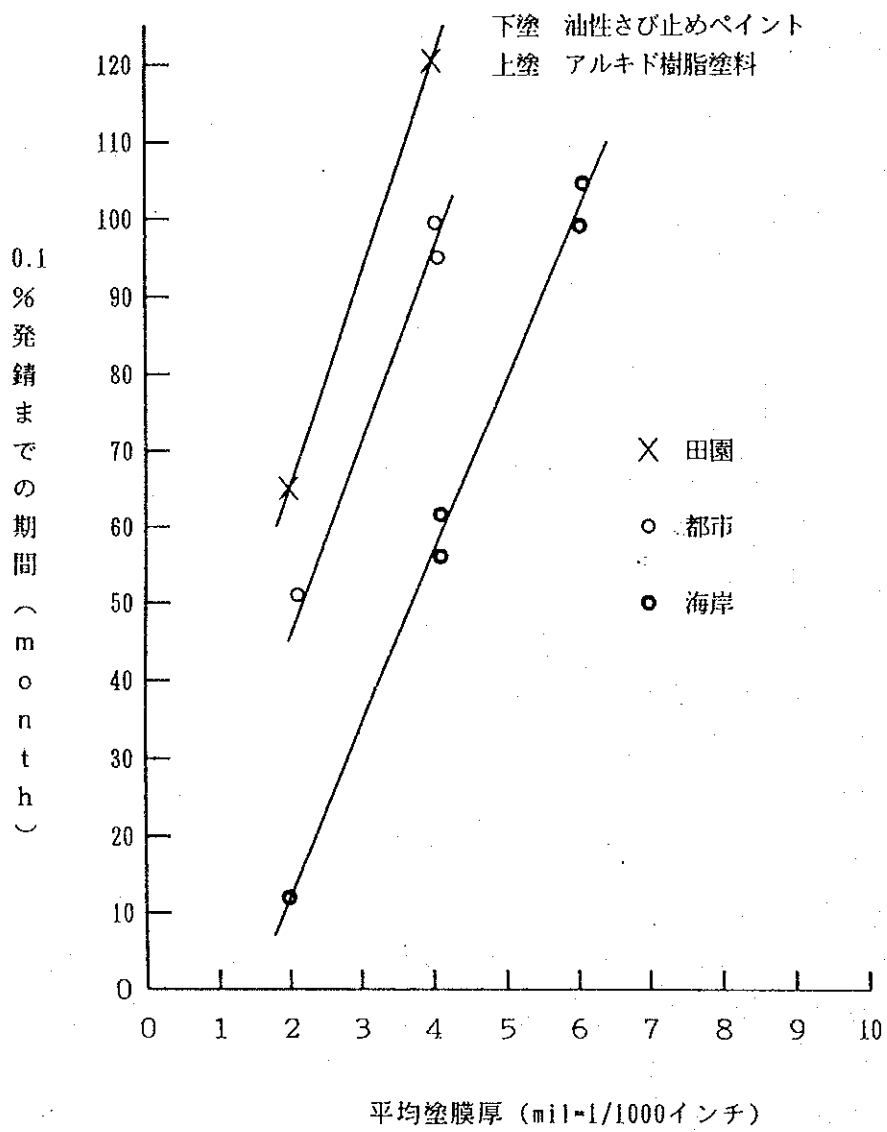
一般に塗膜の保護能力、耐久性は、膜厚が大きくなるほど増加する。例えば図6-2-21はアメリカにおける暴露試験結果の一部であって、耐久性が膜厚とともに増すことが明らかに認められている。したがって、所定の膜厚を確保することがきわめて重要である。

(4) 塗装後の塗膜検査

正常に塗装が行われ、健全な塗膜が形成されているか、塗装工程の途中の場合は、次の工程に移り得るかなどの管理の目的で、塗装後、塗膜検査を行う必要がある。この場合の主なチェックポイント、および測定器を表6-2-18、表6-2-19に示す。

3) 新塗料技術の紹介

今後の工業用ポンプでも、特に火力・原子力発電所向け循環ポンプでは、海水系のために耐食性が要求される。このため当工場では、ステンレス鋼の利用を考えているとのことであるが、このような高級材料で製作すると非常に高価なものになってしまう。このため、日本のメーカーでは、ケーシング類は普通鉄または球状黒鉛鉄で製作し、タールエボなどの防食塗装により耐食性を確保するのが一般的である。当工場も設計および材料研究所を中心に、塗料選定および作業要領の確立を進めてほしい。



(J.D.Kean, W.Wettach, W. Bosch: I Paint Technol. 41, 372 (1969))

図 6 - 2 - 21 防錆塗装の塗膜厚と耐久性

表 6 - 2 - 18 塗膜検査のチェックポイント

塗膜状態	ドライスプレー、かすれ、だれ、塗り残しなどはないか。
損傷部の処置	サンダーにより処理後十分に補修塗りされているか。
焼け跡の処置	塗膜の変色部までサンダーにて除去され十分に補修塗りされているか。
膜厚検査	検査手順を順守しているか。
ピンホール検査	検査手順を順守しているか。
手直し箇所処置	指定された箇所を十分に補修塗りされているか。

表 6 - 2 - 19 塗膜厚測定器一覧表

測定方法	計器	測定手段	適用する塗装系
破壊測定	マイクロメーター式	ダイヤルマイクロメーター (ASTM D 1005)	剥離した塗膜を直接測定する。 硬い被塗面 硬い塗膜
	顕微鏡式	接眼マイクロメーターまたは移動測微計つき顕微鏡	切断面から直接測定する。 塗膜切断面の調整が可能 なこと。
	針入式	ニードルマイクロメーター (ASTM D 1400B)	針の移動距離を測定する。 金属上の非金属(非電導性)膜
	その他	スクラッチ テスター 天びん	
非破壊測定	マイクロメーター式	マイクロメーター ダイヤルマイクロメーター	塗装前後の厚さの差を 読む。 硬い被塗面 硬い塗膜
	磁気式	マグネゲージ・エドメーター ・電磁微厚計	磁性材料が検出器に近づくときの引力または磁力線の変化を検出。 鉄または鋼に塗装した 非磁性塗膜
	インダクタンス式	フィルメーター (ASTM D 1400A)	導体が検出器に近づくときのインダクタンスの変化を検出する。 非鉄金属(非磁性)上の 非金属性塗膜
	ベーター線厚さ計	透過形厚さ計	透過ベーター線の強度を測定する。
散乱形厚さ計		放射熱の後方散乱強度を測定。	被塗面と塗料の原子番号が異なること。

その際、膜厚計などの検査設備の導入も併せて検討すべきである。

以下には日本における海水系の循環ポンプにおける接水部の防食・防汚のための塗装要領の例を紹介する。

(1) 塗装施工範囲

図6-2-22に塗装施工範囲明示図を示す。

①表面仕上塗装……吐出しエルボ外面、モータ架構、点検架台、パッキン箱

②防食および防汚塗装

FCHD部 ……吐出しエルボ内面、揚水管、吸込みベル

ステンレス部……吐出しボウル（外面）、吸込みライナー外面、上部軸受箱（接水部）

③防食塗装のみ

FCHD部 ……吐出しエルボ 吐出し側フランジ合せ面

ステンレス部……吐出しボウル内面（但し、施行可能範囲のみ）

④防錆塗装 ……サーボシリンダー

⑤無塗装 ……ランナコーン、ランナボス、ランナベーン、主軸、軸保護管、吸込みライナー内面

(2) 塗装仕様

①表面仕上塗装

・仕上塗装色 ……マンセル 1.0PB 7.0/4.6

・塗料メーカー……中国塗料㈱

・塗装仕様 ……後述「表面仕上塗装仕様」参照

②防食、防汚塗装

塗料メーカー：中国塗料㈱

（注）塗装方法は刷毛塗りの条件である。

(A) FCHD部

工程	作業	品名	標準塗付量 (g/m ² /回)	標準膜厚 (μ/回)	塗装回数	塗装間隔 (20℃)	施行区分
1	下地処理	錆、ミルスケールをショットブラストまたはサンドブラストにて除去する。処理程度は1種ケレン(SIS Sa 2.5)とする。 ついで、じんあいを完全に清掃した後すみやかに次の工程に移る。					工場
2	下塗	ビスコン AC-HB	155	50	4	14時間～5日	
3	下塗	ビスコン AC-HB	155	50	4	14時間～5日	
4	プライマーコート	シルバックSQ-BC	234	40	1	8時間～1年	
5	プライマーコート	ビニルAC-HB プライマー	408	50	1	4時間～30日	
6	上塗	ハイカリツ(防汚塗装)	215	75	1	5時間～7日	
7	上塗	ハイカリツ(防汚塗装)	215	75	1	6時間以上 (接水まで)	

(B) ステンレス部

工程	作業	品名	標準塗付量 (g/m ² /回)	標準膜厚 (μ/回)	塗装回数	塗装間隔 (20℃)	施行区分
1	下地処理	鋼板面の付着物をディスクサンダー、ワイヤブラシなどで完全に除去し塵埃、油脂などをシンナーで入念に除去、清掃する。					工場
2	下塗	エピコンS100プライマー	160	30	1	8時間～7日	
3	下塗	エピコンHB-AL	160	50	2	10時間～7日	
4	プライマーコート	エピコンB-ALプライマー	160	50	1	10時間～7日	
5	上塗	ハイカリツ(防汚塗装)	215	75	1	5時間～7日	
6	上塗	ハイカリツ(防汚塗装)	215	75	1	6時間以上 (接水まで)	

③ 防食塗装のみ

(A) FCHD部 ……吐出しエルボ 吐出し側フランジ合せ面

前項の(A)工程2 FCHD部防食塗料(ビスコンAC-HB)
を約100μ塗布する。

(B) ステンレス部 ……吐出しボウル内面

前項の(B)工程1～3を施工する。

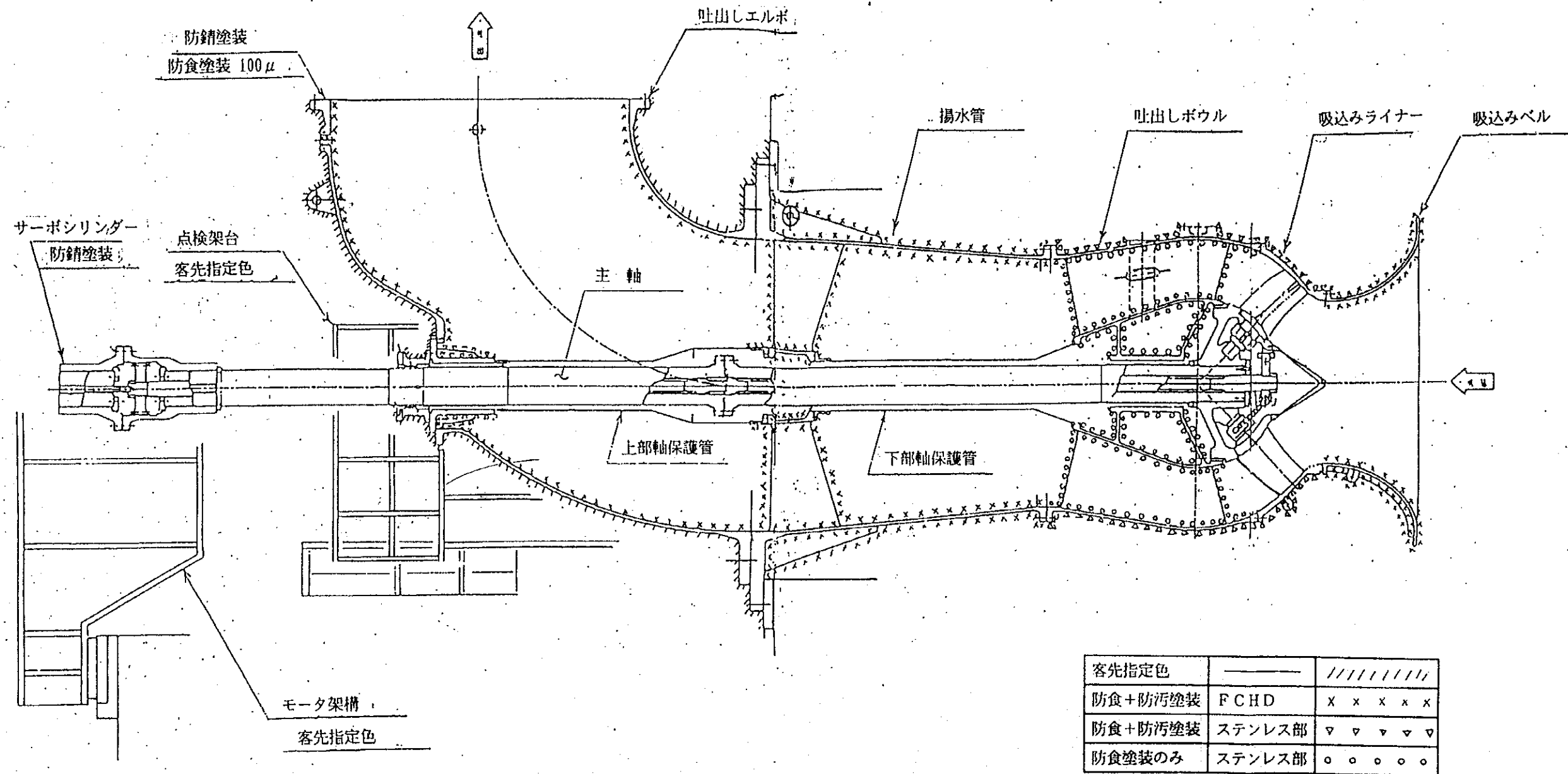


図 6 - 2 - 22 塗装施工範囲明示図

④防錆塗装

塗料メーカー：中国塗料㈱

(注) 塗装方法は刷毛塗りの条件である。

工程	作業	品名	標準塗量 (g/m ² /回)	標準膜厚 (μ/回)	塗装 回数	塗装間隔 (20℃)	施行 区分
1	下地処理	被塗面の油脂類、ゴミなどを除去し、表面清掃する。錆が発生している場合ディスクサンダー等により入念にケレンする。 (SSPC-SP-3-63)					現地
2	下塗	鉛丹ツクノトプライマー	147	35	2	16時間～90日	
3	中塗	エバマリンBR中塗	91	30	1	24時間～30日	
4	上塗	エバマリンBR中塗	84	25	1	24時間～	

(3) 表面仕上塗装仕様

①吐出しエルボ、パッキン箱、上部軸受箱の露出外面部

エポキシ外面塗装（外面露出部およびコンクリート貫通部）膜厚300μ
以上

下地処理 錆、ミルスケールはブラストにより除去
(程度：near white)

プライマー シンクリッチプライマー（グレー）20μ×1回塗

下塗 ノンリード型タールエポキシ（グレー）200μ×1回塗

上塗 エポキシ塗料（指定色）40μ×2回塗

②モータ架台、点検架台

工程	作業	商品名	塗回数 (回)	塗膜 (μ /回)	施工 区分
1	下地処理	ミルスケール、錆を完全に除去する。 (ショットブラスト、サンドブラスト方法)			工場
2	下塗	エピコンマリン HB-CL	1	60	
3	下塗	ラバックスNo500 プライマー-SR	1	40	
4	下地調整	ワイヤブラシ等にて、浮き錆等を除去する。			現地
5	中塗	ラバックス No500 中塗	1	30	
6	上塗	ラバックス No500 中塗	1	30	

6-2-9 検査工程

1) 基本的考え方

本工程では、製造プロセスにおける部品検査の在り方と、製品の試験を重点に検討する。

中国における工業用ポンプの現状は、製品寿命は1年程度のものであるという認識が一般的で、この程度の製品品質で顧客からも特に品質的な問題はクローズアップされていない様子である。このため、工場関係者も工業用ポンプの現状品質について特に問題意識を持っていない。しかし、今後は高性能、高品質が要求されることは明らかで、工業用ポンプメーカーとして当工場が成長していくためには、「品質は工程で造り込む」という考え方に立って、特に部品レベルでの品質確保に重点を置き、検査の在り方を変革すべきである。一方、工業用ポンプの生産計画1997年1,500台、2000年2,710台に対する製品試験および所要人員は、表6-2-20に示すとおりである。

表6-2-20 工業用ポンプ生産計画と製品試験工数・所要人員

	1994年	1997年	2000年
生産計画(台)	563	1,500	2,710
製品試験工数(時間)	11,272	30,840	59,400
必要人員(人)	6	16	31

(注) 1人辺り年間作業時間 = 8H/日 × 288日/年 × 0.85 = 1,958.4 H/年

今後の生産計画達成に必要な製品試験の所要人員は、それほど多くないが、計測データの読み取りはすべて人手で行っているため、試運転は短時間であるが4～5人作業となっている。このため、計測業務の効率化を図るべきである。工業用ポンプは、全台数をオープンループの水槽試験装置で試験しているが、今後増加が予定されているマルチステージポンプの次高圧ポンプは、高圧に耐える試験装置が無く、十分な試運転が行われていない。また、大型ポンプは、現在は模型試験が認められているものの、中国内の工業用ポンプメーカーには、すでに大型試験設備を備えているところもあり、この面の試験設備は十分とは言えない。

このため本工程においては、製造プロセスにおける検査の在り方と、製品試験に関する計測業務の効率化、試験設備の増強を重点に改造案を提案する。

2) 製造プロセスにおける検査の在り方

今後高性能化する製品の品質を確保するためには、各工程での品質基準を明確にして品質確認を行い、後工程には不良品を流さないことが基本である。特に部品加工終了段階では

- ・全部品 ……寸法検査
- ・ケーシング ……耐圧試験
- ・羽根車 ……バランス試験

を徹底し、部品レベルでの品質を確認することが重要である。

このような検査の在り方を織込んだポンプの製造プロセスを、図6-2-23に示す。

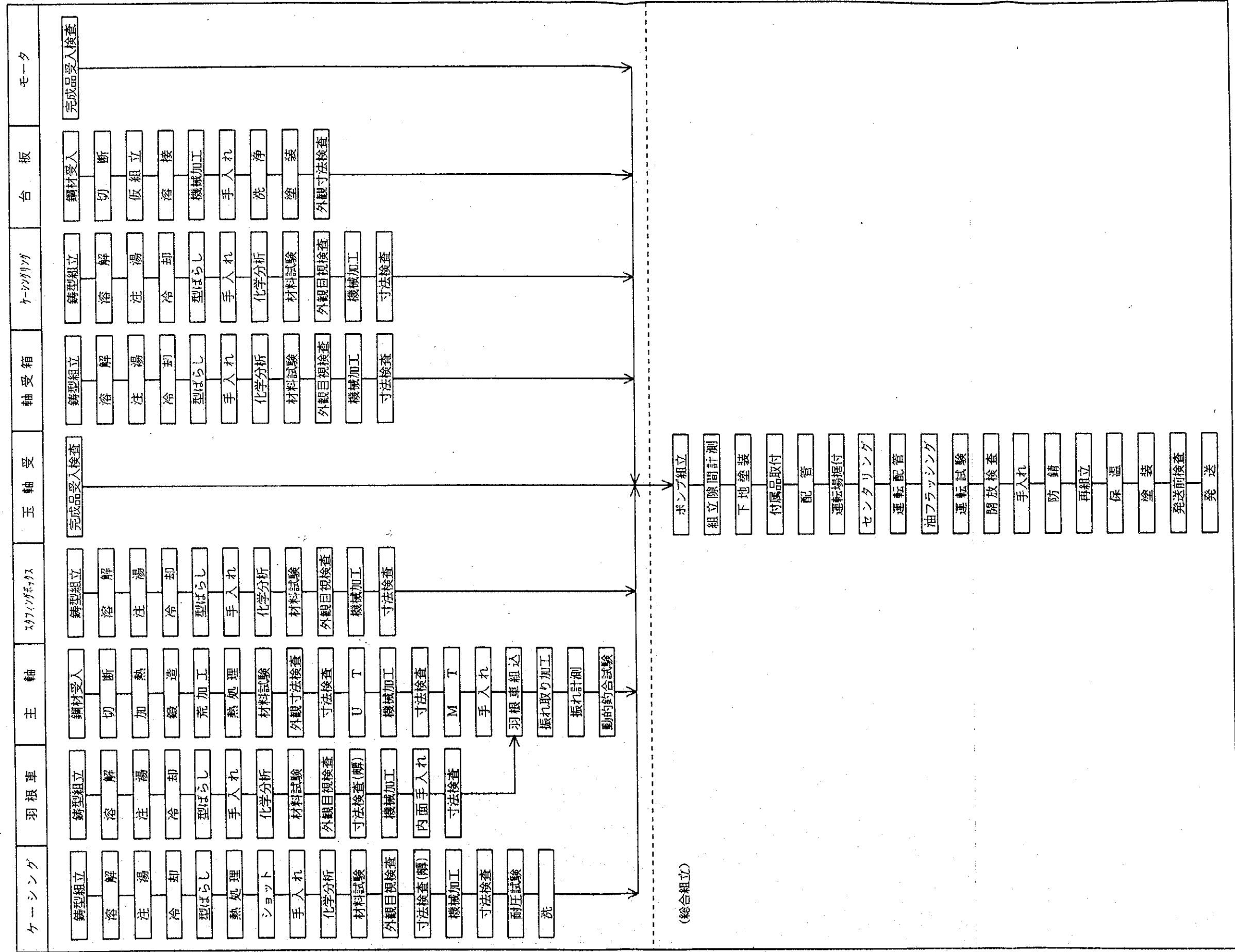


図6-2-23 ポンプの製造プロセス

なお、不良品や不合格品が発生した場合には、その原因を追及し、5M (Man, Machine, Method, Material および Measurement) にさかのぼって対策を講じ、再発を防止することは言うまでもないが、再発防止策については後述の「6-3 生産管理の近代化」で提案している。

3) 計測作業の効率化

ポンプの性能試験は、ポンプ吐出量を計測点に設定し、その点での吐出圧力、吸込水位、回転数と駆動電動機の諸数値を測定・算出することにより行う。このため現状では計測点毎に4～5人で関連メーターの読み取りを行っているが、パソコン仕様の計測システムを導入すれば、これらの作業は1人で実施することが可能となる。

パソコンによる計測システムの構成例および出力例を図6-2-24、図6-2-25に示す。

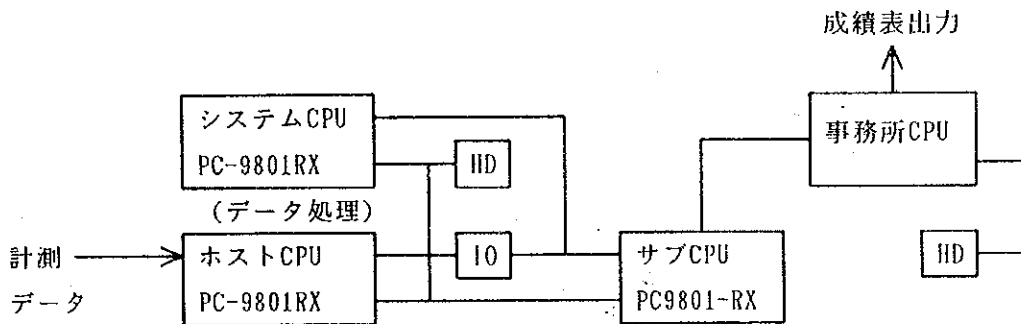


図6-2-24 パソコン計測システム構成例

4) 試験設備の増強

(1) 次高圧ポンプの試運転を可能とする試運転設備の改造

現在高圧に耐える試運転設備が無い状況であるので、当面は現在のオープンループ型試験装置を改造することを勧める。

改造のポイントは

- ・配管類を高圧用配管に取り替える
- ・高出力テストモータを導入する

の2点である。

次高圧ポンプで火力向給水ポンプを目指すためには、水圧が高圧であるだけでなく、運転時間経過と共に循環水が高温となるので、工場における試運転も使用環境条件下で行い性能を確認する必要がある。このため、将来は実温度による製品の信頼性試験ができるように、現有の閉ループ試験装置の改造を検討すべきである。

実温度の製品信頼性試験を可能とする試験装置に全体系統図、および全体組立図を図6-2-26、図6-2-27に示す。

工場試験成績表

御立会者名	担当主任 坂本
検査担当者	担当 津田、堀田

製作オーダー
試験日 1995年 7月 19日

御注文主	ポンプ名称	ポンプ機番
機器番号	ポンプ型式	モータ機番
ポンプノズル径 100 A	吸込径 150 A	MER 150X100G
吐出量 (Q) 120 l/h	全揚程 (H) 0.72Mpa (6.7 kg/cm ²)	回転数 (同期) 1800 rpm
揚液 給水	揚液温度 144.5 °C	NPSH ava/req 68 / 4.0 m
試験揚液 滑水	試験液温度 144.5 °C	軸動力 43 kW
モータ式 SF-LIII	出力 55 kW	電圧 440 V
周波数 60 Hz	極数 4 極	電流 88.0 A
流量計測方法 オリフィス	銘板回転数 1760 rpm	製造元 三菱電機㈱
	φ 100 / 248.8 mm	要領書番号 PS-00077

計測 No	回転数 rpm	水温度 °C	比重	吐出量 (Q) t/h	揚程 (H)			理論動力 kW	モータ			伝達効率 %	ポンプ軸動力 kW	ポンプ率 %			
					吐出圧 kg/cm ²	吸込圧 kg/cm ²	速度頭差 m		測点高差 m	全揚程 (Mpa) (kg/cm ²)	電圧 V				電流 A	入力 kW	効率 %
1	1766	145.0	0.921	150.4	17.22	10.08	1.22	0.58	7.31	32.43	452	78.07	52.56	92.9	48.83	48.83	56.4
2	1769	144.2	0.922	120.8	18.47	10.28	0.79	0.58	29.61	29.61	453	70.21	47.04	92.8	43.65	43.65	67.8
3	1775	144.4	0.922	90.37	19.37	10.37	0.44	0.58	24.20	24.20	453	61.48	40.50	92.7	37.54	37.54	64.5
4	1779	143.8	0.922	60.62	19.95	10.48	0.20	0.58	17.04	17.04	455	51.55	32.97	92.1	30.37	30.37	56.1
5	1784	136.9	0.929	19.54	20.22	10.57	0.02	0.58	9.71	5.55	461	39.58	23.13	89.5	20.70	20.70	26.8
6									7.32								
1	1766	144.5	0.922	150.5					29.61								
2	1769	144.5	0.922	120.8					29.61								
3	1775	144.5	0.922	90.37					24.20								
4	1779	144.5	0.922	60.62					17.04								
5	1784	144.5	0.922	19.39					9.71								
6																	
仕									7.32								
様									29.61								
換									24.20								
算									17.04								
値									9.71								

図 6-2-25 パソコン計測システム出力例 (その1)

ポンプ取績表 (工場試験)

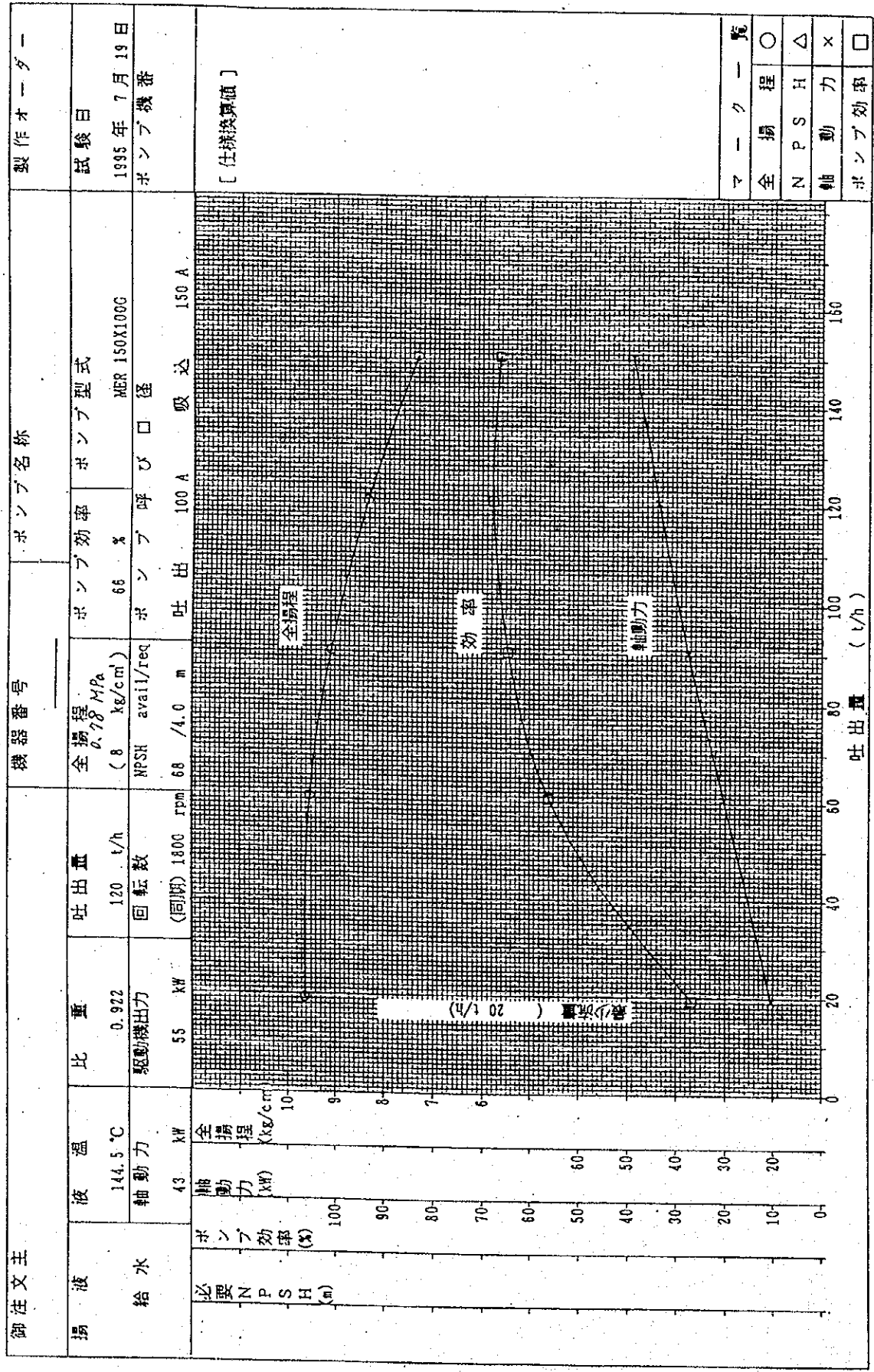
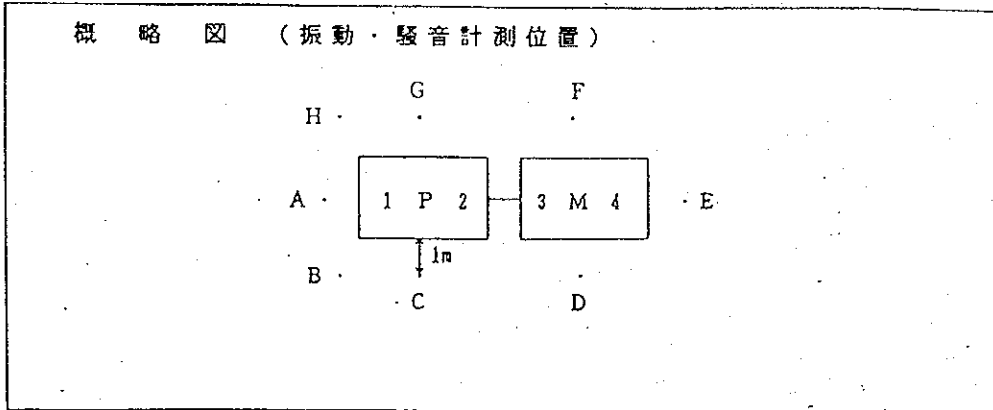


図 6-2-25 パソコン計測システム出力例 (その2)

ポンプ機番

モータ機番 EHMOM7V0401



振動・騒音計測値																																																																																																																																																																																																						
<p>計測機器</p> <p>振動計 IMV-VM-3324A</p> <p>単位: 1/1000mm 両振り</p> <p>目標値: 20 μp-p 許容値: 35 μp-p</p> <p>計測方向 V: 上下 H: 左右 A: 軸</p>	<p>騒音計 JEIC-1015</p> <p>単位: dB/A スケール 参考値</p> <p>停止条件 ミニマム状態にて停止</p> <p>ポンプ空転時間 2/秒</p>																																																																																																																																																																																																					
計測条件	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">1</th> <th colspan="3">2</th> <th colspan="3">3</th> <th colspan="3">4</th> <th colspan="3"></th> <th colspan="3"></th> </tr> <tr> <th>V</th> <th>H</th> <th>A</th> <th>V</th> <th>H</th> <th>A</th> <th>V</th> <th>H</th> <th>A</th> <th>V</th> <th>H</th> <th>A</th> <th>V</th> <th>H</th> <th>A</th> <th>V</th> <th>H</th> <th>A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>吐出量</td> <td>120.8</td> <td>t/h</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐液温度</td> <td>144.2</td> <td>°C</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐出量</td> <td>19.5</td> <td>t/h</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐液温度</td> <td>136.9</td> <td>°C</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐出量</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐液温度</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐出量</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐液温度</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		1			2			3			4									V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A	吐出量	120.8	t/h																		吐液温度	144.2	°C	2	2	3	3	3	2	3	2	5	6	3	7						吐出量	19.5	t/h																		吐液温度	136.9	°C	2	3	4	4	3	4	3	2	4	5	3	7						吐出量																				吐液温度																				吐出量																				吐液温度																			
	1			2			3			4																																																																																																																																																																																												
	V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A	V	H	A																																																																																																																																																																																				
吐出量	120.8	t/h																																																																																																																																																																																																				
吐液温度	144.2	°C	2	2	3	3	3	2	3	2	5	6	3	7																																																																																																																																																																																								
吐出量	19.5	t/h																																																																																																																																																																																																				
吐液温度	136.9	°C	2	3	4	4	3	4	3	2	4	5	3	7																																																																																																																																																																																								
吐出量																																																																																																																																																																																																						
吐液温度																																																																																																																																																																																																						
吐出量																																																																																																																																																																																																						
吐液温度																																																																																																																																																																																																						
計測条件	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>吐出量</td> <td>120.8</td> <td>t/h</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐液温度</td> <td>144.2</td> <td>°C</td> <td>82</td> <td>83</td> <td>86</td> <td>84</td> <td>84</td> <td>84</td> </tr> <tr> <td>吐出量</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐液温度</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐出量</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐液温度</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐出量</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>吐液温度</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>暗騒音</td> <td colspan="8" style="text-align: center;">66 dB/A スケール</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	E	F	G	H	吐出量	120.8	t/h							吐液温度	144.2	°C	82	83	86	84	84	84	吐出量									吐液温度									吐出量									吐液温度									吐出量									吐液温度									暗騒音	66 dB/A スケール																																																																																																																		
	A		B	C	D	E	F	G	H																																																																																																																																																																																													
	吐出量	120.8	t/h																																																																																																																																																																																																			
吐液温度	144.2	°C	82	83	86	84	84	84																																																																																																																																																																																														
吐出量																																																																																																																																																																																																						
吐液温度																																																																																																																																																																																																						
吐出量																																																																																																																																																																																																						
吐液温度																																																																																																																																																																																																						
吐出量																																																																																																																																																																																																						
吐液温度																																																																																																																																																																																																						
暗騒音	66 dB/A スケール																																																																																																																																																																																																					

図6-2-25 パソコン計測システム出力例 (その4)

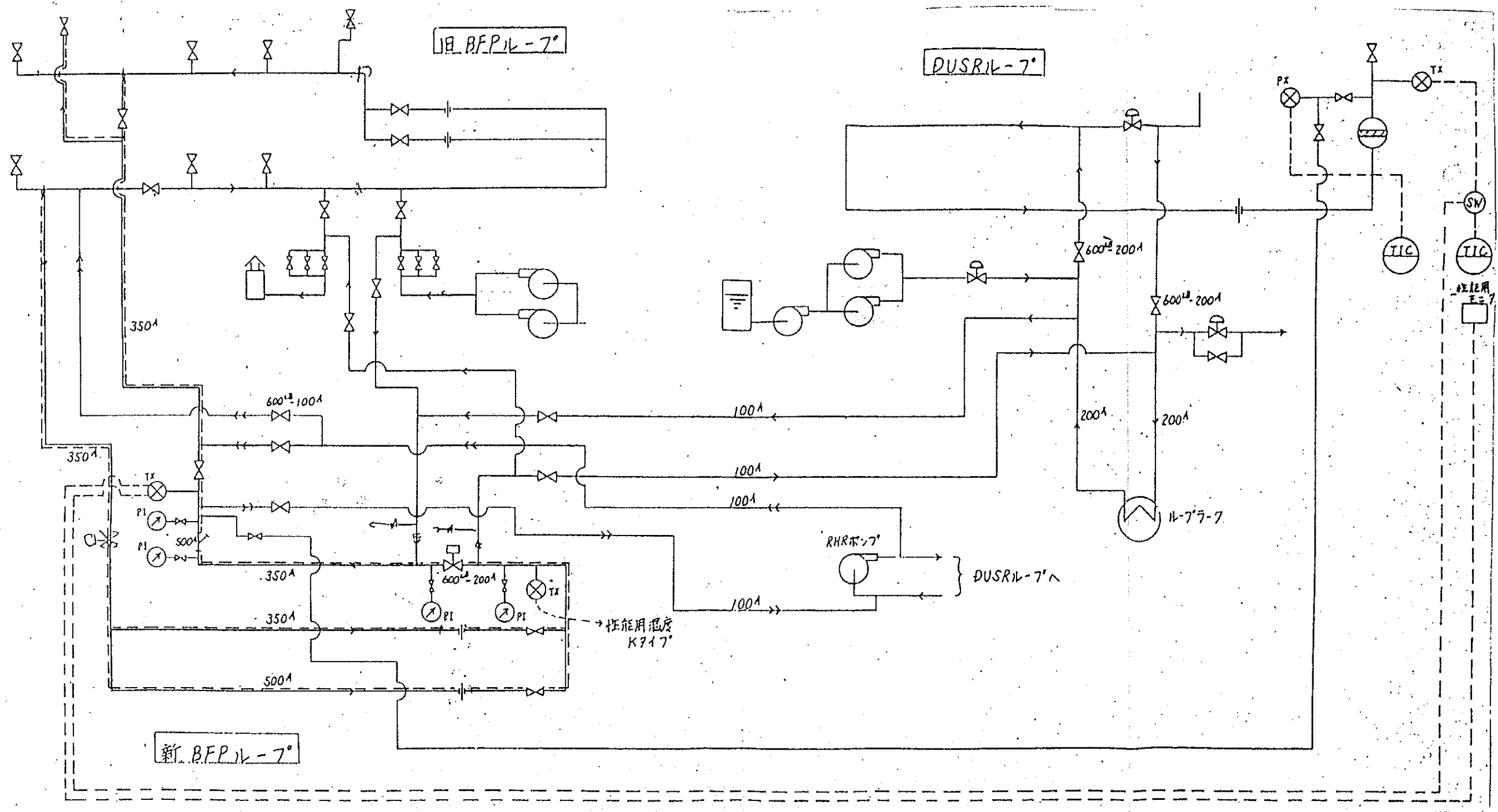


図 6 - 2 - 26 高圧ポンプ試運転設備テストループ全体系統図

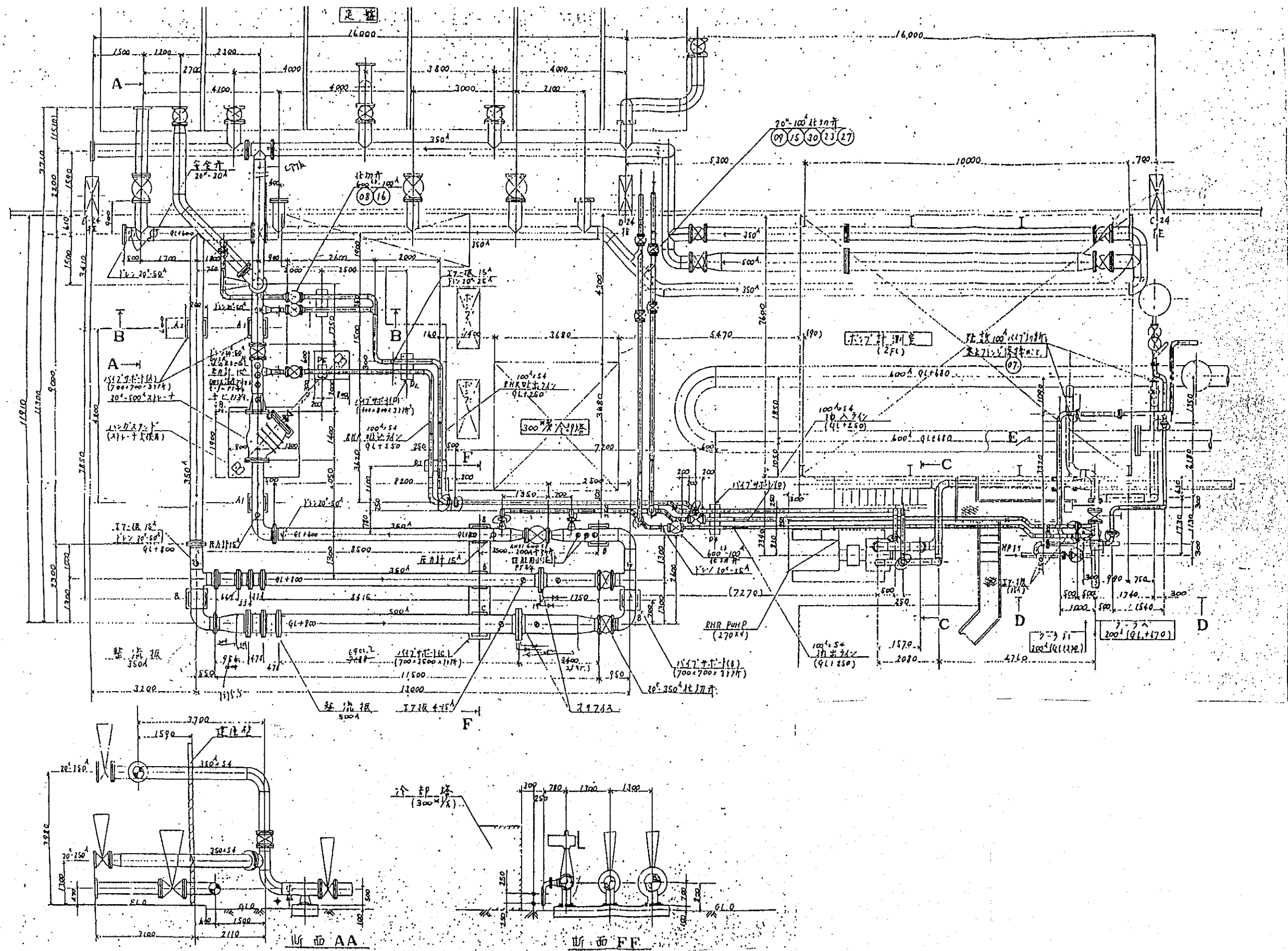


図6-2-27 高圧ポンプ試運転設備テストループ全体組立図

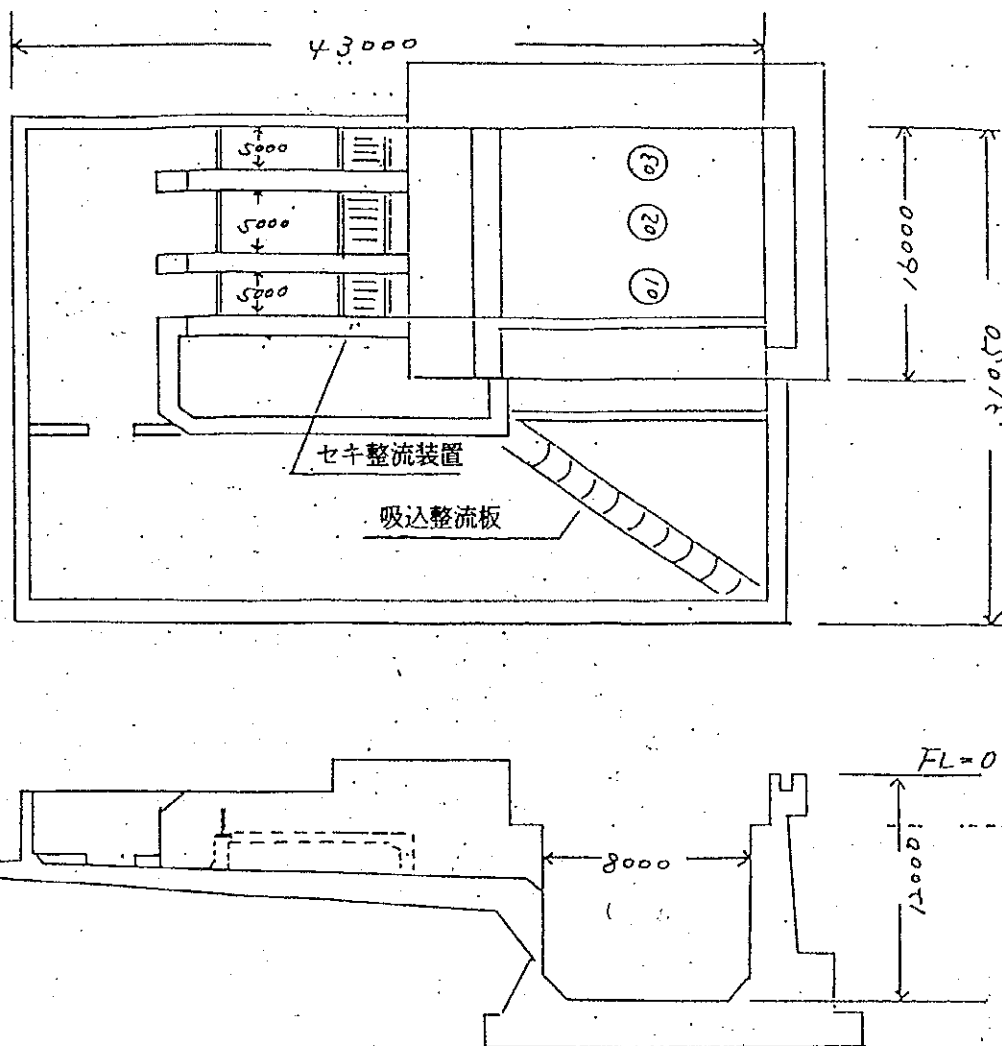


図 6 - 2 - 28 大容量ポンプ試運転設備の概要

表 6 - 2 - 21 大容量ポンプ試運転設備概略仕様

項目	内 容
容 量	最大測定量 90.000t/h、ポンプ口径 3,000φ
構 造	短形全巾堰 5m巾×3基 一床廻流式 43m×30m×12m (最深部)
揚重設備	起重機容量 75t/20t 30t/10t 揚程 13m
計測器	デジタルオートマノメータ (3基)
動 力	6,000V級 60Hz 5,000kW 50Hz 2,000kW 4,000V級 60Hz 4,000kW 50Hz 2,000kW 3,000V級 60Hz 5,000kW 50Hz 2,000kW

6-3 生産管理の近代化

6-3-1 生産管理近代化の概要

1) 工場近代化において生産管理に課せられた役割

中国のポンプ市場は需要の拡大にともなって成長を続けており、性能面よりも価格と納期によって競争が行われる傾向がある。このような市場でシェアを拡大するには、価格と納期の両面で他社をリードすることが絶対に必要である。

しかし工業製品としてのポンプは設計理論や基本構造は確立済みであり、今後とも画期的な技術革新が期待できるわけではない。いわば成熟製品である。材料や構造などに改良の余地はほとんど無く、この面から他社に大きく差をつけることは難しい。

結局、成熟製品の市場競争力をどんな手段によって得るかと言えば、生産の過程で発生しているコスト面、および工期面の機会損失を解消すること以外に、有効な方策は考えられない。これはまさに生産管理が命題とするところである。

2) 現状の問題点に対する認識

〔4章〕で明らかになった現状の問題点は、裏に共通の根源を持っている。それは以下の4点である。

(1) 上流で問題が解決されていない

問題点の多くは下流、あるいは末端の現場で起こっている。しかし上層管理者の多くはこれに目が届いていない。または末端の問題として放置している。本来、管理の意図に反した問題が実行段階で生じた場合は、計画にもどって上流で解決されなければならない。ここでは機能すべきフィードバック回路が機能していない。

(2) 共通の価値観が定着していない

一定の目的を持ったチームには、メンバーに共通の価値観が必要である。ここで言う価値観とは、商品あるいは業務活動に対する価値判定の尺度を指

す。普遍的に用いられる尺度は〔価値＝機能／コスト〕であるが、市場経済のもとでは、特にこの視点に立った価値の評価、あるいは価値の向上が重要である。現状ではどんな価値観が支配しているのか、どれだけ定着しているのか全くわからない。

(3) 計画経済時代の生産管理に依存している

市場経済下の現在でもなお、大量見込み生産を前提とした管理方式が行われている。多くの問題点は、この管理方式のもとで受注生産、日単位の納期管理、小ロット生産を行おうとする矛盾が露呈したものである。例えば、資金繰りを圧迫する大量の在庫仕掛かりは、現行の管理方式を改めないかぎり解消されないであろう。

(4) 「しごと」の質への関心が乏しい

品質を単に即物的かつ効率本位にとらえており、しごとの進め方やソフトに対する観点が欠けている。しごとの中で発生する誤り、遅れ、不適合などに対し、それら異常の潜在原因となっているバラツキや個人差の現れやすい方法、手順などに遡って解決することが抜けている。標準やマニュアル類の活用が乏しいのはその現れである。

3) 2000年までの過程で生産管理に求められる条件

今から5年後の2000年、総生産台数は14,320台と想定されている。このうちの2,710台が工業用ポンプである。94年の水準に比べ総台数で4倍以上、工業用ポンプだけでは約5倍の伸びに相当する。この過程で生産管理にはどんなことが求められるのかを考察する。

(1) 労働生産性の飛躍的な向上

従業員数は現状の水準(1,117人)とすることが示されている。当然、生産性は4倍に上がらなければならない。これは年率25%の上昇に相当する。生産性の向上は、直接的には生産工程の近代化に依存するが、生産管理とりわけ調達・在庫・工程管理などのロジスティクスの裏付けが不可欠である。

(2) 商品の多様性と生産効率の両立

生産台数が4～5倍になるためには、当然それだけの「売れる商品」が必要であるが、工業用ポンプの場合、現状のラインナップではまだ十分ではなく、新しい商品を追加しなければならない。一方、機種・型式が多様化するほど生産工程が複雑となり、生産性の向上を阻害する可能性がある。したがって、できるだけ多様化は避けて欲しいというのが生産ライン側の要請である。

この矛盾する要請を満足させつつ、いかに限られた陣容で効率的に開発を進めるかが、近代化に当たっての設計の課題である。

(3) 仕掛在庫の縮減

仕掛在庫は現状2,790万元（94年平均）で、年間売上高（同6,600万元）の42%に達する。このままで推移すれば4倍すなわち1億1,160万元まで膨張する。これは経営上到底放置できない。せめてその半分に抑制したいところである。

保管スペースの面から考えても仕掛在庫の膨張は放置できない。現状すでに12か所、延べ18,080㎡に及ぶ保管スペースを占有している（表4-3-2参照）。仕掛在庫が増加するとしてもせいぜい2倍が収納容量の限界であろう。

仕掛在庫は生産管理のやり方によって削減することが可能である。しかし半減という目標を達成しようとするれば、調達管理・在庫管理および工程管理にまたがる思い切った改革が必要である。

(4) 顧客満足志向

売れる商品と共にそれらを生産し納入するまでの全ての経路で、「顧客満足」を勝ち取る質の高い仕事が求められる。もちろん一人一人が水準の高い仕事を行うことは、高い生産性にもつながる。品質管理は近代化に当たり対象を「物」に限定せず、「しごとの質」に拡大する必要がある。

4) 選択した近代化の方策

近代化の方策は3)で想定した方向に沿い、かつ2)で認識された根源的な問題の解決に直接効果があるものを優先して選択した。すなわち問題点に対して個別に答えを用意するのではなく、総合的に見てそれを行うことが、他の問題の解決にも好影響を与え得るというものを重点的に選択することにした。

選択した方策を以下に要約する。

(1) 開発・設計力の強化促進

① 価値工学の定着

商品の開発に当たり顧客要求を正しく把握し、これを洩れなく機能に展開するとともに、予測コストと比較し、最適の設計として完成させるための基礎手法として、価値工学（VE）を定着させる。設計審査はこのような観点から行うようにルール化する。

② 商品の多様化と生産の効率化の同時追求

共通部分の組み合わせによって、多様な機種・型式に展開できるように配慮することにより、模型・治工具などの共用を図り、生産効率を上げるという開発手法を研究する。併せて既存の構造部分・部品を分類定義し、類似のものを検索しやすくする改善も行う。

③ 設計マニュアル化の推進

個人的な頭脳活動と考えられがちな設計プロセスの内容を、伝承可能な形で明らかにする。頻度が高く、しかも手法に個人差がありそうな作業を優先することにより、即効性を狙う。例えば、強度計算の手法、要素部品の仕様選定の手法など。選択問題では併せて選択肢の整理分類と標準化を行う。

④ 新加工技術の開発と育成

ネック工程あるいは工程能力の不安定な工程の改善など、現場に立脚した改善活動を行うとともに、近代的な生産に適合する工法や加工技術を自ら開発する。また既存の新鋭設備、例えばNC機械に対する準備と稼動に対する支援を、現場と合同のチームによって行う。

(2) 工業用ポンプに適応した資材と生産工程の管理

①小ロット受注生産対応の管理方式確立

従来の大ロット見込み生産を前提とした粗い管理方式を、工業用ポンプに適した木目細かい管理方式に改める。主眼はオーダー単位で資材を手配することと、現行の月単位の生産計画を3日程度の単位に細分することである。

②管理情報の精度向上

すべての生産活動が同期して行われ、必要な物が必要な時に必要な量だけ供給される「Just in Timeの生産」を現実のものとするには、統一的な日程計画にもとづく事前の情報が、すべての現場に与えられていなければならない。現行の情報は粗く、新しい管理方式には適さないから、別の管理情報システムを作る。

管理情報の精度は計画のメッシュだけで決まるのではなく、現場の実態を正しく伝えることが一方で必要となる。これらの条件を勘案して細部を決める。

③目で見える管理の推進

現場情報は帳票よりも現物に語らせる。そのほうが速く、しかも行動に結び付きやすい。現物に代えて別の媒体を用いる場合も、できるだけ視覚に訴えるように配慮する。

(3) 「しごと」の品質の向上

①工程能力の把握と改善

しごとの結果に対し、合格か不合格かという二者択一的な見方を改め、バラツキがどの範囲にあるかを見るようにする。さらにバラツキの変化から異常の発生を予知することにより、検査のやり方を変えたり、工法や設備に改善を加えたりする。

具体的には、最も重要度の高い羽根車・案内羽根の工程について優先的に行う。

②「しごと」の過程の管理

求める結果だけを指示した作業基準はあるが、どうすればその結果が得られるかという作業指導書が乏しいので、これを充実する。当面、フォーム

だけがあって実質がないQC工程表の充実を図る。

③無検査または自主検査の活用

①および②によって品質の安定度が確認された場合、チェックシートあるいは抜き取り監査などの歯止めを施したうえで、無検査または自主検査に移行する。対象はリスクの小さいものから適用し、購入資材にも拡大する。

④TQCの育成

品質管理の対象を物から「しごと」に全面的に拡張する。併せて経営の期待が職場の活動に展開され、自主的な目標として設定されるようなしくみを作る。

5) 実行に当たっての留意点

近代化の方策を実行するに当たっての留意点を以下に述べる。

(1) 管理者自ら意識改革する

管理上の問題、とりわけ慢性的あるいは因習的な問題を解決するためには、管理者に強いリーダーシップが求められる。

この点に関しては現実の管理者は極めて無気力であるように見える。例えば、不良発生の原因として、作業者の資質や士気などが挙げられている。ではこれに対して教育・訓練はどうしているかと言うと、予算がない、スタッフがいないという理由でなおざりにされている。また、資材あるいは仕掛り品の現品管理について見ると、員数こそ把握されているが保管状態は劣悪であり、管理の目が届いているとは到底言い難い。指定されたやり方であるという理由から形骸化している現行の方式に、管理者がなんら手を加えていない。

加えて設備稼働率の問題もある。計画通り生産が出来なかった原因が、設備故障として片づけられる場合が多く、その要因分析と対策への意欲に欠ける場合が多い。設備が働いていない状態には故障の他に、段取りの非効率、調整・測定のために時間がとられたり、使用条件の不適切、空転などによる時間超過など、多くの要因が含まれる。これらの原因を追求を行い対策をして、設備の稼働率を一定値以上に維持しないと、どんなに公称設備能力が

あっても生産性は上がらない。

過去からの因習にもたれている現状を改め、実質的な効果が上がるようにするには、管理者自らがその解決策を立案するとともに、その実現を推進しなければならない。管理者が無気力であれば、いかに優れた近代化のシナリオがあっても意味が無い。経営管理者は今こそ自分が何をすべきか問い直す必要がある。

(2) 管理の輪を回す

経営にとって管理の輪が回っているかどうかは死活問題である。管理の輪が回らないことは経営活動に進歩が無いこと同義であり、相対的に世の動きから遅れることである。

上に述べたことを別の角度から述べると、管理の輪を回すことだと言える。すなわち管理活動の中で

①計画 Plan、②実行（統制）Do、③評価（反省）Check、④処置（フィードバック）Action

の4つのステップからなるサイクルが一回りすることである。このサイクルが絶えず繰り返されれば、ますます学習効果が促進される。

実行段階における制御あるいは統制は重要である。しかし、それだけを管理と思いつき反省とフィードバックが欠落していると、問題の源泉が解消することがない。これでは管理の輪が回ったことにならない。例えば在庫水準が一定の限界を超えないように管理されている場合、限界に入っているかぎりアクションは必要ない。ところが限界を超えた場合は資材発注を抑制するというような強行手段はとられるが、より少ない在庫でも運用できる新しい仕組みを検討することは行われない。水準を保っているのは、無理やり押し込んだ結果であり、本質的な改善の結果ではない。

多くの管理者は管理の輪を回すことも、それが重要であることも承知している。しかし行うことは少ない。「市場動向の変化が激しいから」、「多品種少量生産だから」というのがその弁明である。これまで経験したことが無いので、対策が浮かばないということのようである。しかし自らの無策を、手の及ばない外部の事象に転嫁したとしても、それで済む訳ではない。むしろこの困難な条件に適応する管理の方法を見いだすのが管理者の仕事であり、

そのように反復努力することが管理の輪を回すことである。

本章で提案する近代化の方策は、一つの動機を与えるに過ぎない。これらの新しい考えやシステムは、移植しただけで直ちに効果を現すことは期待しがたい。期待どおりの効果を発揮させるには、継続して定着と育成のために努力することが求められる。この努力こそ管理の輪を回すことに当たる。

(3) 責任権限と組織機能を整合させる

管理者が管理者らしい職務を果たしていない理由の一つに、権限が極めて制約されているという事情があるようである。例えば、現業ラインは企業運営の中核として採算性を厳しくチェックされる立場にあるが、改善のために必要な権限をほとんど持っていない。そのため逃げ口上が通用している。

例えば、各分工場長は出来高達成の責任を与えられてはいるが、それを効果的に達成する手段としての日程計画、人員の配置と訓練、設備や治工具の改善、あるいは加工条件の向上などには直接関与していない。これらはスタッフ部門から与えられるまま、あるいは与えられないままに、誤りなく仕事を進めることが問われている。つまり、与えられた計画を達成するように制御・統制することだけが、仕事になっている。そして大きい偏差が生じたとしても、多くの場合は計画に責任を転嫁できる立場にいる。

その上、現行の組織では各分工場は相互に依存し合っており、単独で生産を完結させることができない。そのため一層責任と権限が分散している。

上に述べた管理の輪を用いてこれらの状態を説明すれば、計画、実行、評価および処置が別々の部署によって行われているため、輪が回りにくい仕組みであると言える。

分工場が独立して生産高、あるいは採算性を追求できるようにするには、そのために必要な権限も併せて与えるのが、整合した考え方である。現行の管理組織あるいは分工場の機能分担が、近代化の障害にならないよう見直すことが必要である。

(4) 対象とする生産のしくみを簡素化する

生産活動を管理するばあい、管理の対象そのものが単純であるほど、管理の手法も簡素化できる。対象とする生産システムが複雑である場合は、その

ままにして管理しようせず、工程を集約するなど管理ポイントを最少にしたあとで、管理の方法を検討するのが賢明な手順である。例えば、現行の体制では一つの部品を加工するのに、複数の分工場にまたがって移動しなければならない場合がある。これでは目が及ばない。目が及ぶように工程を改めれば管理は容易になる。

加工設備が遊休もせず負荷が溢れることもないように管理することが、日程とコストを両立させる要点であるが、これも現行の組織と生産形態では難しい。そこで、部品を工程の類似性によってグループ分けし、グループ毎に集約して加工することにすれば、工程間の移動が最少となって日程も守りやすくなるうえ、他の工程との干渉が無くなるために、負荷の調整も容易となる。このように自己完結的で簡潔なしくみでは、問題がとらえやすく、かつ処置しやすい。

このように生産ライン側の簡素化を行ったうえで、前述のような管理組織の再編成を行い、必要な部署に必要な権限を集約すれば、より少ない人員でより高い効果を挙げるができる。

(5) 適応性の高い生産方式を選ぶ

生産管理近代化の方向は、煎じ詰めれば、変化する市場環境に適応しやすい体質に改めることだと言える。

従来の計画経済体制のもとでは、国家から与えられた計画通りに作ればよく、また作っただけは必ず売れるという前提があった。すなわち販売と生産は表裏一体であった。ところが市場経済のもとでは、企業自らが市場の動向を予測して商品を開発し、販売の見込みを立てて生産を行うことが求められる。しかし、見込み通りに売れることは実現しがたいから、売れ残りが発生したり、あるいは生産工程に飛び込みや中断が起こることが避けられない。そのため投入した材料・労力などの資源が有効に利用されず、採算が悪化することになる。

これを解消するのに二つの方向が考えられる。第一は市場動向の見究めに注力することであり、第二は流動する情勢に常に柔軟に適応することである。両者はいずれも重要であり一方を欠くことはできない。しかし工場近代化に当たっては、とりわけ後者に重点を置くのが賢明である。その理由は、市場

動向の変化は自分が制御できるものではなく、たとえこれを正確に予測し得たととしても、これに生産をいかに追従させるかという課題は常に付いて回るからである。

6-3-2 設計管理

1) 基本的な考え方

(1) 評価手法を確立する

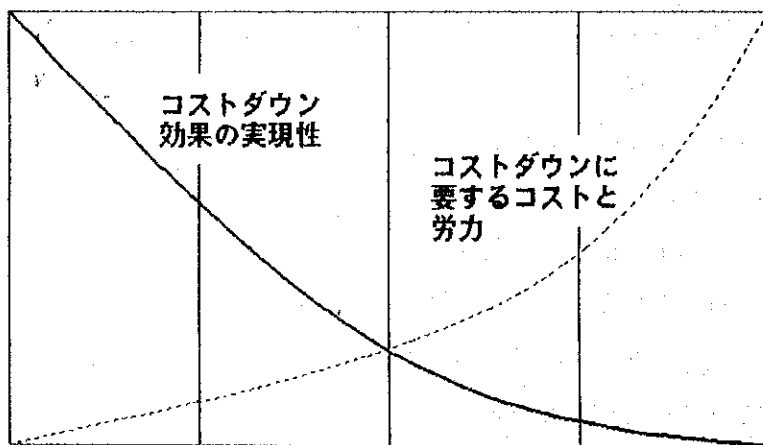
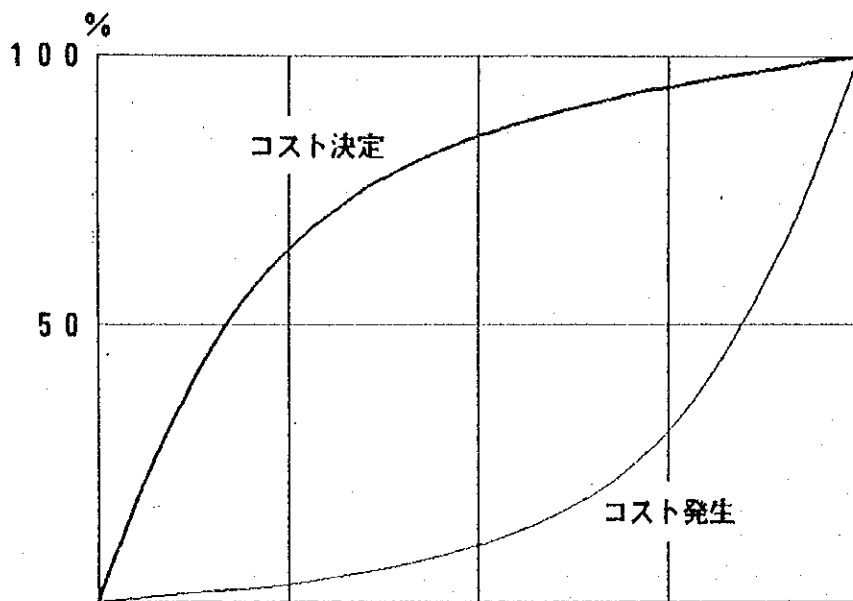
商品企画から構想設計を経て詳細設計に至る過程には、多くの処理すべき課題があり、中には相容れない要求も含まれる。このような場合、意思決定までに関係者間の意見調整のために思わぬ時間を要することがある。これを避け、関係者が論理的に納得できる結論に導くためには、一定のプロセスと判断基準を含んだ意思決定援用のための手法、すなわち評価手法を確立しておくことが必要である。

現在、当工場は統一的な評価手法としては何も持っていないが、これは設計の業務効率の上からも、結果の信頼性の点からも好ましいことではない。いかに経験豊富な技術者が揃っていても、思考プロセスには個人差があって、話が噛み合わないことがあるものである。ベテラン揃いだから手法は要らないというのは間違いで、むしろそのような場合こそ共通の思考プロセスを約束しておくことが必要である。優秀な集団が統一的な評価手法を持つことは、まさに鬼に金棒である。

(2) 設計段階に遡って問題を解決する

結果の良し悪しはおおよそ計画の良し悪しに依存する。例えば、生産コストは、直接的には生産現場で発生するが、その伏線は設計段階ですでに敷かれている。つまり生産コストは生産現場よりも設計に大きく依存している。

コスト低減に限らず、品質問題など生産工程で発生するさまざまなトラブルの処理も、設計段階に遡って行うのが最も効果的であると言える。その意味で設計者が生産ラインと情報交流を行い、あるいはチーム活動によって問題を解決することは極めて効果的である。そのような関係を図6-3-1に図解する。



商品企画	製品設計	工程設計	資源運用
市場調査 基本構想 販売計画	構想設計 基本設計 詳細設計	工法選定 設備整備 試作	資材調達 生産加工 MH運搬

図 6 - 3 - 1 生産コストはいつ決まるか

(3) 経験ノウハウを伝承可能な形で蓄積する

技術的見地から企業の歴史を見る場合、年数の長さや延べ生産台数は、その過程で積み上げられた経験ノウハウの保有量として映る。当工場は、専門メーカーとして半世紀以上の歴史を持ち、台数にすれば恐らく10万台以上のポンプを生産してきたはずである。さて当工場は果してその歴史の長さに匹敵する経験ノウハウを蓄積しているだろうか。正直のところ些か心許ない印象を受けている。

およそ、企業における経験ノウハウは、蓄積しようとする努力しなにかぎり蓄積できるものではない。その点において個人の経験ノウハウとは異なる。なぜなら個人的な経験ノウハウは、自分の頭や体が習得すればそれで蓄積が完了するのに対し、組織体においてはさらに伝承という過程を必要とするからである。

当工場においては、経験ノウハウが個人の頭脳の中に蓄積されたままになっており、伝承可能な形に展開されていないのは残念である。設計図や技術資料があったとしても、それだけでは思考プロセスの解明と伝承の目的にとっては不完全である。これを目的とした設計マニュアルを記述する必要がある。

10万台以上の製品を作ったという事実は、10万回以上の経験ノウハウ学習の機会があったことを意味する。シェアが高いという事実は、他社に比べて学習の機会が多いということの意味する。恵まれた機会を無為に終わらせることなく、学習の実を挙げ、蓄積し、伝承し、そして更なる発展の糧にするという再生産サイクルを回すように望みたい。

工業用ポンプにおいては、今のところ持ち得る学習の機会が他社よりも絶対的に少ない。今後の伸びが期待されるだけに、殊更この少ない学習機会を有効に活かすことが望まれる。

(4) 柔軟なチーム活動を拡大する

現行の設計業務の進め方の特長は、〔4-1〕で述べたとおり設計者と生産技術者が融合し、製品設計と工程設計が同時並行に近い形で進められることである。これにより両者間の整合が図られ、作業の進行が促進されている。個別受注生産で、かつ処理時間に余裕の無い工業用ポンプに適した効率的な

方式と言ってよい。

このように柔軟で機能的な業務形態は、市場経済下ではますます真価を発揮すると考えられ、今後の増産を少数の人材で消化するためにも拡大すべきと考える。例えば資材調達との間、生産ラインとの間などでも情報交流とチーム活動が行われるとよい。これは職制改編の必要性を指摘しているのではない。職制の枠組と関係なく、隣接の業務同志で定期的に会議を行って、情報交換とチーム活動を行うことを勧めているのである。

2) 価値工学 (VE) の導入と定着

(1) 手法選定の理由

手法はできるだけ簡単で容易に理解ができ、広く応用できるものがよい。そのような条件に叶う評価手法としては、価値工学 (VE) を置いて他にない。価値工学は世界的に広く採用されているが、まさにその単純明快さと普遍性が受け入れられていると言ってよい。

(2) 手法の原理

大方はすでに承知されていると思うので詳しくは述べない。ごく大まかに解説すれば次のとおりである。

①普遍的な尺度として「価値」を次のように定義する。

$$\text{価値} = \frac{\text{得られる効用}}{\text{支払う代償}}$$

得られる効用を「機能」、支払う代償を「コスト」と呼ぶ。

②商品の開発に当たり顧客が求めている効用と、それを得るために支払ってもよいと考えている代償を明らかにする。前者を「顧客機能」、後者を「許容コスト」と呼ぶ。

③顧客機能を実現するための具体的な手段を設定し、これを「基本機能」と呼ぶ。

④基本機能からそれを実現するための手段 (通常は同時に複数の手段が必要) へ、さらにその手段を目的に置き換えてそれを実現するため手段へというように、機能から手段へ段階的に展開する。

⑤これに伴い、許容コストを機能実現の寄与度に応じて、手段ごとに割り付ける。割り付けの手順は④と同じである。

⑥一方、それぞれの手段に実際にかかるコストを予測する。

⑦各手段ごとに⑤の実際コストと⑥の許容コストを比較し、すべてにおいて⑥の値が⑤の値を超えないように、手段の選び方を再検討する。この過程でより良い手段を発想することが求められる。

⑧以上を満足した結果として、顧客機能を許容コストの範囲内で実現させることができる。このとき、価値 ≥ 1 となる。

すなわち 価値 ≥ 1 を満足しているかどうかを見極める手法が価値工学である。このように価値工学では、商品の価値を「機能」と「コスト」の比較によって評価するのが特徴である。したがって評価の過程でコストを予測することが不可欠である。製品設計における意思決定の流れと、価値工学の位置づけを図6-3-2に示す。

(3) 応用範囲

価値工学は、従来は主に基本設計から詳細設計の段階、または製品改良の際にコスト低減の目的で用いられていた。機能出現のための手段が具体的に捉えられ、コストも予測し易いからである。しかし近年は商品の企画・開発段階において盛んに活用されるようになってきた。開発に当たって目標を的確に設定し、かつ要求機能を正しく展開することが開発の成否に関わることから、この点の評価に用いられている。商品の企画・開発に应用する場合は、顧客の求める効用を多面的に捉え、構想中の商品が、それぞれの効用の実現にどれほど寄与しているか、という評価を加えることになっている点で若干異なるが、基本的な思考プロセスは変わらない。

また、もちろん生産現場における改善の評価のためにも広く応用できる。

(4) 設計審査への適用

製品開発の節目である詳細設計完了時点、および工程設計完了時点で審査を義務づけていることは、後戻りを避け以後の進行を促進する意味で非常に良い。審査の本来の目的からすれば、上流の企画・構想段階でも審査を行うべきである。

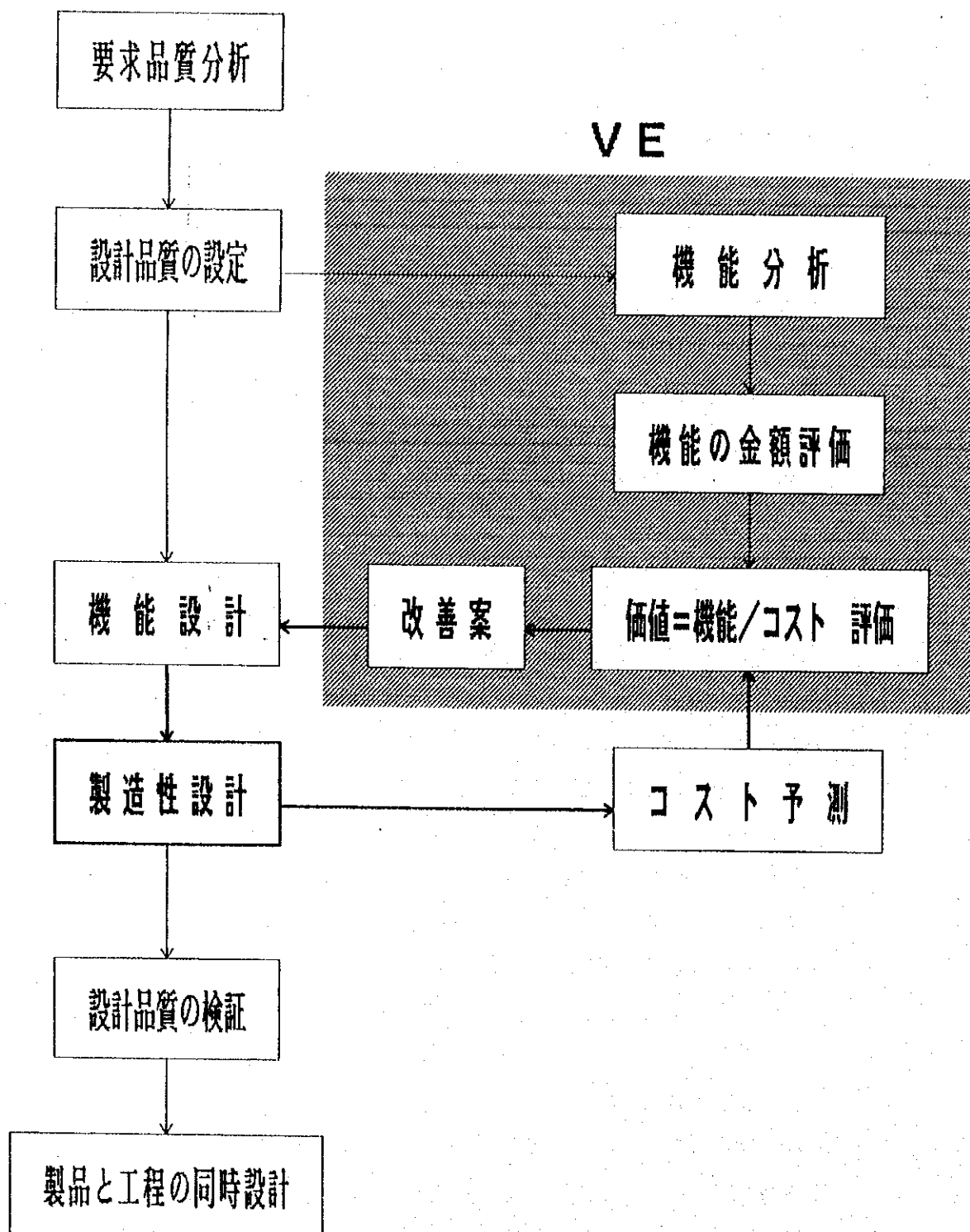


図 6 - 3 - 2 製品設計の流れと価値工学 (VE) の関連

しかし上流になるほど審査の着眼点が具体的でなくなることから、とかく恣意的になり、運営が散漫になりがちである。ここに価値工学を適用することにより、審査の着眼と思考プロセスが整理され、効率的かつ論理的に結論に導けると考える。図6-3-3に製品企画段階に価値工学を適用する場合の流れを示す。

(5) 実施上の留意点

- ①評価手法の導入に当たり、普及と定着のための教育を行うと共に、これを実際に適用する場を設定することが必要である。
- ②結果を第三者が評価するのではなく、自らが改善案を発想し、望む結果に導くための手法として用いることが必要である。
- ③個人よりもチーム活動の手法として活用すべきである。その場合チーム活動そのものの価値（投入した労力に対して得られた効果）についても、正当な評価を与えることが必要である。

3) 商品の多様化と生産の効率化の同時追求

(1) 新しい開発手法の必要性

顧客の多様な要求に応えるために製品の品揃えを図ることは、メーカーとして絶対に怠ることができない。一方、そのために多種類の部品、多様な設備・治工具を必要とすることになり、効率的な生産が妨げられる可能性がある。現状調査でもこの懸念がすでに事実となって現れていることを指摘した。

市場経済への本格的移行にあたり、この相剋的な問題を解決し、生産効率を阻害することなく製品の多様化を実現することが、切実な課題となってきた。この難しい課題を解き、納得のいく結論に導くためには、何らかの手法の助けを必要とする。

その目的の手法としてすでに多くの提案が発表されているが、ここではそれらの中から「VR (Variety Reduction) プログラム」(日本能率協会)を推奨しておく。以下に内容を紹介する。

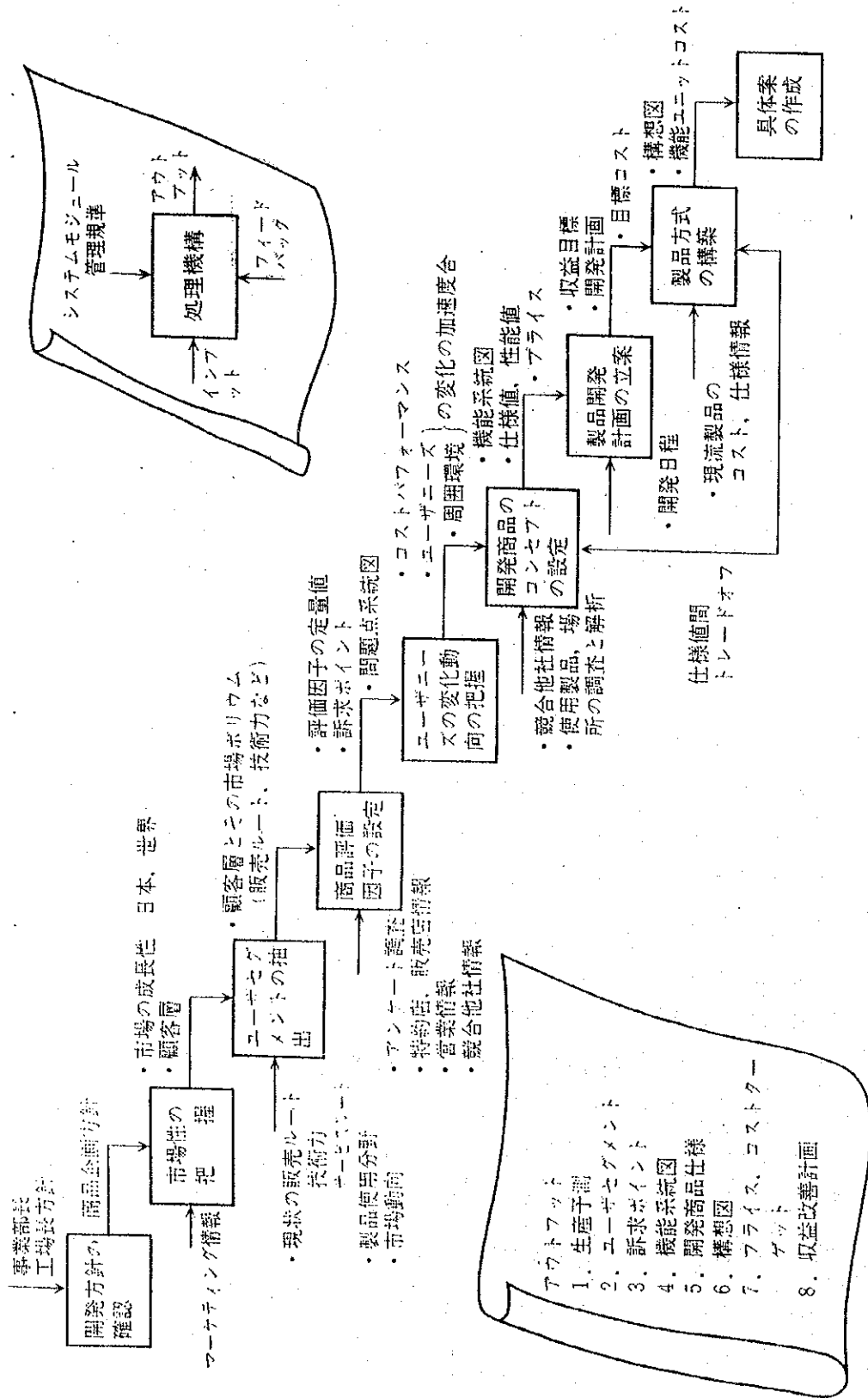


図 6-3-3 製品企画段階に価値工学を適用する場合の流れ (文献: 実践価値工学)

(2) VRプログラム

VRプログラムには5つの考え方が包含されている。いずれもそれ単独で一つの手法になり得るものであるが、それらを併せて検討することが、より良い結果を得るために必要である。VRプログラムの概念を図6-3-4に示す。

①固定・変動の区分

製品を構成する部分を二つの類型に区分し、一方は顧客の要求に応じて積極的に変動させる部分とし、他方は固定する部分とする。シリーズ展開にあたって固定部分は同一シリーズに共通とし、その他の変動部分だけで別の型式とすることができるように配慮する。

②モジュール化

階層的な構造とし、下位に当たる標準的な要素（部品）の異なる組み合わせによって、上位にさまざまな機能をつくり出す。

③多機能化

一つの部品で二つ以上の機能を果たすようにする。別の言い方をすれば、異なる機能の部品を組み合わせで一体化する。同時に現有の機能のうち無くてもよいものを除く。これにより部品の種類を減らす。

④適用レンジの拡張

一つの部品の適用できる範囲を拡張する。その場合、製品の性能面だけでなく治工具の削減にも結び付くように配慮する。

⑤系列化

変動させる場合は一定の系列に乗せる。例えば標準数の系列を選ぶ。この場合、性能数値の面から考える方法と、寸法の大きさなどの面から考える方法とがある。

上記④および⑤の考え方を図6-3-5に示す。

どのような手法を採用するにせよ、部品の標準化・共通化を図ろうとすれば、開発済みの製品を対象にすることは不可能である。かならず開発に先立って、標準化の構想を立てる必要がある。今後開発の対象とする領域のすべてを念頭に置き、その範囲をいくつの型式で充足するのかを決めたうえで、それらの型式をできるだけ同時並行して開発することが賢明である。

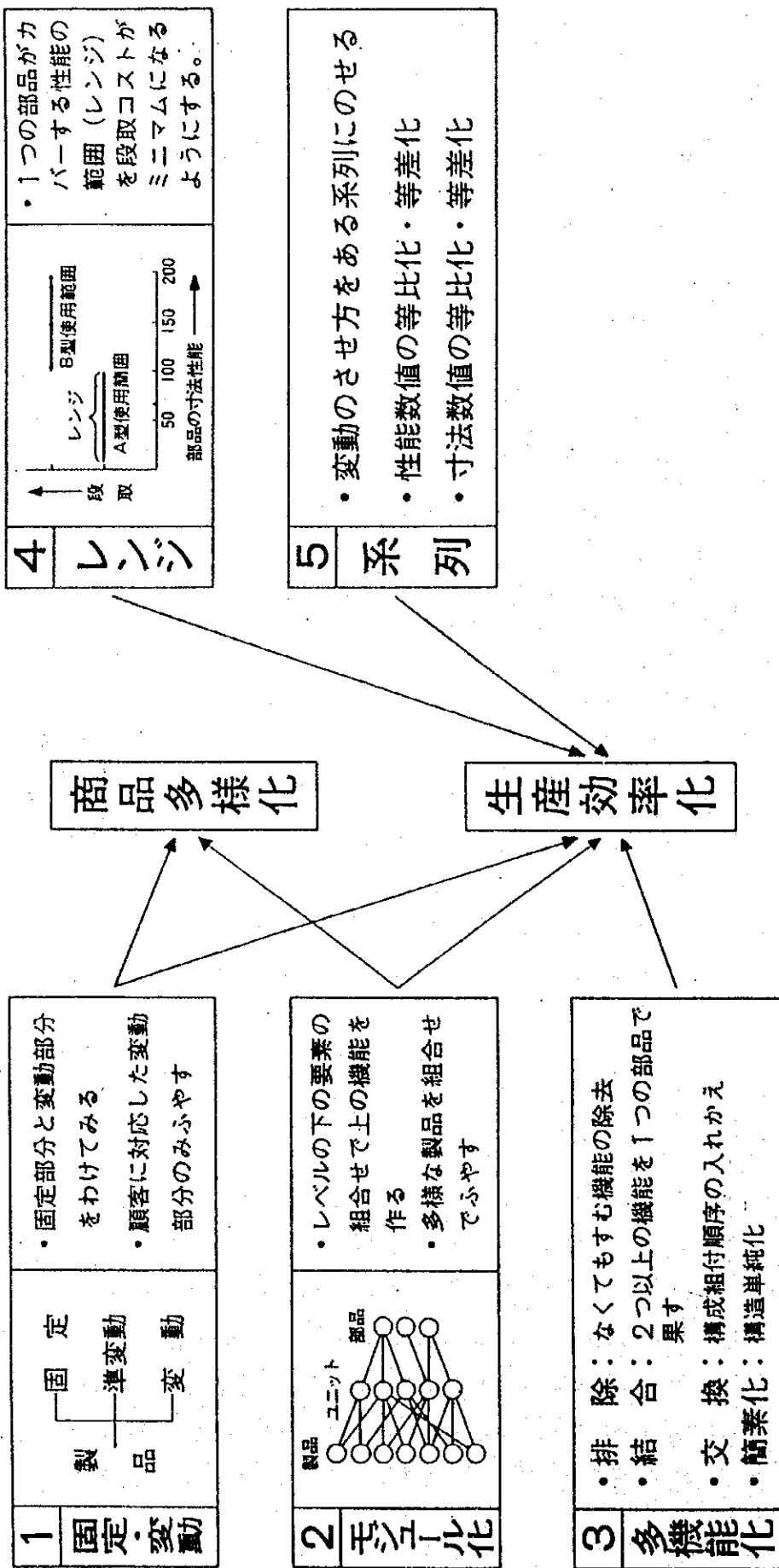


図 6-3-4 VRプログラムの概念（日本能率協会）

機種・型式間の共通化

機種・型式によって異なる形状・寸法を統一

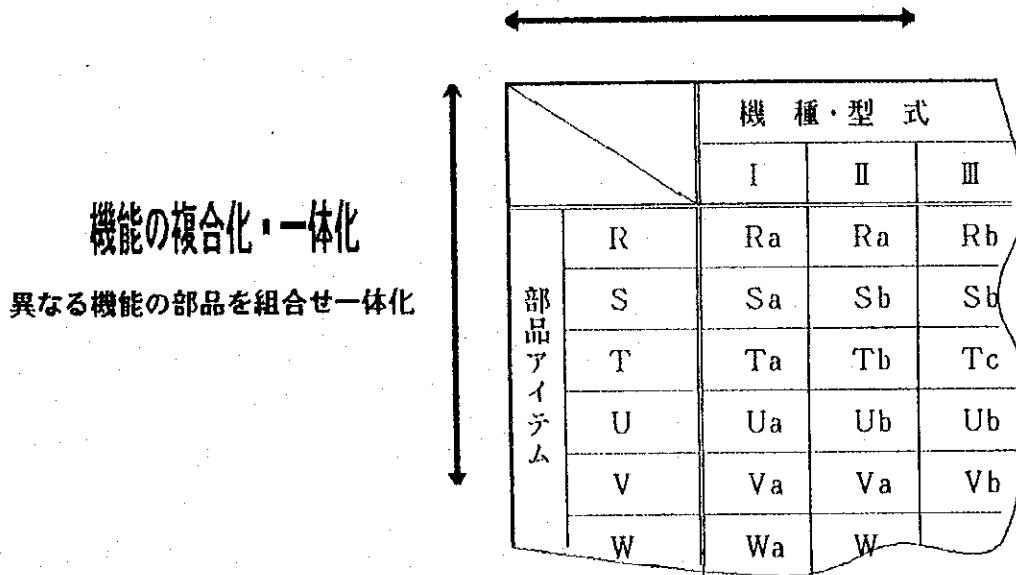


図6-3-5 部品種類削減の2つの方向

(3) 現存の部品の整理統合

既存の部品についても整理統合を図る必要がある。先ず現状の全部品を機能・形状・材質などによって分類整理し、そのうえで共用可能なものを統一する。

共用化によってどの程度部品種類が少なくなるか試算してみる（図4-1-5参照）。機種・型式数を20シリーズとし、1シリーズに平均10の型式があると仮定すると延べ200形式となる。これは現有の製品種類とほぼ一致する。1型式1台当たりの部品を、平均70種類と仮定する。もしすべての部品が専用部品であったとすると、全部で $70 \times 200 = 14,000$ 種類の部品を要することになる。これは可能性の範囲で最も高い値である。実際には標準部品や共通部品があるので、これより低い値となるはずである。

部品の種類は、専用部品・流用部品・共通部品および標準部品の割合によって変わるが、仮に1台分70種類の部品の内訳を専用部品20、流用部品

5、共通部品15、標準部品30とすると以下の計算のようになる。

① 専用部品	20	⇨	20×20	=	4000
② 流用部品	5	⇨	5×20 型式 $\times 5$ (想定)	=	500
③ 共通部品	15	⇨	15×20	=	300
④ 標準部品	30	⇨	想定	⇨	200
<hr/>					
部品種類	70/台				5000/全型式

ここでは流用部品を1シリーズ10型式の中の2型式間だけで適用可能とした。また共通部品は、1シリーズの10型式全部に適用可能とした。標準部品は全型式に適用可能とし、総数で200と想定した。この結果、想定される総部品種類は5,000となった。

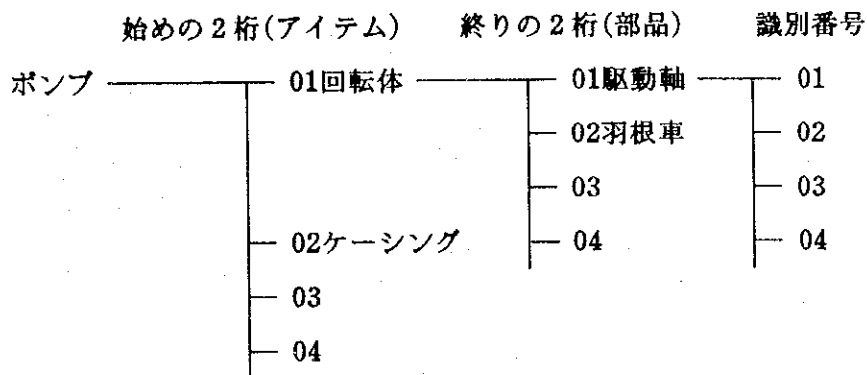
以上の計算は仮定条件が多いため信頼度は高くないが、部品の共用化を図ることによって、部品の種類が大幅に削減できることを示唆している。

なお実際に当工場で用いられている総部品種類は、保有図面枚数から推定して10,000種類を下らないのではないかと考える。

(4) 部品の分類コード化

部品の分類整理が終わった段階で、それぞれの部品に数値化された分類コードを与える。分類コードは、図番が個々の部品を機種・型式に固有のものとして付番しているのに対して、全ての機種・型式に横断的に適用し、その部品がどのような機能を果たしているかを数値記号によって判別するためのものである。

数値記号は2つの意味を持たせ、前半にポンプのどの構成部分(アイテム)に相当するかを示し、後半に個々の部品の機能と識別のための通し番号を示すようにするとよい。ポンプの場合は構成部品の絶対数が少ないので、最後の通し番号を除けば4桁もあれば十分である。例えば、次のような例が考えられる。



この分類コードを用いることにより、既存の類似部品を検索することが容易になれば、部品種類削減はさらに促進され则认为。

4) 設計マニュアルの作成

(1) 考え方

前述のとおりであるが、設計作業はとりわけ個人的な頭脳活動と考えられがちで、その思考プロセスを明らかにする試みが怠られている。これでは企業としての経験ノウハウの組織的な伝承、あるいは蓄積は進まない。このような現状を改め、個人に偏りがちな業務を分散するとともに、組織としての技術水準を高める。同時に将来のコンピュータ化のための基礎とする。

(2) 当面の進め方

頻度が高く、しかも個人差が出がちな作業対象を、優先して採り上げる。これにより即効的な効果が得られる。例えば、強度計算の手法や、要素部品（ベアリング・シールなど）の仕様選定の手法などを当面の対象とする。これと併せ選択問題では選択肢の整理分類と標準化を行う。図6-3-6に設計計算社内標準の例を、図6-3-7に設計マニュアルの例を示す。

(3) コンピュータの活用

上記の地道な土壌整備により、思考プロセスの解明やデータベースの整備ができた段階で、コンピュータに移植する。これによってさらに効率化を促進できる。コンピュータ化は単なる製図の目的でなく、思考プロセスの標準

焼バメの計算 (軸が中実にして外輪と材質が異なる場合) B12-1

1. 計算仮定

- (a) 変形の状態は平面変形とし、降伏は最大せん断応力説に従う。
- (b) 降伏により体積および弾性係数は変らない。

2. 外輪の降伏域 r_4 (mm)

簡略式 $r_4 = \sqrt{\alpha + \left[\frac{m^2 - 1}{m^2 E' r_2^2} - \frac{(m-2)(m+1)}{2m^2} \left(\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_3^2} \right) \left(\frac{1}{E'} - \frac{1}{E} \right) \right]} \sigma_s$ (誤差: $\frac{r_4}{r_2} = 4$ のとき 3% 以下)

上記の簡略式を使用して求めた結果 r_4/r_3 が 1.4 以上ならばつぎの厳密式を解いて r_4 を求める。

厳密式 $\alpha = \left[\frac{m^2 - 1}{m^2 E' r_2^2} r_4^2 - \frac{(m-2)(m+1)}{m^2} \left(\frac{1}{E'} - \frac{1}{E} \right) \left(\ln \frac{r_4}{r_2} + \frac{r_3^2 - r_4^2}{2r_3^2} \right) \right] \sigma_s$

$r_4 \leq r_3$ ならば降伏せず, $r_3 > r_4 > r_2$ のとき一部分降伏, $r_3 \leq r_4$ のとき全面降伏。

3. 焼バメ後の接触面の圧力 p (kg/mm²)

降伏せざるとき $p = \frac{m^2 \alpha}{(m+1)r_2^2} + \left[\frac{1}{E'(r_3^2 - r_2^2)} (m-2 + m \frac{r_3^2}{r_2^2}) + \frac{m-2}{E r_2^2} \right]$

一部分降伏するとき $p = \sigma_s \left[\ln \frac{r_4}{r_2} + \frac{r_3^2 - r_4^2}{2r_3^2} \right]$

全面降伏するとき $p = \sigma_s \ln \frac{r_3}{r_2}$

4. 外輪の応力

降伏せざるとき $\sigma_r = \frac{p r_3^2}{r_3^2 - r_2^2} \left(1 - \frac{r_2^2}{r^2} \right), \quad \sigma_t = \frac{p r_3^2}{r_3^2 - r_2^2} \left(1 + \frac{r_2^2}{r^2} \right)$

一部分降伏するとき

弾性部分 $\sigma_r = \frac{\sigma_s r_4^2}{2r_3^2} \left(1 - \frac{r_2^2}{r^2} \right), \quad \sigma_t = \frac{\sigma_s r_4^2}{2r_3^2} \left(1 + \frac{r_2^2}{r^2} \right)$

降伏部分 $\sigma_r = \sigma_s \left[\ln \frac{r}{r_4} - \frac{r_3^2 - r_4^2}{2r_3^2} \right], \quad \sigma_t = \sigma_s \left[\ln \frac{r}{r_4} + \frac{r_3^2 + r_4^2}{2r_3^2} \right]$

全面降伏するとき $\sigma_r = \sigma_s \ln \frac{r}{r_3}, \quad \sigma_t = \sigma_s \left[1 + \ln \frac{r}{r_3} \right]$

5. 焼バメ後の外輪外壁の膨らみ u (mm)

降伏せざるとき $u = \frac{2p(m^2 - 1)r_3 r_2^2}{m^2 E' (r_3^2 - r_2^2)}$

一部分降伏するとき $u = \frac{\sigma_s(m+1)}{m^2 E'} \left[\frac{(m-1)r_4^2}{r_3} + (m-2) \left\{ r_3 \ln \frac{r_3}{r_4} - \frac{r_3^2 - r_4^2}{2r_3} \right\} \right]$

全面降伏するとき $u = \frac{\sigma_s(m^2 - 1)r_3}{m^2 E'}$

6. 記号

σ_s : 外輪の降伏点 (kg/mm²)

σ_r : 半径方向の応力 (kg/mm²)

σ_t : 円周方向の応力 (kg/mm²)

E : 軸の縦弾性係数 (kg/mm²)

E' : 外輪の縦弾性係数 (kg/mm²)

$1/m$: 軸および外輪のポアソン比

r : 外輪の任意の点の半径 (mm)

$\alpha (= \Delta/2r_2)$: 焼バメシロ

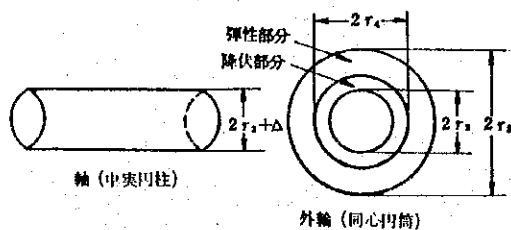


図 6-3-6 設計計算社内標準の例

2	要素設計と選択マニュアル	4	ボルト・ナットの締付力・トルク ・振動荷重
2.4	ねじの選び方		

[主旨] 締結用ボルトは適正なトルクで締め、適正な初期の締付軸力を発生させなければならない。初期とは組立時を指す。ボルトの初期の締付軸力は、機械の稼動によって次第に低下するから、稼動後適切な時期に再締めして、初期の締付軸力に回復させなければならない。

表1 初期適正締付力、締付トルク、振動許容荷重表

ボルト強度区分	ボルトの呼び		M6 M8 M10 M12 M16 M20 M24 M30							M6 M8 M10 M12 M16 M20 M24 M30												
	ねじ	ピッチ	P_t (mm)	d_s (mm)	A_s (mm ²)	A_0 (mm ²)	β_t	σ_w (σ_w)	P (トン)	F_t (トン)	T (kg-m)	β_t	σ_w (σ_w)	P	F_t	T	β_t	σ_w (σ_w)	P	F_t	T	
4.8	(1)																					
	β_t																					
	σ_w (σ_w)																					
	P (トン)																					
6.8	(2)																					
	β_t																					
	σ_w (σ_w)																					
	P																					
8.8	(3)																					
	β_t																					
	σ_w (σ_w)																					
	P																					
10.9	(4)																					
	β_t																					
	σ_w (σ_w)																					
	P																					
12.9	(5)																					
	β_t																					
	σ_w (σ_w)																					
	P																					
12.9	(6)																					
	β_t																					
	σ_w (σ_w)																					
	P																					
12.9	(7)																					
	β_t																					
	σ_w (σ_w)																					
	P																					

[マニュアル]

(1) ボルトの適正な初期締付軸力、適正な締付トルクの標準値を表1に示す。表中の初期適正締付力とは、適正な初期締付軸力を指す。

初期適正締付軸力を与えるのに必要なトルクは、ボルトの状態（転造か切削か、鍍付の有無、ワッシャの種類と有無、潤滑の種類と有無など）、締付法（手か動力か、締付具の形式など）などで異なる。表1の値は、市販品を購入後、数週間以内にはね座金を挿入し、無潤滑でスパナで締める場

合の値を示す。このトルク値は、日立製作所や東急車両の作業規格値を参考にした。

強度区分「4.6」のボルトのデータは、「4.8」のボルトのデータの75%、「5.6」は「4.8」のデータと同一と考えてよい。

(2) 平均締付軸応力を σ_m とすると、ボルトに許容できる引張部分片振り荷重（全振幅の1/2で示す）は、

$$\left\{ (\sigma_u - \sigma_m) / \sigma_u \sim x \right\} P$$

σ_u / σ_m	0.6	0.8	0.9
x	0.85	0.8	0.63

図6-3-7 設計マニュアルの例

化やデータベースの保管、あるいは反復的な手作業の省略などのための道具として捉える。ソフトウェアとしてはその目的に適したものを選択するが、エキスパートシステムも検討の対象に含める。エキスパートシステムとは、専門家の知識や推論方法をコンピュータに移しかえ、専門家以外でもこうした知恵を利用できるようにしたもので、人間の頭脳に近い働きをするシステムである。

5) 加工技術の開発と育成

(1) 考え方

製品の開発あるいは改良に当たって、現有の設備能力や加工技術の水準が不足することは往々にして起こり得ることである。例えばポンプ効率の向上を図ろうとすれば、羽根車の形状精度あるいは表面粗さを一段と改善する必要があり、そのための加工設備や技術を併せて改良しなければならない。

一方、導入された新鋭設備、例えばNC機械の稼働が低調である原因を追究すると、準備の不完全にあり、上流にその責任があることが判る。

生産現場の問題はすべて現場に任せておけばよいというのは誤りで、むしろ加工技術上に関わる問題は設計（または工法）主導で統一的に解決するのが効果的である。

(2) 新技術導入または開発のための長期計画

一般に新しい加工技術を確立するには少なくとも1年、長ければ数年の期間を要する。したがって新しい加工技術を導入または開発しようとするれば、相当早くから準備に取りかかる必要がある。

新しい設備または加工技術を導入・開発する必要性は、製品の開発改良計画にリンクしているのが通常である。例えば、新材料の採用にともなう加工技術の習得、羽根の翼面形状の改良にともなう新加工設備の導入、あるいは羽根の薄肉化または軽量化にともなう新造型プロセスの導入などは、本工場でも採り上げられている。

したがって、長期的な視野に立ち、製品技術と加工設備・技術の両面から、整合性のある技術開発を立てることが必要である。とりわけ工業用ポンプの

ように技術面の評価で受注の成否が分かれる製品では、常に技術動向に注目し先行的な技術開発を行う必要がある。

(3) NC加工推進のためのチーム活動

せっかく導入された設備の能力が十分に引き出されずにいる例が目立った。その最たるものがNC旋盤である。

NC機械は通常の手扱い式の機械と異なり、準備に多大の負担を要求するものである。すなわち、工程設計の段階でワークの加工姿勢と掴み方を決め、必要な工具類をすべて指定する必要がある。その上で加工プログラムを作成する。プログラムは必ずしも作成したまうまく使えるとは限らず、試行錯誤を繰り返しながら仕上げていくのが普通である。プログラムが完成しても、これで加工にすぐ入れる訳ではない。工具の形状や位置を基準位置に正確に合わせる必要がある。そのためには予め工具の研磨が正確に行われていなければならない。図6-3-8に工程設計の段階で作成された、ポンプケーシングNC加工用の段取り図を示す。

現行の取り決めでは、これらの準備はすべて現場側で担当することになっている。しかし準備にはリードタイムが必要である。材料が来てから準備に掛かっても間に合わない。どうしても生産計画に合わせた組織的な準備作業が必要となる。まして、今後想定される工業用ポンプの増産では、緻密な生産計画にもとづいてJust in Timeに加工が行われることが絶対に必要である。工程設計の段階からの準備一切と、加工中のトラブルシュートまでを一貫して処理するチーム活動を、スタートさせることを提唱する。

要するにNC機械は技術だけで動くのではない。むしろ準備日程、加工日程、人員配置などを含めた総合的な管理に依存する率が高いのである。この点を見失うとNC機械の稼働はいつまで経っても実現しない。

(4) 現場に立脚した改善

生産現場では不良発生、ネック、稼働率低下など、さまざまなトラブルが起こっているが、これらがほとんど解決されることなく放置されているのは何故だろうか。改善のための人手の有無などとは異質の、もっと根源的な原因であるように思われる。それは現象に対する視点あるいは見方・とらえ方

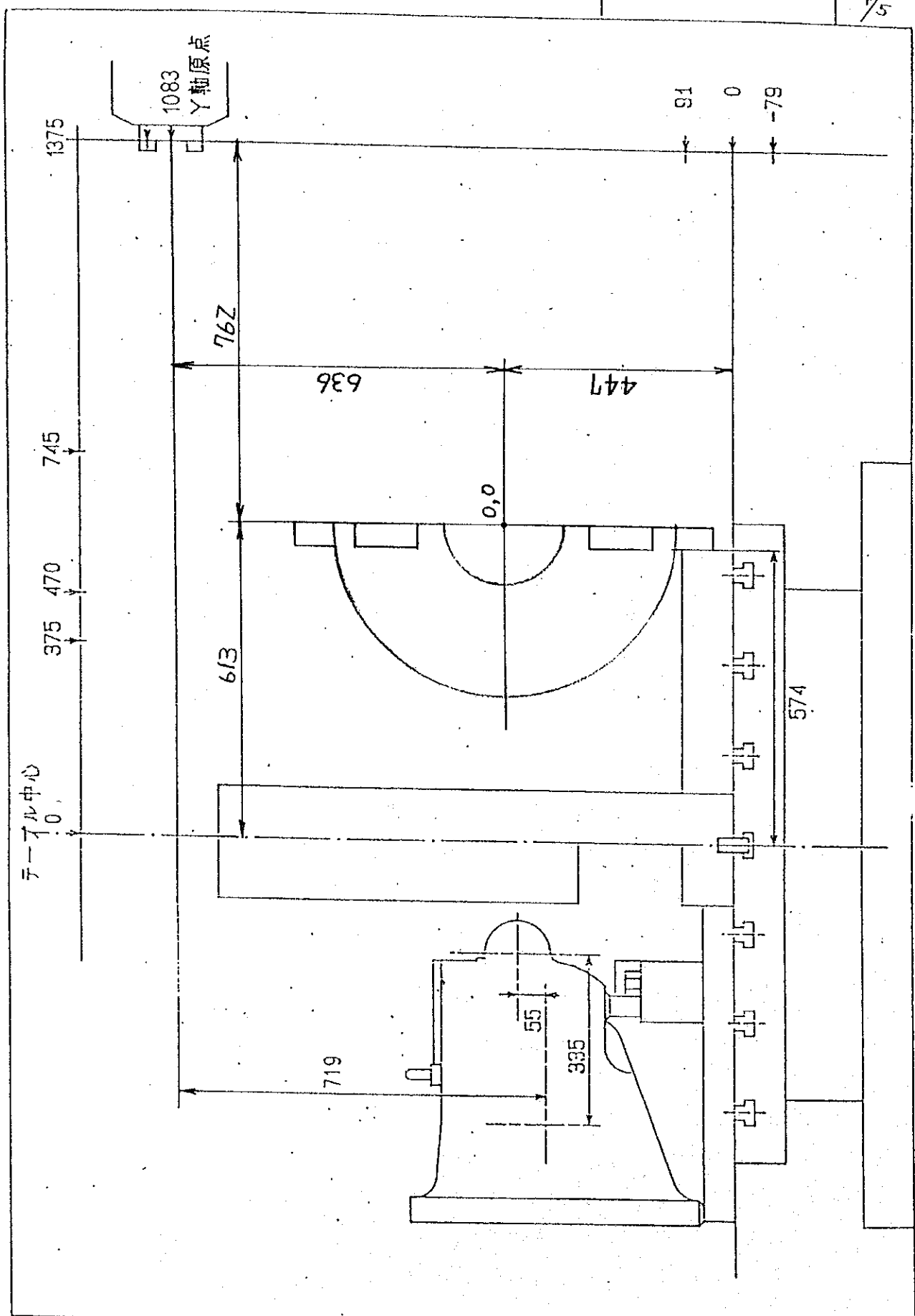


図 6-3-8 ポンプケーシングNC加工用段取り図

機名	MPA-100型	名称	図番	オーダ	材質
	マシニングセンタ				

という問題である。つまり「見れども見えず」（問題意識をもたないで漫然と見てみると、問題点も解決策も見えてこない）という状態ではないかと考える。ここでは二三の「ものの見方」を提案する。

①分析的な見方

先に〔4-1〕で「3現主義」の必要性を説いた。すなわち現場で現物を見て現実的に対応することである。しかし更に必要なことは、改善のポイントを掴むために若干の分析を加えることである。

例えば、作業能率が低いという問題であれば、有効な作業以外の何に時間を費やしているのかを観察し、時間の比率を出してみる。目的以外に最も多く費やされている時間の理由がつかめれば、これを先ず排除する。このようにして作業自体の速度を上げなくても能率を上げることができる。ここでは時間分析が改善点発見の有力な手段となっている。この実例を図6-3-9に示す。日本のあるポンプ工場における組立作業を分析したもので、有効な作業が27.2%しか含まれていないことが判る。このあとのデータをもとに多くの改善が行われた。

②なぜ必要かを問う見方

一見不必要とは思えない作業でも、「なぜ」を問い返していくと不要であることが判る場合がある。つまり「なぜ」を問い返す間に、だんだんものの本質が見えてくるわけである。

例えば、図6-3-10はある機械の組立で位置決め調整を廃止した例であるが、この種の作業は長い間疑問もなく行われていた。なぜと問い返しているうちに、調整を不要とするほどに機械加工の精度が向上したことに気付いたのである。

W/S 測定結果

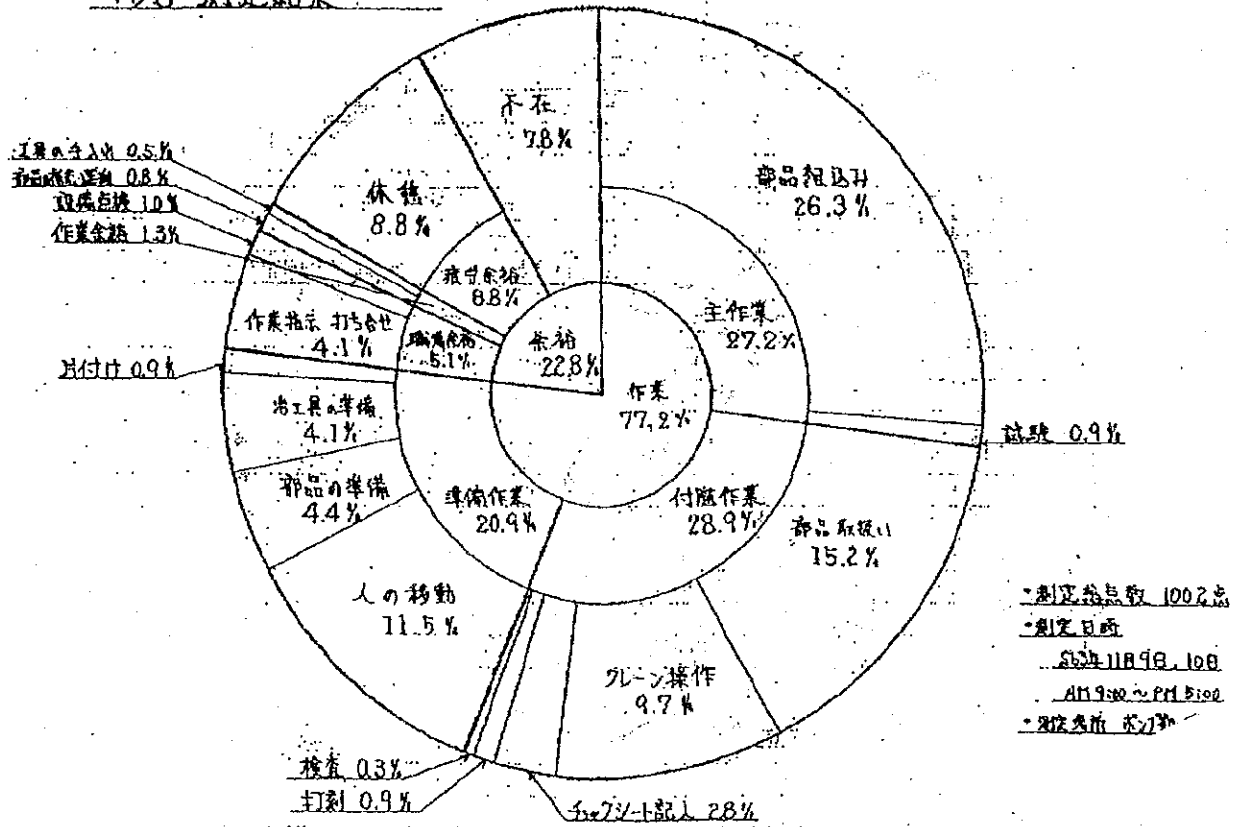


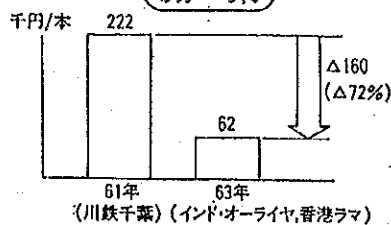
図 6-3-9 ポンプ組立作業における作業時間分析の例

尾筒組合せ作業の合理化

ねらい

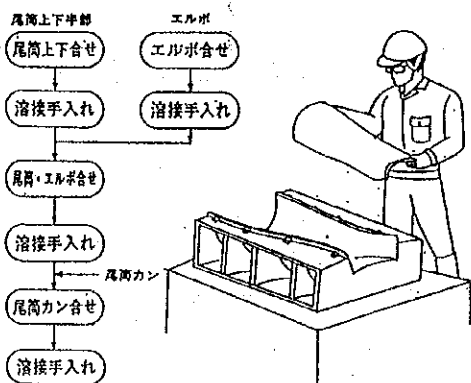
1. 尾筒の一発組立化による工費低減
2. 組立作業の装置化

効果



従来

○手作業による単品ごとの組合せ



改善後

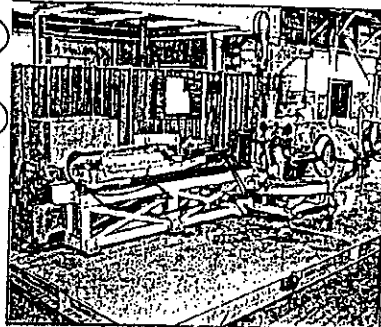
* 部品精度向上による
各工程での調整作業の廃止

○尾筒組立装置による一発組立

尾筒・エルボ・カン一発組立

レーザによる一発溶接

手入れ



現場改善

コラム取付の一発精度出し

ねらい

基準面当てつけ方式による調整ゼロ化

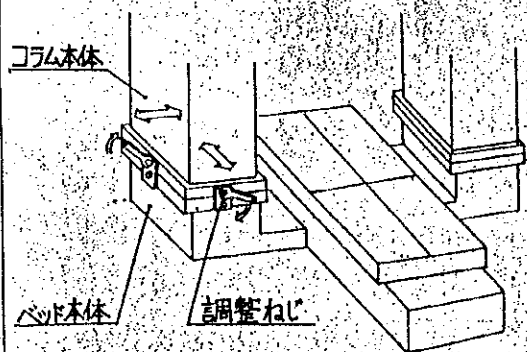
効果

1,730^{千円}/年

費用

100^{千円}

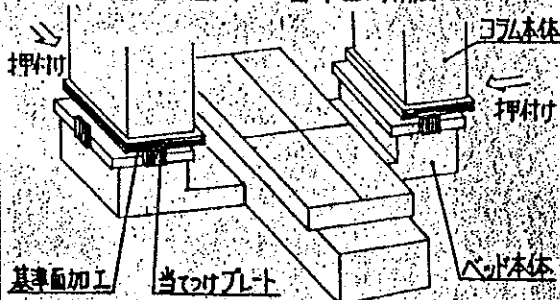
改善前



コラム本体組付後 調整ネジで精度出

改善後

当社製五面加工機による基準面高精度加工



コラム本体を押付けるのみで精度出し完了

図6-3-10 組立の一発精度出し

6-3-3 調達管理

1) 基本的な考え方

調達管理を購入する立場から考えると、いかに良い品物を安く、早く買うか、が重要である。このためには購入先、購入品、購入単価、納入実績などを整理して、適切なメーカーの選択に資する必要がある。メーカーの実力を適正に評価し、実力以上の要求をしないことが大切である。さらに設計部門と協力して、VA (Value analysis) の考え方に基づいて調達部品の見直しを行うと共に、資材・部品の標準化・共用化・単純化を進め、価格引下げに努めなければならない。

調達管理を生産の立場から考えると、生産計画に連動して、適正な在庫レベルを保ちながら、調達部品を供給していかなければならない。受注生産主体の工業用ポンプの生産では、見込生産主体の農業用ポンプの生産と比較して、納期にゆとりがないので、より短いサイクルピッチで資材計画をたてていく必要がある。

一方、調達管理を在庫の立場から考えると、在庫量の適正水準を維持するように、発注から納入までの業務をいかに効率良く行うか、が大切である。そのためには、購入部品類の使用状況を調査・分類して、重要度に応じた発注方式を採用する必要がある。それと共に納期管理の合理化も大切である。

受入れ検査に関しては、メーカーと品質協定を締結し、受入れ検査を廃止する方向で検討する。また、資材計画業務の一本化についても提言する。

2) 良い品物を安く、早く、買う努力

中国ではここ数年物価上昇が激しく、調達部品も例外ではない。これに追随してポンプ製品価格も高くできれば問題は少ないが、どうもそうではないようである。したがって、調達部品をいかに安く買うかが、重要となっている。しかし、安いからといって品質が悪かったり、いつ品物が納入されるかわからないようでは、生産に支障がでてくる。

一般的に良い品物を安く早く買う方法には、いくつかの方法が考えられる。その例を以下に示す。対象とする調達部品は、まずABC分析(6-3-4の4)項参照)のAランクのもの、および問題のある重要部品から始めるとよい。

(1) メーカー調査

調達部品は、できるだけ多くのメーカーから購入できる体制にしておくことが望ましい。そのためには、メーカーカタログ、技術資料、実績価格表を整備し、ベンダーリストを作る。ベンダーリストは価格、技術力、納期などを総合的に判断して、ランク付けを行う。必要に応じてメーカー訪問を行い、当工場の要望、問題点などを協議する。

競合他社のポンプについても調査する。他社のポンプ部品に、どこのメーカーのものが使用され、その価格、性能はどうかを調べる。この調査には販売部門の人達も協力する。セールスで顧客を訪問した時に、顧客が使用している他社のポンプの情報も収集してくる。担当者が同じレベルで調査できるように、調査項目をチェックリストにまとめて、それに基づいて調べると効果があがる。

この種の調査は、定期的に集中してやらないと成果がでない。準備のための期間を置いて調査項目を検討し、責任者の指導の下、調査を実施する。必要ならば外部の調査員を雇うことも考える。

以上の調査をまとめて、新しい有望なメーカーがあればそことコンタクトし、当工場の要望通りの品物が入るかどうかが、検討する。

外注に関しては、適切な外注指導を定期的に行い、価格引下げのための合理化をアドバイスし、外注コストの引下げを図る。日本では自動車メーカーが指導員を下請けメーカーに派遣し、合理化のアドバイスを行い、半ば強制的に価格引下げを行っている。

(2) 購入契約の工夫

一般的に品物を安く買えるのは、一度に大量に発注したり、定期的に購入する約束ができているときである。一度に大量に発注するのは、在庫が大巾に増えて在庫管理面から容認できない。また、定期的に購入できるものと、できないものがある。そこで契約方式を工夫して、安く買える方策を考える。

- ①長期分納契約方式：購入を長期的に契約し、納入は分納にして、納入した代金を支払う方式で、単価を安くするよう交渉でき、在庫量も少なくできる。

- ②即納契約方式 : 有利な支払条件（例えば即金）により、注文と同時に即納を義務づける方法である。特にメーカーが在庫を多く抱えており、資金繰りが苦しい時に、有利な条件で購入できる。
- ③単価契約 : 資材単価を安定させるために、発注企業は、メーカーとの間に一定期間に購入する資材の単価について契約しておき、数量、納期などはその都度決める。
- ④競争入札方式 : 複数のメーカーの競走により価格を下げさせるための方式で、最も一般的な方法である。

その他、随意契約方式でも、交渉次第で有利な条件で購入できることもある。どれを採用するかは、市況や購買方針などによって異なってくる。

(3) 発注仕様の見直し

設計部門とも協力して、発注仕様の見直しを行う。見直しはVA（Value Analysis, 価値分析）の考え方に基づいて実施する。VAの基本の考え方は、最適の機能を持った製品を、最小のコストで作るにはどうしたらよいか、販売企画、設計、調達、生産の関係各部門が、機能にまでさかのぼり分析、改善するところにある。最小のコストでできる機能を追求し、最大の製品価値を生み出すことをVAは狙っている。

VAが他のコスト低減の方法と違う点として、以下の三つの基本ステップがある。

- ①機能を明確にする。
- ②抽出した機能を比較・評価する。
- ③価値を代替できるものを考える。

VAは購買部門での原材料や、その購入の分析から始まったが、それが設計部門でのVE（Value Engineering, 価値工学）へ発展し、さらに色々な分野に応用されている。

当工場の調達品の機能を明確にし、VAの考え方に立って、必要以上に過剰な仕様になっていないか、もっと安くて良い代替品はないか、などの見直しを行う。対象とする調達品はABC分析（パレート分析）のAランクの調達品から始める。ある部品の機能に対して、仕様に書かれた材料、加工方法、

性能などが適切かどうかを検討するのである。新材料・新製品の調査を常に実施して、仕様の改善に反映させることも重要である。これと併せて、設計部門で資材・部品の標準化・共用化・単純化を進め、設計の合理化と共に、価格の引下げに資することが重要である。

短納期を要求する場合、メーカーは特急で作らなければならない、コストアップの要因となる。納期は生産計画に左右されるが、コストダウンの面からも、できるだけ余裕をもってメーカーに発注するようにする。

3) 資材・調達計画の改善

資材計画は生産計画をベースに、製品別の部品表、在庫情報を使って作成されるが、当工場では生産計画が1ヶ月単位と粗いサイクルピッチのために、資材計画も粗いものとなっている。これは見込生産が多い農業用ポンプ主体の管理を行っているためである。

受注生産主体の工業用ポンプでは、1ヶ月単位の在庫引当て、納期管理は、サイクルピッチが長過ぎるといえる。少なくとも工業用ポンプについては、他のポンプの生産計画と独立にしても、周期の短い（例えば3日ピッチの）生産計画を作るべきで、これをベースにした資材計画も木目細かなものになる。進捗状況に応じた見直しは、2週間ピッチで実施する。

また、販売部門の情報を調達管理に生かすことも大切である。受注は確定していないが、交渉が進んで確度の高い商談で、もしリードタイムの長い部品があるならば、メーカーに内示を行いスケジュールを空けてもらったり、先行手配を行って受注に備えなければならない。これはリスクが伴うが、納期の面で競合他社に負けないためには、必要な手段である。

中期的にはパソコンを導入して、MRP (Material Requirements Planning, 資材所要計画) を検討する。MRPは生産計画という大日程計画をもとに、「必要なものを、必要なときに、必要なだけ」手配するシステムで、生産業務では、資材計画業務としての中日程計画に該当する。

従来方式とMRPの比較を図6-3-11に示した。

従来方式で不合理な点は、従来方式が部品加工との関連性をもたないことである。中間部品や仕掛品への引当てがなされていないことや、部品加工の計画と購入納期が

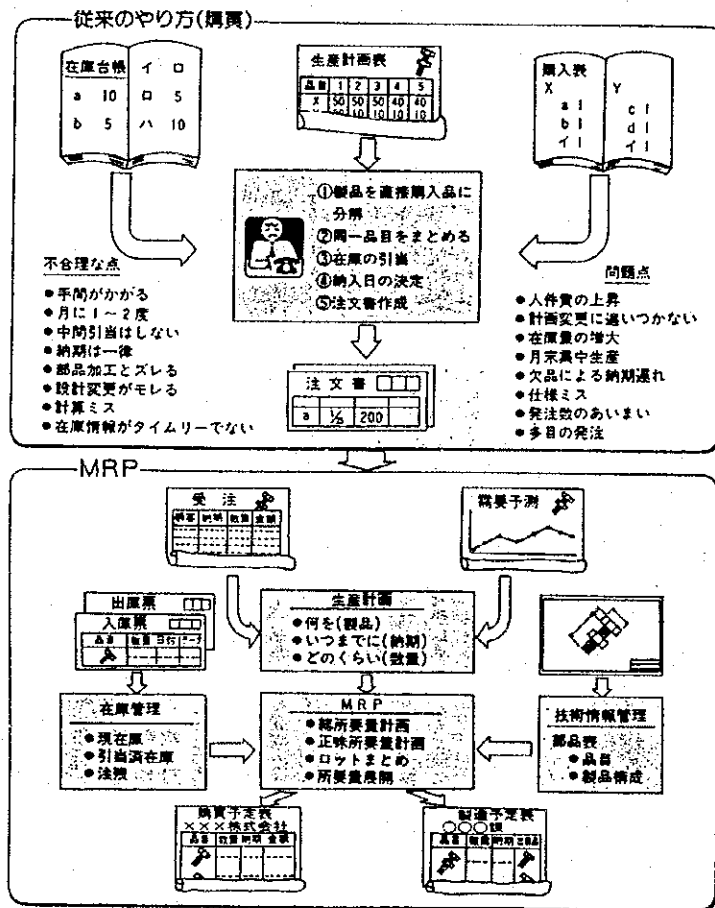


図6-3-11 従来方式とMRPの比較 (出所: 工場を合理化する事典)

連動していないことで、在庫量の増加を起こしたり、欠品を発生させると共に、いきおい生産のやり方が月末集中生産型になってしまうことである。当工場でもこのような現象がみられる。

MRPでは、生産計画を受けて、加工・組立との同期をとりながら、かつ順次引当て計算(正味所要計算)をした後に購入品の計画をするので、手作業でやる従来方式のような不都合は生じにくい。

MRPを実施するには、主として次の3つの情報が必要である。

- ①生産計画
- ②部品表
- ③在庫状況

このような情報を使って、すべての品目について、納期と所要量を計算する。これ

をベースに発注業務を行う。

MRPのプログラムは、購入、外注、自社開発の方法があるが、導入に際しては「MRPプロジェクトチーム」を作り、検討を進める。このプロジェクトチームの責任者は、工場のトップクラスが当たり、運営維持者として各部門の管理責任者が、プロジェクトの実行メンバーには、各業務のベテラン担当者が参加する。

4) 重要度に応じた発注方式の採用

資材の在庫量は、多すぎると在庫の費用や金利がかさみ、少なすぎると在庫品が不足して生産に支障がでる。したがって、適正な在庫量を保有するためには、発注の時期が重要になる。代表的な発注方式として、定量発注方式と定期発注方式の2種類がある。

① 定量発注方式 (図6-3-12)

在庫量が前もって定められた水準まで下がったとき、一定量を発注する方式で、発注点発注方式ともいわれている。発注点が一定なので需要速度の変化に応じて発注間隔が影響する。したがって、この方式は、常備品や一般市販品のよう需要がほぼ安定し、単価が安く、使用量の多い小物類の発注に適している。

実際の発注について、基準在庫量の最大と最小とを定め、在庫が最大量から徐々に減少し、発注点に到達すると、ただちに経済発注量で注文する。この注文が実際に入庫するまでの期間も、在庫はさらに減少しつづけ、最小量に到達

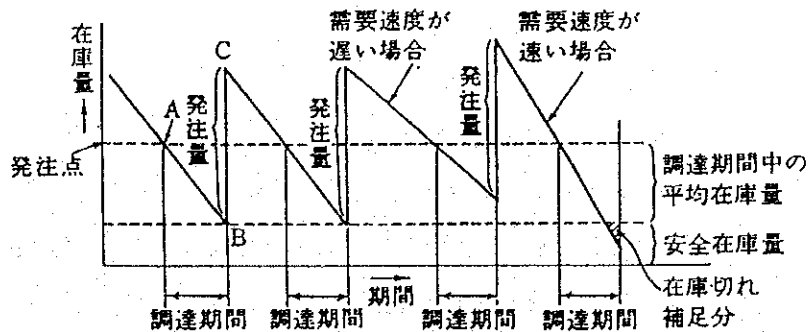


図6-3-12 定量発注方式

する。しかし、このとき注文してあった経済発注量が入庫され、在庫量はいっ
きに最大量に増加する。

②定期発注方式 (図6-3-13)

あらかじめ一定の期間を、たとえば月一回のように、発注する間隔を定めて
おき、そのつど現在の在庫量や需要量などに応じて発注量を定め、発注する方
式である。この方式は、需要が変動する場合に適し、主として単価の高い品物
に有利であるが、適切な需要を予測することが必要である。

発注量の求め方は以下の式で示される。

$$\text{発注量} = \text{予測期間中の予測需要量} - \text{発注時の在庫量} + \text{安全在庫}$$

もし発注時に注文残 (発注してあるが、まだ入庫していない) があれば、こ
れを上式から差し引き、納入残 (受注しているのに、まだ未納入) があれば、
これを加える。また、予測期間とは (発注間隔 + 調達期間) である。

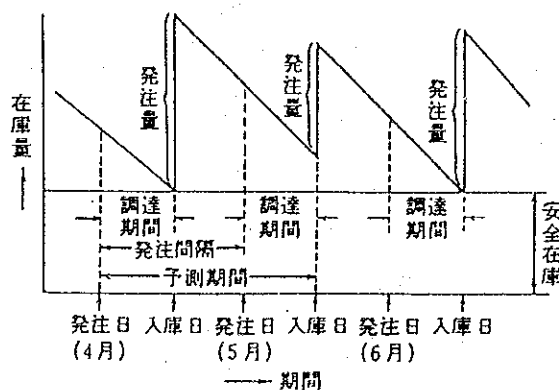


図6-3-13 定期発注方式

表6-3-1に、定量発注法と定期発注法の違いを示す。

定期発注方式は事務処理が煩雑であるが、需要の変化に対応可能であるので、
Aランクの品目の発注に適する。当工場では基本的に、全ての品目に対し定期
発注方式を採用しているが、業務の簡素化のためにB、C品目については、定
量発注方式の採用を勧める。6-3-3在庫管理で述べる「2ピン方式」を採
用すると、発注のタイミングは容易に決まる。

表 6-3-1 定量発注法と定期発注法との比較 (出所：工場を合理化する事典)

手 法		定 量 発 注 法	定 期 発 注 法
比較項目			
管理ポイント		<ul style="list-style-type: none"> ● 購買経費などのコスト低減 ● 在庫切れ防止によるサービス向上 	<ul style="list-style-type: none"> ● 運転資金の節減 ● 在庫切れ防止によるサービス向上
特徴	発注費 発注時間	固 定 不 定	変 動 一 定
適用 対象	単 価 発注量 消費量 共通度 納入リードタイム 予 測	安 い (BやC品目) 多 い 比較的安定 高 い あまり長くない 困 難	高 い (A品目) 変動が大きい 不安定 少なくかつ陳腐化しやすい 比較的長い 可 能
長	所	<ul style="list-style-type: none"> ● 管理が容易でかつ事務処理が簡単 (自動化が可能) ● 発注費用の減少 (経済的発注費) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 需要の変化に対応可能 ● 在庫量の減少 (需要と供給の関連を保つ) ● 多品目の同時手配が可能
短	所	<ul style="list-style-type: none"> ● 需要の変化に対応できない (需要と供給とが無関係) ● 形式的運用になりやすい ● 不定期によるコスト高 	<ul style="list-style-type: none"> ● 事務処理が煩雑 ● 事務費が定まらない ● 管理努力が必要
運用ポイント		<ul style="list-style-type: none"> ● 発注点、安全在庫などの基準値の見直し ● 製造部門との連絡を密にする 	<ul style="list-style-type: none"> ● 需要予測、生産計画を正確にする ● 発注費変動による管理制度の向上

5) 納期管理の合理化

当工場の納期管理は、発注台帳で納入状況をチェックする方法で実施している。今後はさらに多品種少量化に向かうので、部品点数が増えて納期管理が繁雑になっていく。納期管理を容易にするために、目で見える管理を取入れたカムアップシステムという方法が、広く採用されている (図 6-3-14)。

カムアップシステムでは、カムアップ箱と、注文書 (控) がファイルできるようなカムアップファイルを利用する。このカムアップファイルには日付の付いた耳が出ており、これをカムアップ箱の中に日付順に並べておく。また、納期遅延分のファイルを業者別に作る。

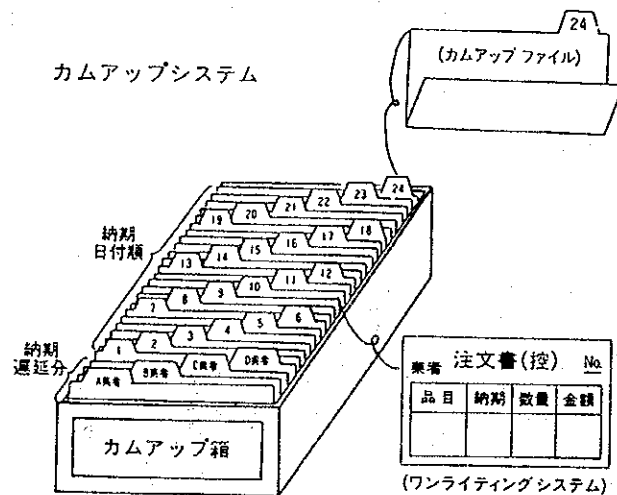


図6-3-14 カムアップシステム (出所：工場を合理化する事典)

注文書(控)は、納期チェック(または納期)の日付に従いファイルし、カムアップ(come up)の日がきたら、事務的にこれを取り出し督促をして、納期を守ろうとするものである。納期遅れの注文書(控)は納期遅延分のファイルに移されて管理される。

当工場で注文書(控)が、カムアップシステム用にもう一枚必要になると考えられるが、納入後は注文書(控)がカムアップファイルから出されるので、現状のシステムを変更して、納入後に注文書(控)を今まで通りファイルすればよい。または、カムアップシステム用に注文書(控)を一枚増やし、ワンライティングシステム(必要な伝票をカーボン紙等を使って、一度に複写するシステム)で伝票を作成すれば、新しく伝票を作成する手間も省ける。

カムアップシステムの採用で、次のような効果が期待できる。

- ・記憶に頼った処理とは違い、確実性が増す。
- ・納期遅れの問題を早めに見つけることができる。納期遅れが減少する。
- ・納期管理が誰でもできる。
- ・事務の簡素化と標準化が図れ、能率が向上する。

6) 受入れ検査の改善

今後、調達部品数が増え、受入れ検査だけで調達品の品質確認するのは難しくなってくる。以下を考慮して受入れ検査の改善に取り組む。

- ①常時厳しい検査を必要としない銑鉄、棒鋼、鋼板などの原材料は、ミルシートなどにより購入業者に品質保証をさせ、社内検査は行わない。
- ②購入品はメーカーに全数保証納入を要求し、受入検査は抜取検査とデータチェックを併用する。
- ③基準を越える不良品が発生した場合は、メーカーに全数引取らせ、メーカーで全数検査後再納入させる。
- ④メーカー指導、外注指導を十分に実施し、メーカーと品質協定を結び、徐々に受入検査を廃止する。
- ⑤長期的にはメーカーに品質保証を義務づけて、受入検査を廃止する。

7) 資材計画作業の一本化

資材計画は生産計画を受けて、内作品・外作品および購入品の手配を一元的に計画するもので、調達管理の上位に位置する。通常計画と管理業務は機能が違うので、組織を分けて実施される。現行では資材計画を一元的に担当する部署がないので、資材計画の職務内容を明確にしたうえで、生産調整部に資材計画の機能を一本化する。

経営販売部では、業務の性格の全く異なる製品の販売と調達が一つの部で行われている。できれば販売と調達は、分離した組織にするよう勧める。

8) パソコンの導入

中・長期的には中国においても、工場の管理作業は確実にコンピュータ化が進むと予想される。当工場でもパソコンによる調達業務の合理化を考える。まず台帳の整備、伝票、帳票類の発行など、取りかかり易いところから電算化処理を検討する。

6-3-4 在庫管理

1) 基本的な考え方

在庫管理では、在庫を最小限に押さえながら、欠品を防止するという、性格的には相反する二つの目的を満足させなければならない。欠品を防ぐには在庫を多く持てばよいのであるが、それでは資金が寝てしまい、金利負担で採算性が悪化する。さらに在庫維持費用も増大する。またモデルチェンジ、技術革新などで、在庫品そのものが陳腐化して、使用できなくなるリスクもある。

当工場の在庫レベルは高く、その削減を図って資金の流動性を高める必要がある(第5章 財務管理の現状と問題点参照)。そのためには適正在庫はどれだけか、という見直しを行い、それを維持するための管理をもっと容易にすることが大切である。それには重要度に従って在庫品を分類し、その重要度によって異なる在庫管理をする必要がある。その方法として「目で見える管理」を取入れた在庫管理がある。

中期的には、在庫品の引当てができる資材計画を採用する(MRPの採用: 6-3-3 調達管理参照)。

2) 在庫整理と不要品の緊急処分

(1) 在庫整理

在庫整理は図6-3-15に示す手順で実施する。まず3ヶ月分の在庫を目標に在庫整理をする。各在庫品に対して3ヶ月分の在庫数の赤札を用意する。この赤札をそれぞれの部品を置いてある部品棚に置き、その部品を払い出す毎に、その数だけ赤札を取り出す。残った赤札の枚数を、整理開始後2ヶ月、3ヶ月、……、6ヶ月後に点検する。各月で残った枚数をみて、図中に示したような基準で在庫量の判断を行う。その次の在庫整理では、3ヶ月分の標準在庫を見直して、さらに短い基準で実施する。

(2) 不要品の緊急処分

当工場の倉庫には何年も払出されておらずホコリをかぶった部品や、引当て先のない半成品、さらには行先のない完成品のポンプが多くみられる。こ

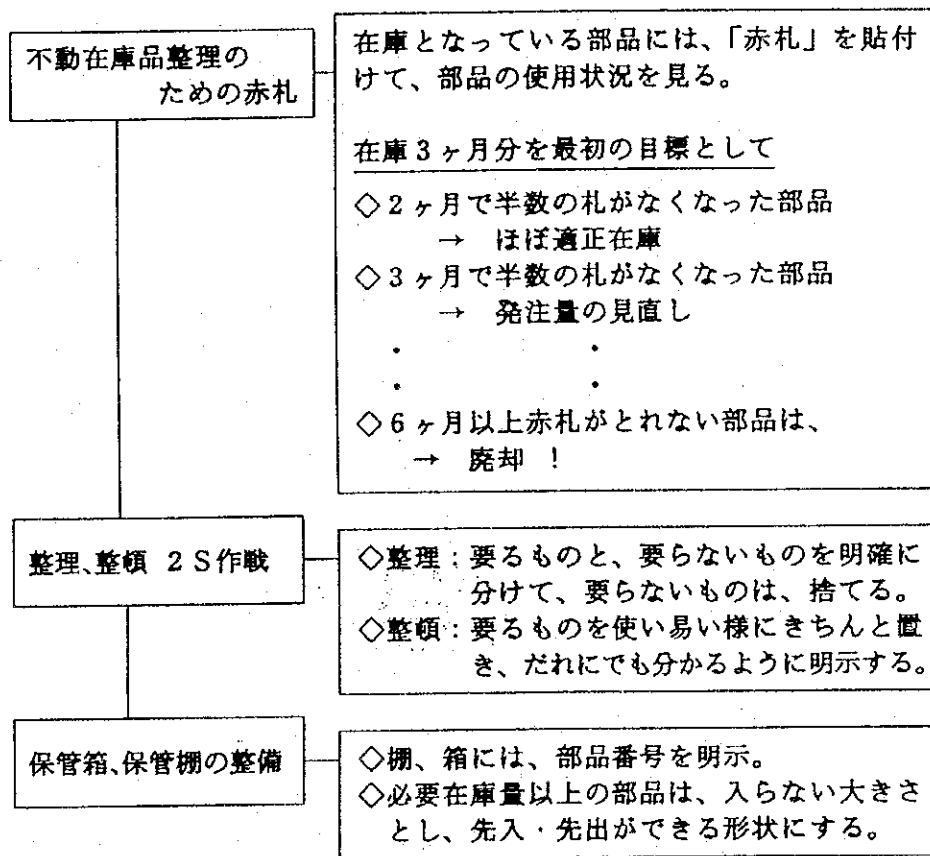


図6-3-15 在庫整理の手順

これらを(1)で述べた在庫整理の前に、緊急処分しなければならない。しかし、これらは資産であるから、現場の担当者が自分自身で処分することはできない。この処分は工場長クラスのトップが判断することである。したがってトップが不要品処分計画に参画する。これは不良品の処分の成果を左右する重要なことである。

不要品の処分は一斉に実施しなければ、効果が上がらない。不要品の処分には、「赤札作戦」という処分方法がよく使われる。赤札作戦は次の手順で進められる。

- ① 決 断 : 工場のトップが不要品処分を決断する。
- ② 対象を決める : まず倉庫から始め、次に工場の床スペースを行う。

- ③整理基準を決める：必要と不要の整理基準を決める。
- ④赤札作成：不要なものを誰が見てもわかるように、A4程度の大きさの赤紙を用意し、不要物の名称、数量、管理担当などを記載できるようにする。
- ⑤赤札貼り：工場トップと現場責任者が一緒に巡回し、不要なものに赤札を貼る。
- ⑥不要品置場の設定：不要品置場を設定して、転売できるもの、スクラップとして利用できるもの、捨てるものに仕分けする。
- ⑦不要品の撤去：できるだけ早い機会に不要品を処分する。

将来必要と考えられる物でも、当面必要ないものは思い切って処分する。このようなものは結局使われないものが多い。例えそれが必要になっても、その時は新品を買えばよい。不要品を抱えておく方が、ムダが多い。

3) 「目で見る管理」に基づく保管方法

目で見る管理のまず最初は、置場の表示である。部品棚と表示方法の例を図6-3-16に示す。

部品棚の表示は、金物倉庫ではある程度実施されているが、その他の倉庫で床に直

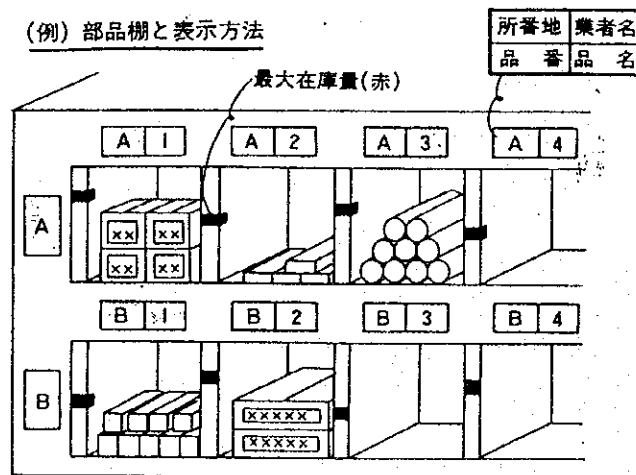


図6-3-16 部品棚と表示方法の例 (出所：工場を合理化する事典)

置きしている大物部品、仕掛り品については、表示らしきものが付いておらず、乱雑に置かれているのが現状である。まず、置場を固定して、その置場が特定できる所番地を設定することから、目で見える管理を始める。その置場には部品棚と同様の表示を行う。

引当て先のある部品、仕掛品、半成品には、その引当て先／工番を記入した札を付けて、誰が見てもどの顧客用の品物か、分かるようにする。

4) 在庫管理の差別化 (2ピン方式の採用)

①在庫品のABC分析

工業用ポンプの品揃えが進むということは、多品種少量生産に移行するということで、在庫取扱品種が増えていく。在庫品を全品同じように管理していくやり方では、限界がでてくる。多くの在庫品のうち使用金額の多くは、ある少数の在庫品で占められているのが一般的である。当工場の場合、原材料、モーターなどがこれに相当する。

今後、在庫品の差別化を図り、以下の基準で在庫管理を実施するよう勧める。

- ・高価な在庫品は在庫量を減らし、欠品が起きないように重点的に管理する。
- ・安価な在庫品は欠品が起きない在庫量を常時保証するかわり、管理はあまり行わない。

重点管理を行う在庫品は、図6-3-17に示すようなABC分析(パレート分析)を行って決定する。

「ABC」とは重要度と差別化を示すもので、「A」は最重要、「B」は重要、「C」は普通というように、三つのランクを示している。

在庫管理でのABC分析は、縦軸に在庫品の使用金額(単価×消費量)の累計をとり、横軸に在庫品の累計点数をとる。つぎに在庫品の使用金額の多い順に、グラフ上で累積をとりながらプロットする。そして横軸の累計点数を、使用金額の大きい方から10%をAランク、次の20%をBランク、残りの70%をCランクとする。一般的にはAランクの使用金額累計は60~70%、Bランクを加えると80~90%となる。

例えばAランク品の棚卸しは毎月、Bランク品の棚卸しは年2回、Cランク品の棚卸しは年1回(期末)、という差別化された管理方法をとることができ

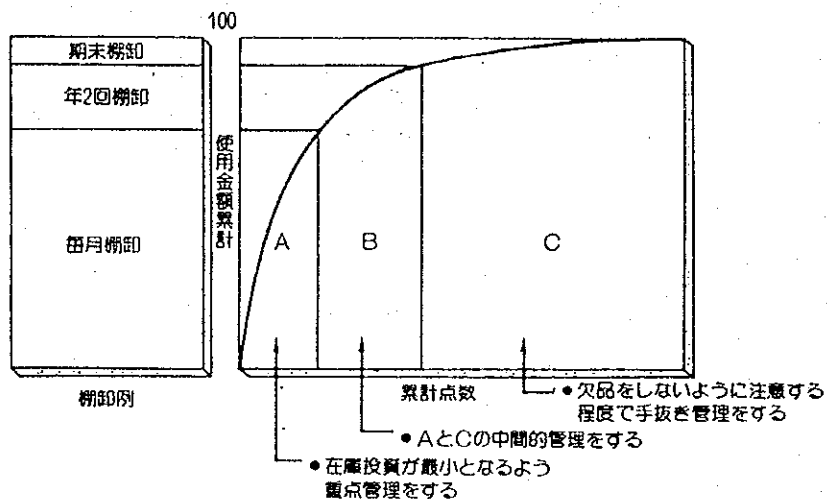


図 6 - 3 - 17 在庫品のABC分析

る。一般的にCランク品は、標準品のように安くて品数が多いので、手抜き管理をすることになる。この手抜き管理を助けるために、2ピン方式の採用を提案する。

② 2ピン方式

2ピン方式は定量発注方式の運用方法の一つで、帳簿による管理をさけ、現品本位の見える管理を採用した方法である。

2ピン方式では一つの在庫品に対し、二つの棚または容器（箱等）を用意する。まず両方の箱に一定量（経済発注量+安全在庫量）を入れておき、一方の箱からだけ出庫する。この箱がカラになったとき、担当者が一定量を発注し、もう一方の箱の在庫品を使い出す。このように二つの棚または容器を交互に使うため、在庫の新陳代謝が図れる長所がある。棚には必要項目（コード、品名、型式、発注量、メーカーなど）を示したカードを提示しておくとう便利である。

5) 在庫品からホコリ、錆の追放

金物倉庫の保管棚に、部品がある程度整理されて保管されているが、ホコリまみれになっていたり、錆が発生したりしている部品が目につく。棚に備え付けてある現品カードも汚れて、読み取りが難しいものも多い。