

第4回：製品と工程の分析

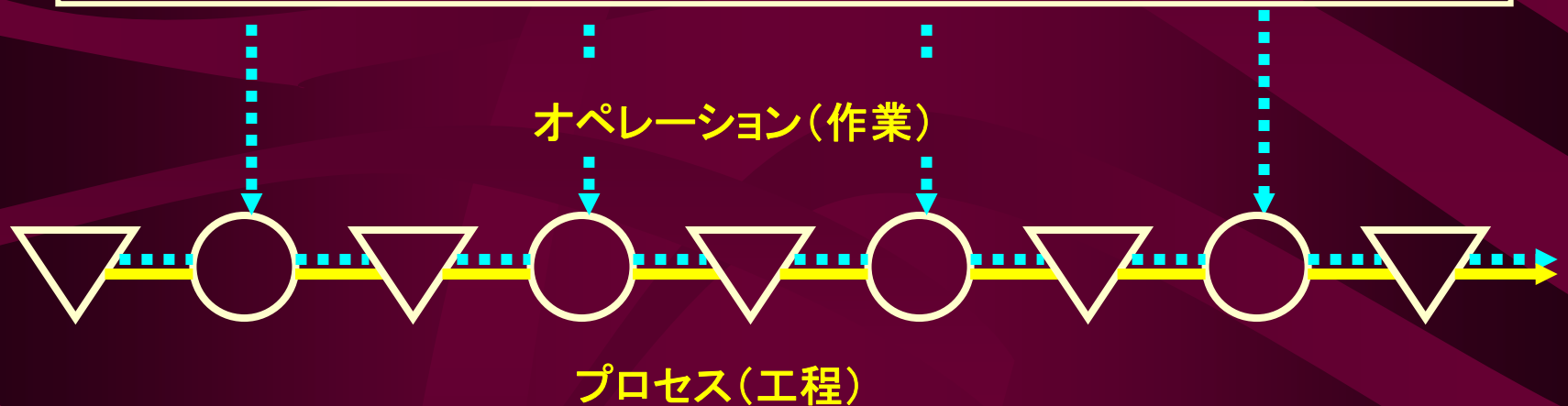
1. 製品と工程の「入れ子」構造
2. 製品設計から工程設計へ
3. 製品・工程マトリックス

東京大学経済学部

藤本隆宏

プロセスとオペレーション(情報の受発信としての解釈)

各ステーション(作業員・設備・ソフト・マニュアルなど)に
配備された**設計情報**

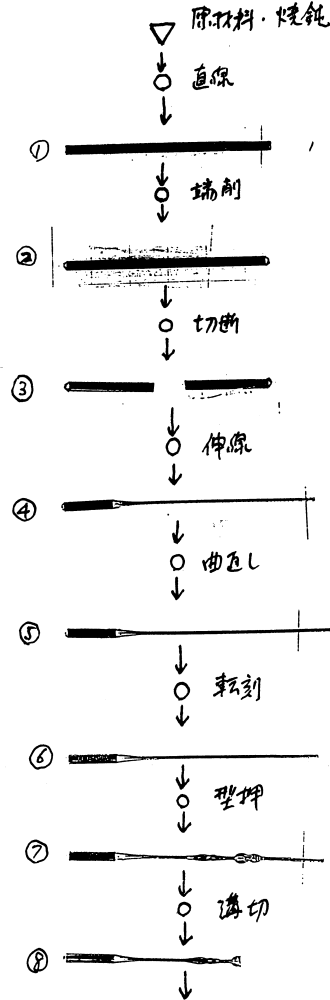


凡例:

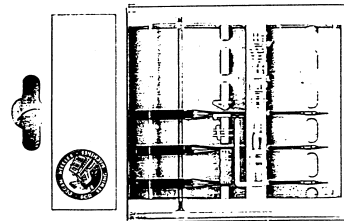
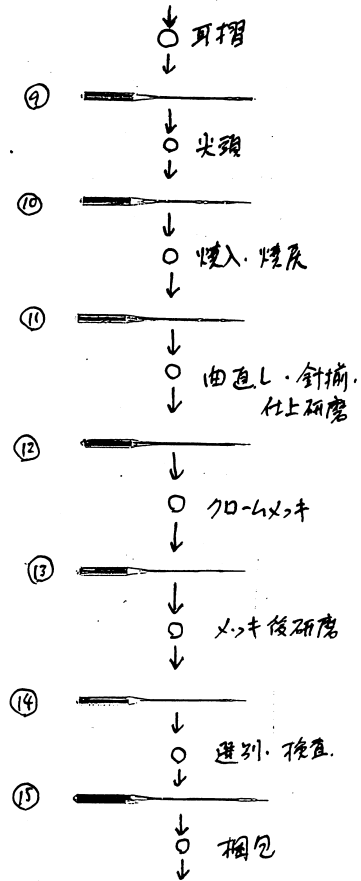
→
モノの流れ

⋯→
情報の流れ

例: ミシン針の工程と仕掛品

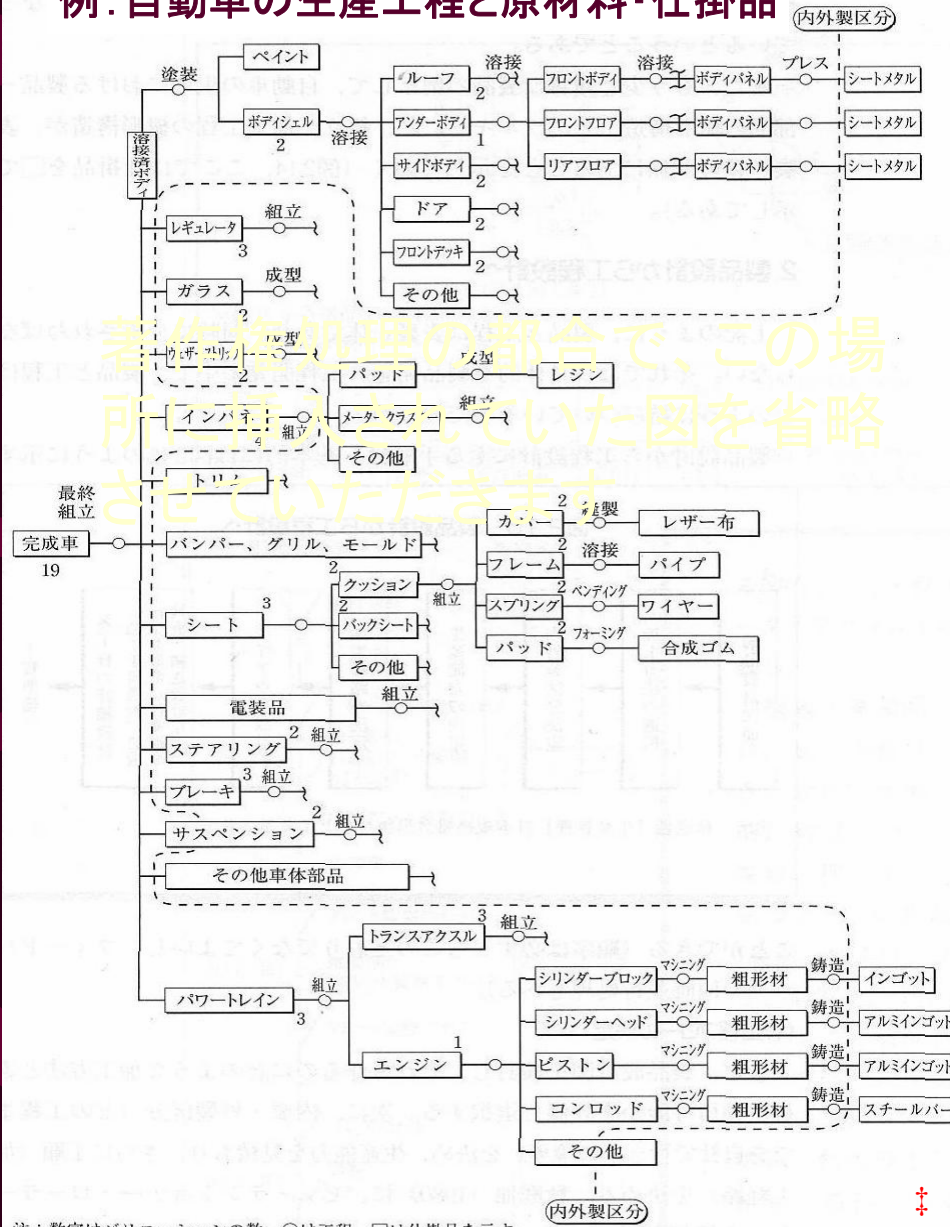


提燈: オルガン針 192/10



完成品・出荷

例：自動車の生産工程と原材料・仕掛品

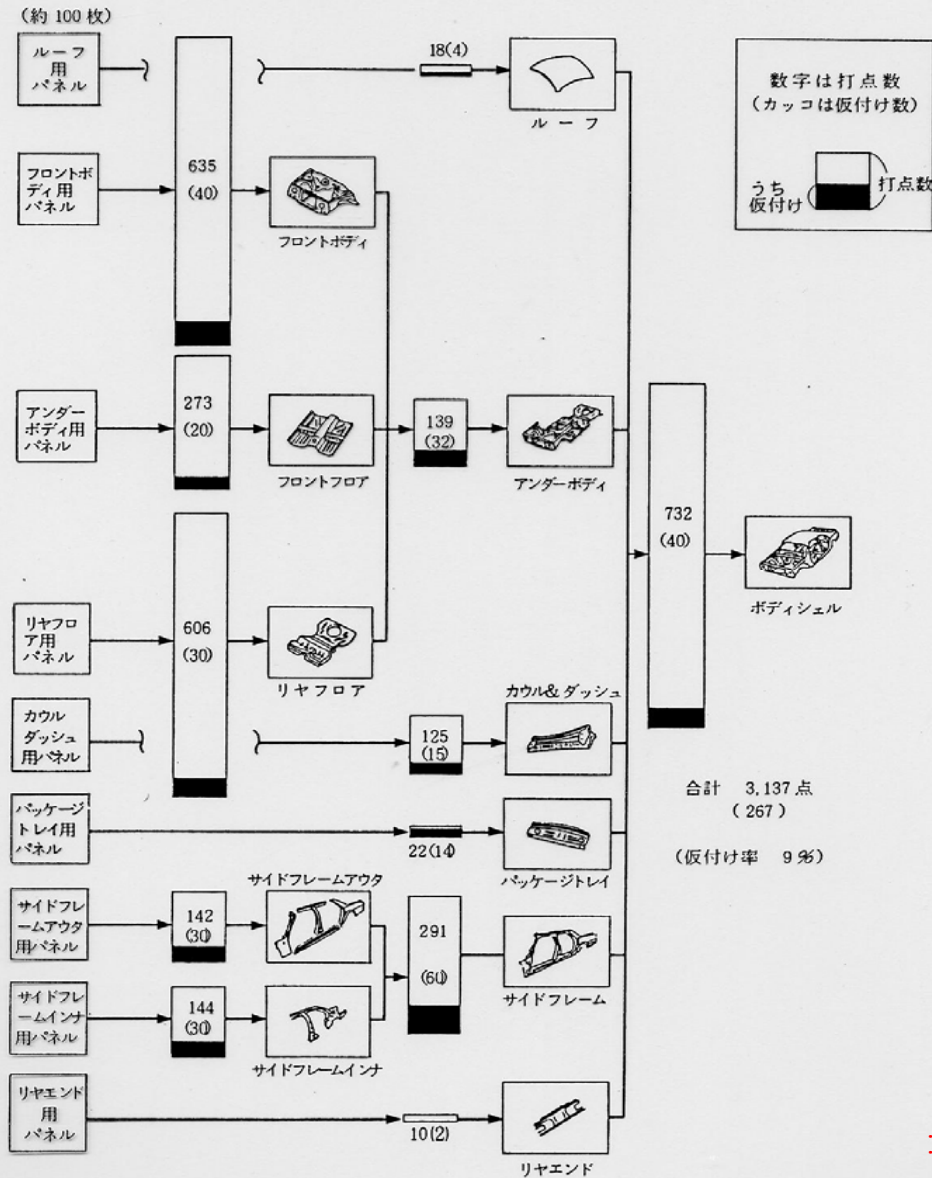


著作権処理の都合で、この場所には掲載していません。この図を省略させていただきます。

組立製品の場合、裾野の広がった階層構造になる。

(部品表)

例：自動車車体の工程と仕掛品



資料：三菱総合研究所 報告書 1983年

出典：社団法人自動車技術会 会誌「自動車技術」1982年No.7『小型乗用車のボディ・スポット溶接点数(東洋工業の例)』

2. 製品設計から工程設計へ

(1) 製品設計図(設計情報)を検討

(2) 工程の基本コンセプトを作成

素材と加工方法

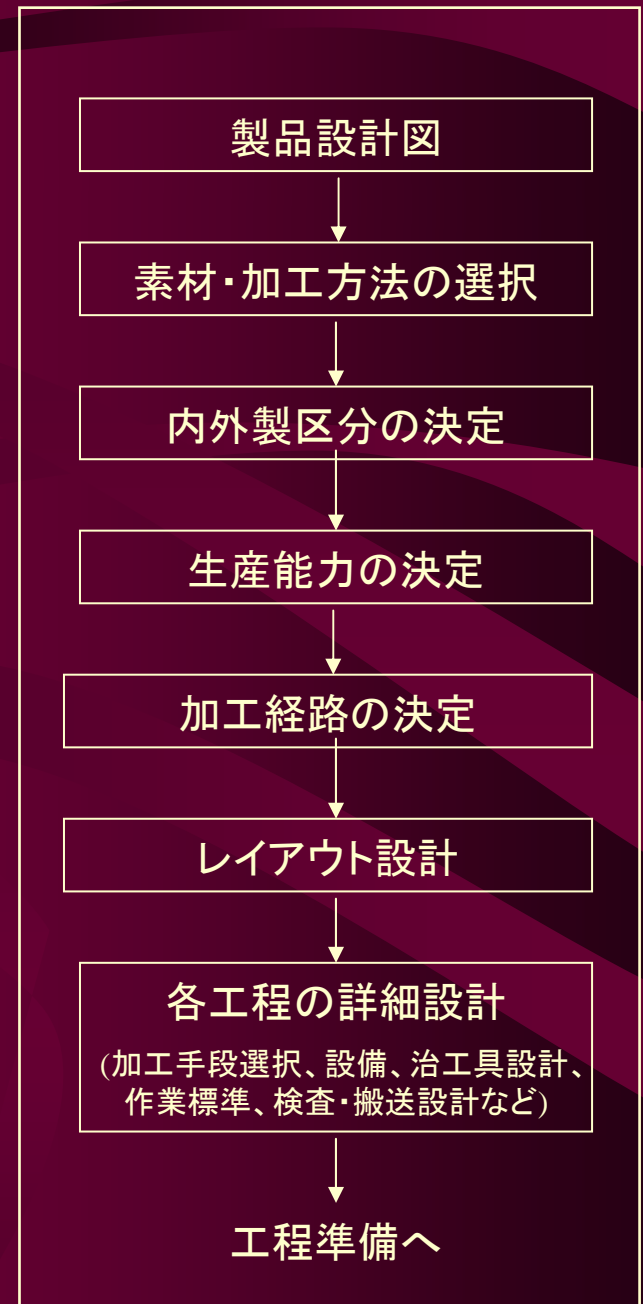
内外製区分

生産能力

加工経路

(3) 工程レイアウト

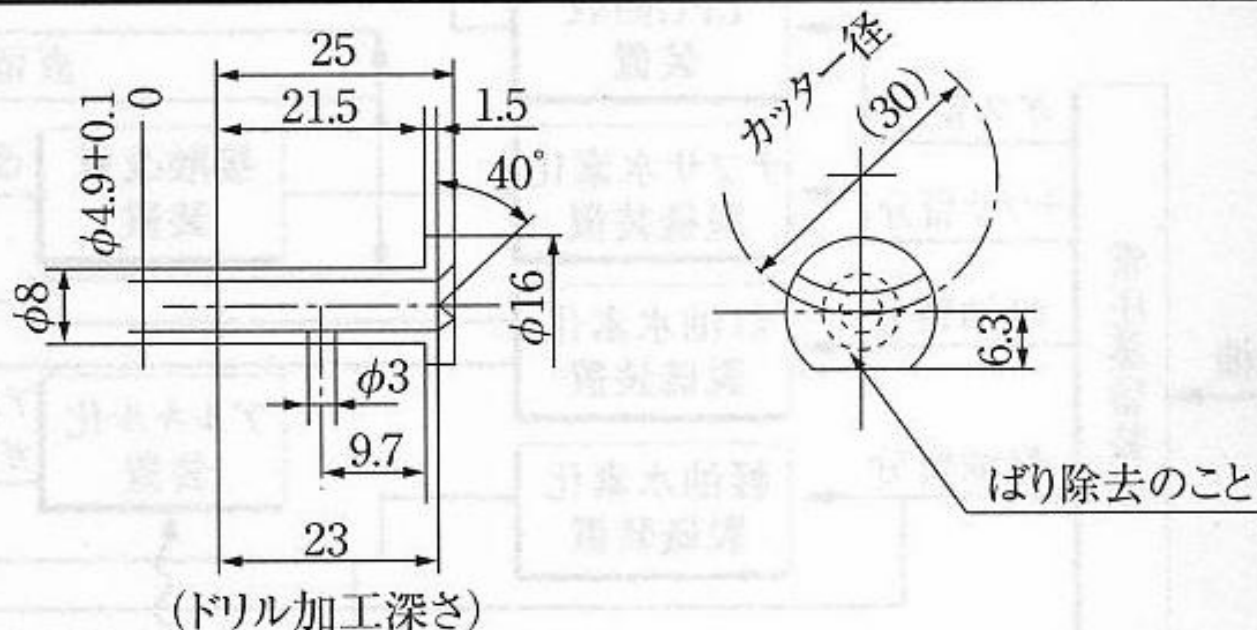
(4) 各ワークステーションの詳細設計



製品設計図とそれに対応する工程フローダイアグラム(1)

部品図

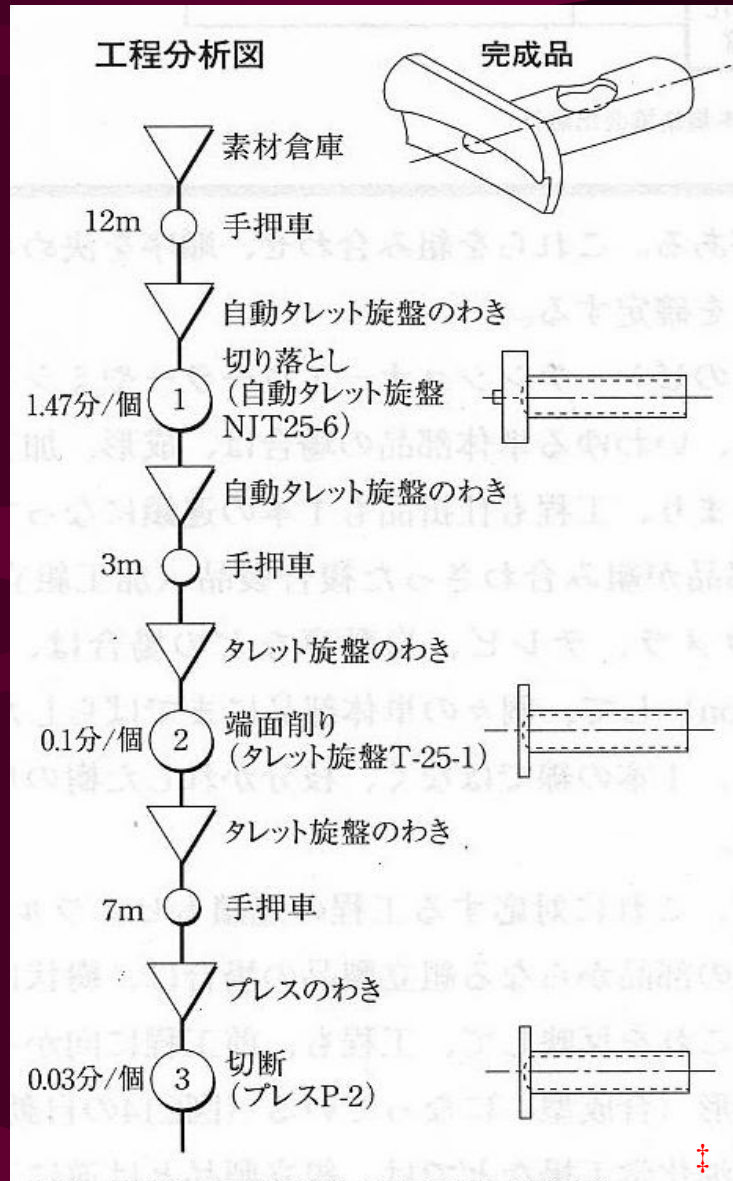
整理No. 2 ~ 3



- NOTE 1.各隅部はC面取りのこと
2.使用個所チェーンショナー

材質 SS34B	個数/台	尺度				部番	14515-551-3000
	1/1	1/1					=567
検図	製図	製図年月日				品名	PIN TENSIONER ROLLER
池沢	M.I.T P.C研	51年3月3日	551-1-1量産新図(★)	42.3.27	染の		
			符号	改訂理由	年月日		

製品設計図とそれに対応する工程フローダイアグラム(2)



要するに、
製品設計情報を
工程設計情報に
翻訳する

加工方法の選択(1)

成形 (鋳造、鍛造、プレス、焼結、押し出し、圧延、etc.)

切削加工 (旋削、穴あけ、平削り、形削り、中ぐり、フライス、研削、ブローチ、歯切り、etc.)

処理 (メッキ、塗装、熱処理、etc.)

組立 (溶接、接着、ネジ止め、ピン止め、かしめ、圧入、はめ込み、etc.)

加工方法の選択(2)

機械工業の場合

機械加工

鋳造加工

〔砂型鋳造法、精密鋳造法、遠心鋳造法、ダイカスト、
低加圧鋳造法、真空鋳造法、連続鋳造法〕

粉末や金加工

(整形法、焼結法)

塑性加工

〔鋳造加工、圧延加工、管材加工、押出し加工、引抜き
加工、冷間鋳造、プレス加工、転造加工〕

切削加工

〔施削、穴あけ、中ぐり、平削り、形削り、フライス削り、
研削、ブローチ削り、歯切り、金切り〕

溶断加工

(ガス切断、アーク切断)

処理加工

表面処理加工

〔セメンテーション、金属皮膜法、さび止め皮膜法、
フェーシング、電気化学的処理、塗装〕

磁化加工

組立加工

溶接加工

〔ガス溶接、アーク溶接、抵抗溶接、圧接、ろう付け、
はんだ付け〕

接着加工

結合加工

(ねじ止め、ピン止め、リベット、かしめ、圧入、はめ込み)

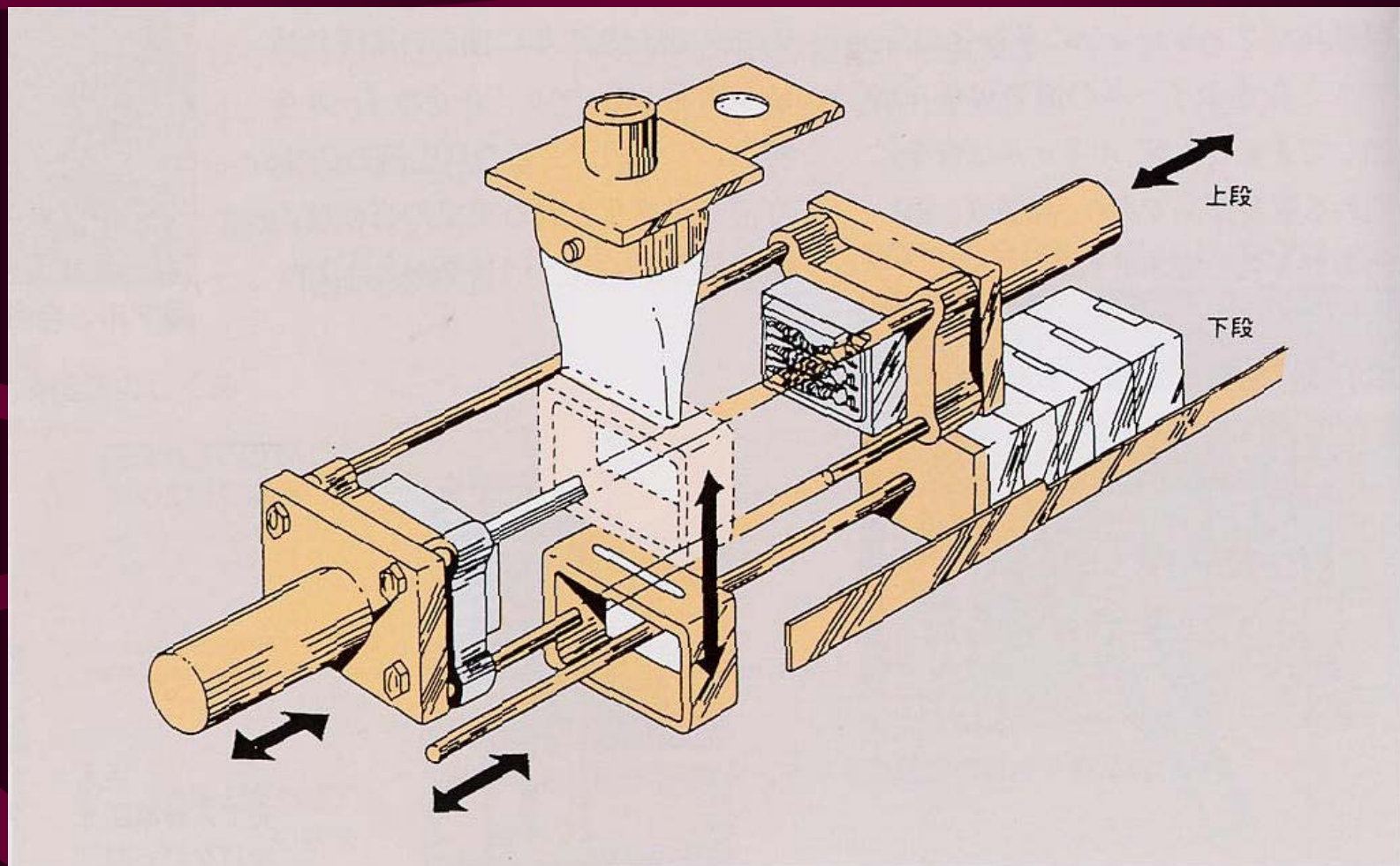
機会を見てみつけて
実物を見ておくとよい
(工場現場、博物館・・)



産業技術記念館

TOYOTA *Commemorative Museum of
Industry and Technology*

鑄造・成形（縦型鑄造法造型機）



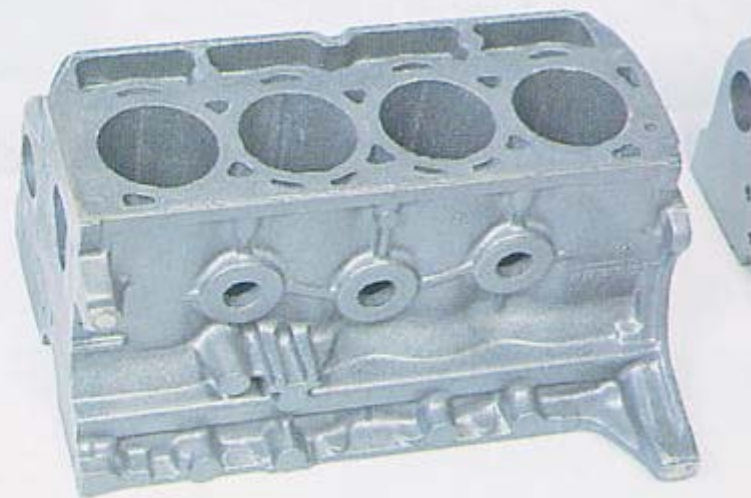
上段で無粋の砂型を縦型に造型する」。下段に砂型を連続して並べ、鑄込む。

機械加工

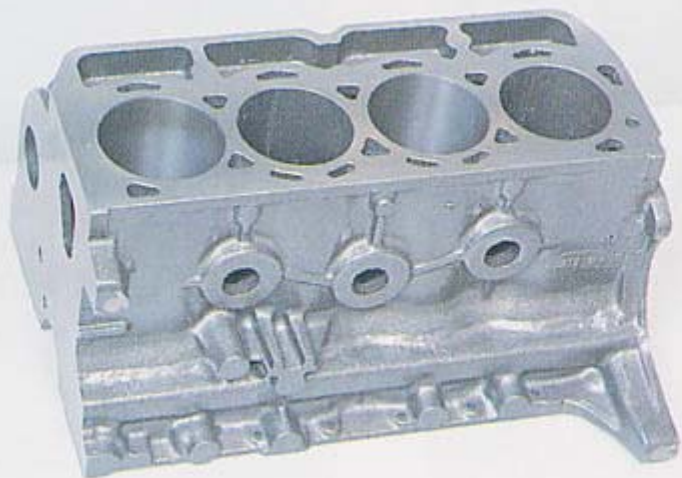
(エンジンの切削加工)

■ 4 Kエンジンシリンダブロックの 工程見本とボーリングカッタ

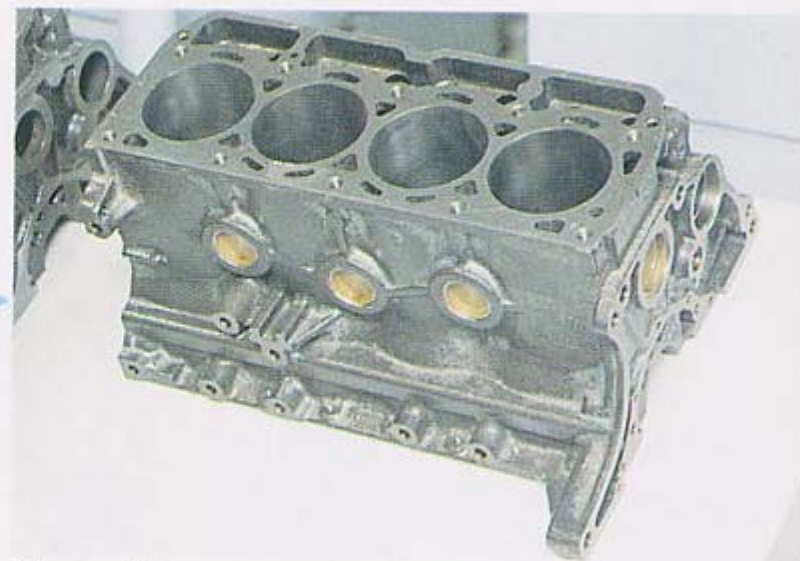
カッタは刃先となるスローアウェイチップと、チップまたはカートリッジ(チップを取付け寸法調整可能)を保持するホルダから構成される。



素材(鋳鉄製)



荒中ぐり加工



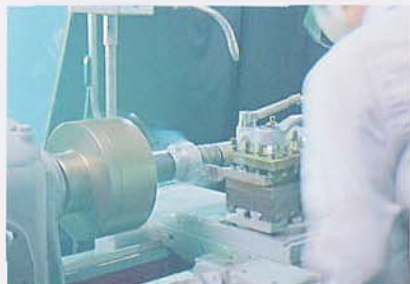
仕上げ加工後の完成品

機械加工 (昔の旋盤、研削盤)

■1930~1940年代の工作機械

トヨタ製E型旋盤 (1941年/トヨタ内製)

トランスミッションのカウンタギヤなどの小物部品の外径部分を削るために、自社内で開発した小型旋盤機です。当時は万能タイプの大型の旋盤が多かったため、トヨタでは用途別に対応した自動車部品専用の各種旋盤をシリーズ化して社内で作りました。展示機は、最小限の機能をもった小型旋盤です。

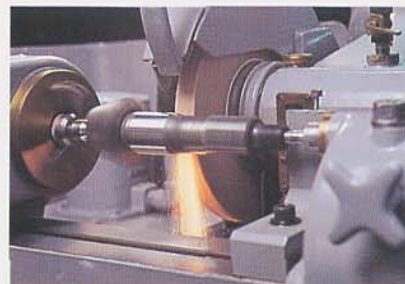


カウンタギヤの旋削加工

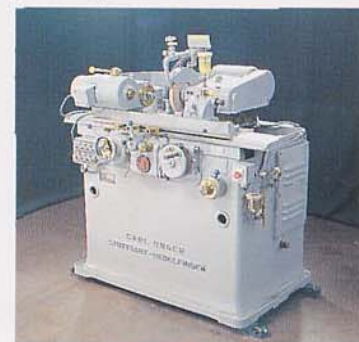


カールウンゲル社製円筒研削盤 (1938年/ドイツ製)

ドライブピニオンの外径部分を削るための研削盤です。当時、高精度の研削盤は、その大半が海外からの輸入に依存していました。大型部品用はアメリカのノートン社製、小型部品用は展示機のカールウンゲル社製のものが多く使われていました。これらの機械を使いこなして、精度の高い部品を加工するには、熟練工の技能に頼っていました。



ドライブピニオンの研削加工



素材
＜カウンタギヤ＞



完成品



工具(バイト)



素材
＜ドライブピニオン＞



完成品



工具(研削砥石)

プレス成形

(昔のプレス設備)

■ 600トンプレス



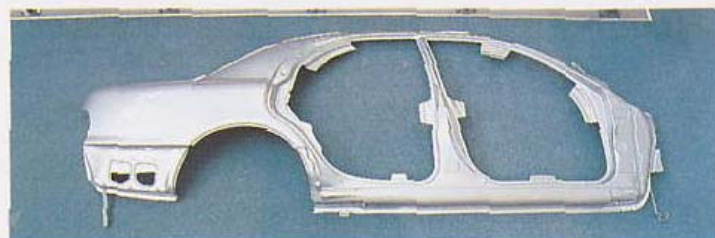
プレス成形 (自動車のサイドボディ)



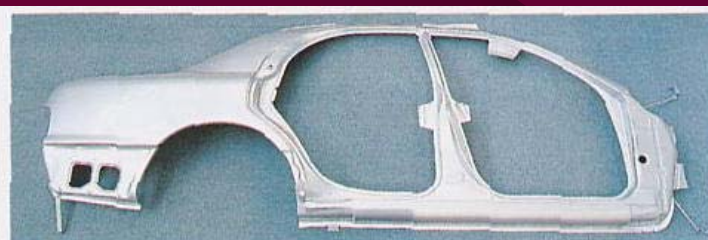
素材



絞り



抜き曲げ



寄せ抜き曲げ(1)



寄せ抜き曲げ(2)

溶接組立 (自動車の車体の専用マルチスポット溶接機)

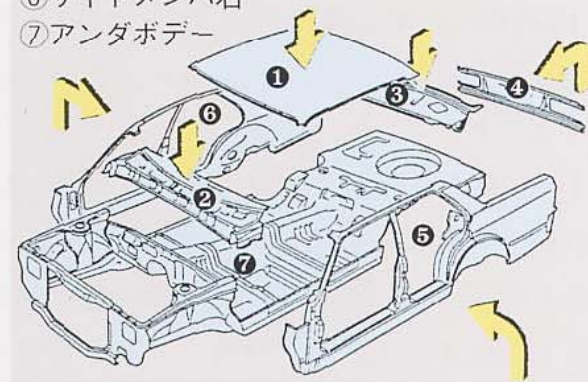
■メインボデー組付自動溶接機



展示機は、1980年代にカローラ系のメインボデー組付治具を備えたマルチスポット溶接機であり、量産への対応と自動化を目的に開発された。

■メインボデーの構造

- ① ルーフ
- ② カウル
- ③ アップバック
- ④ ロアバック
- ⑤ サイドメンバ左
- ⑥ サイドメンバ右
- ⑦ アンダボデー

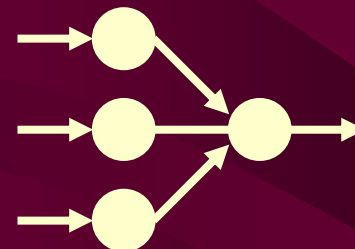


加工経路(加工順序)

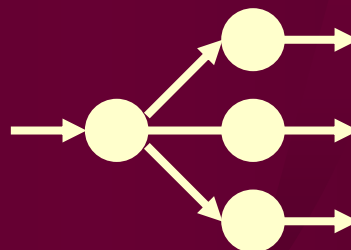
単体部品 → 単線型



複合製品(加工組立製品) → 樹型(ヒエラルキー型)



石油化学製品など → 分解型



単線型

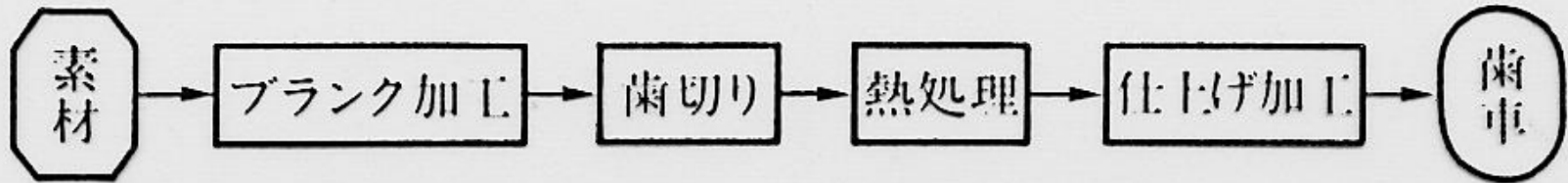
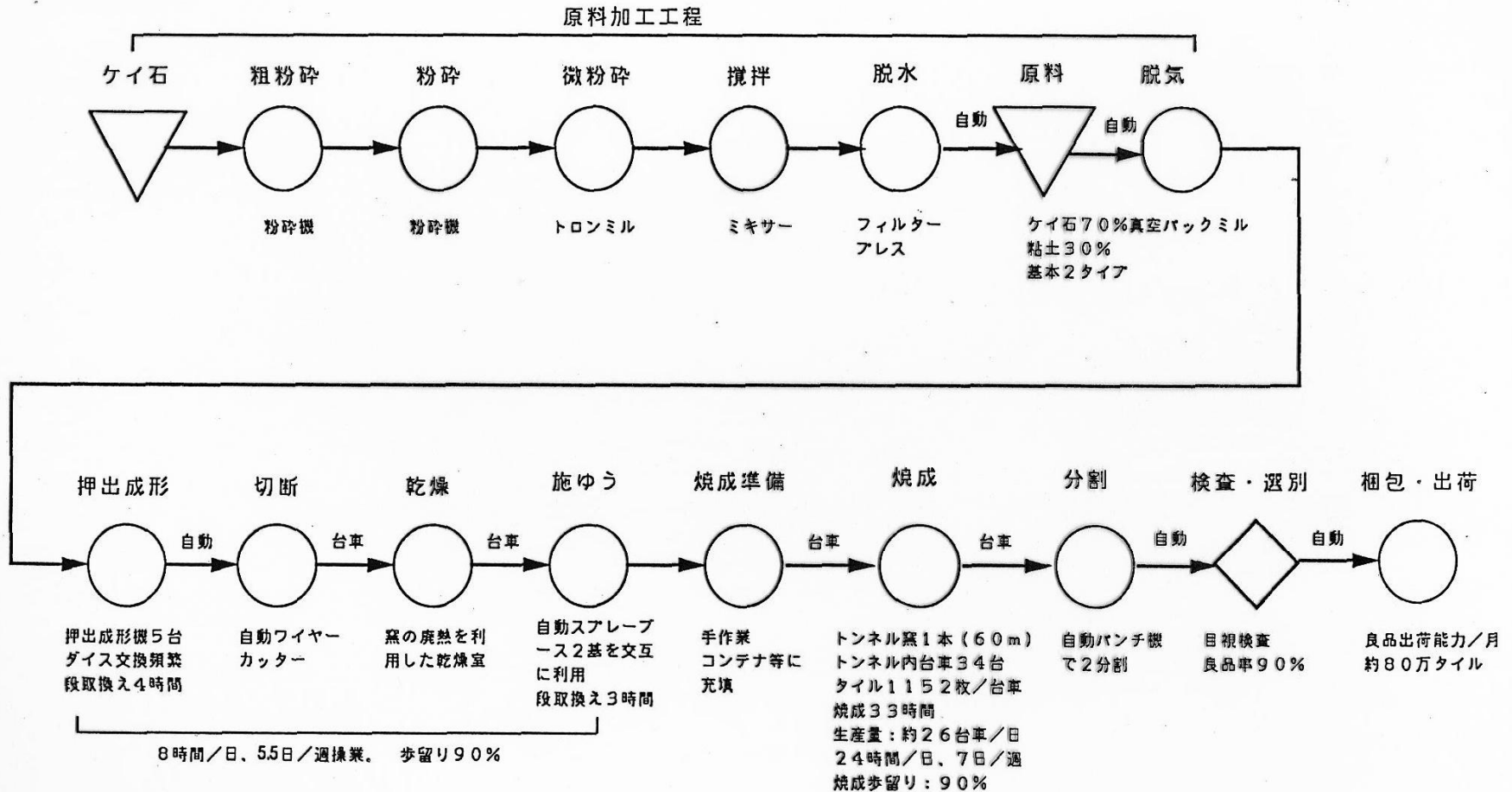


図2・12 単純(直線状)工程パターン

タイルの例(単線型)

タイル製造工程の概要(本社第一ライン)



注:設計・見本工程は省略。タイルは、23センチx6センチの2丁掛タイル換算

ヒエラルキー型(樹型)

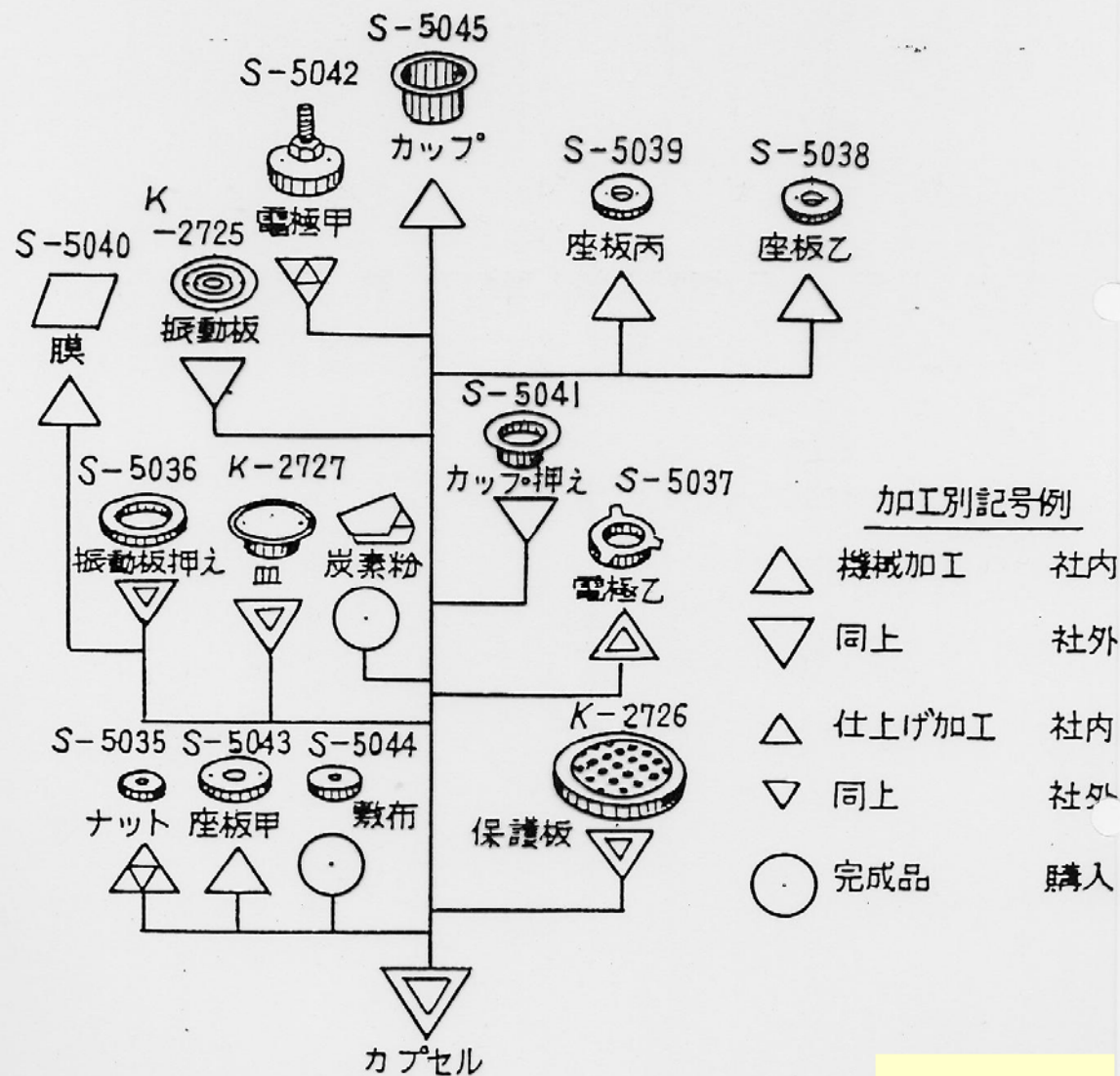
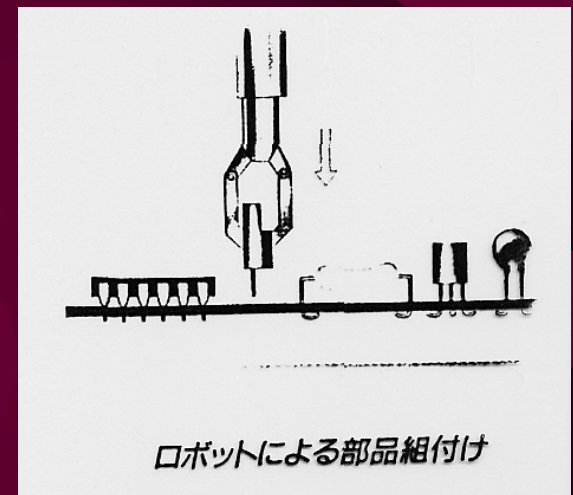
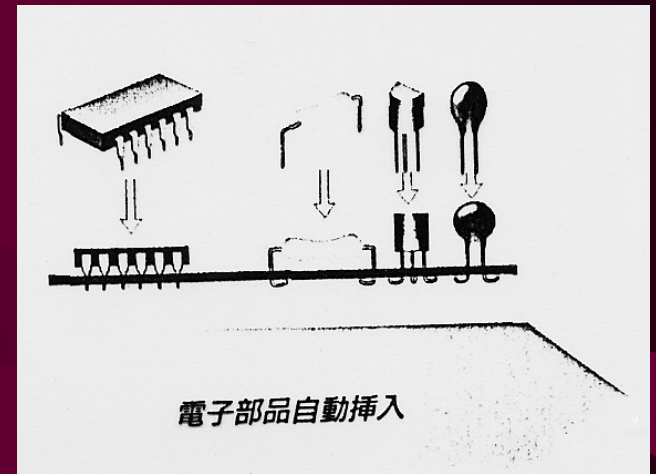
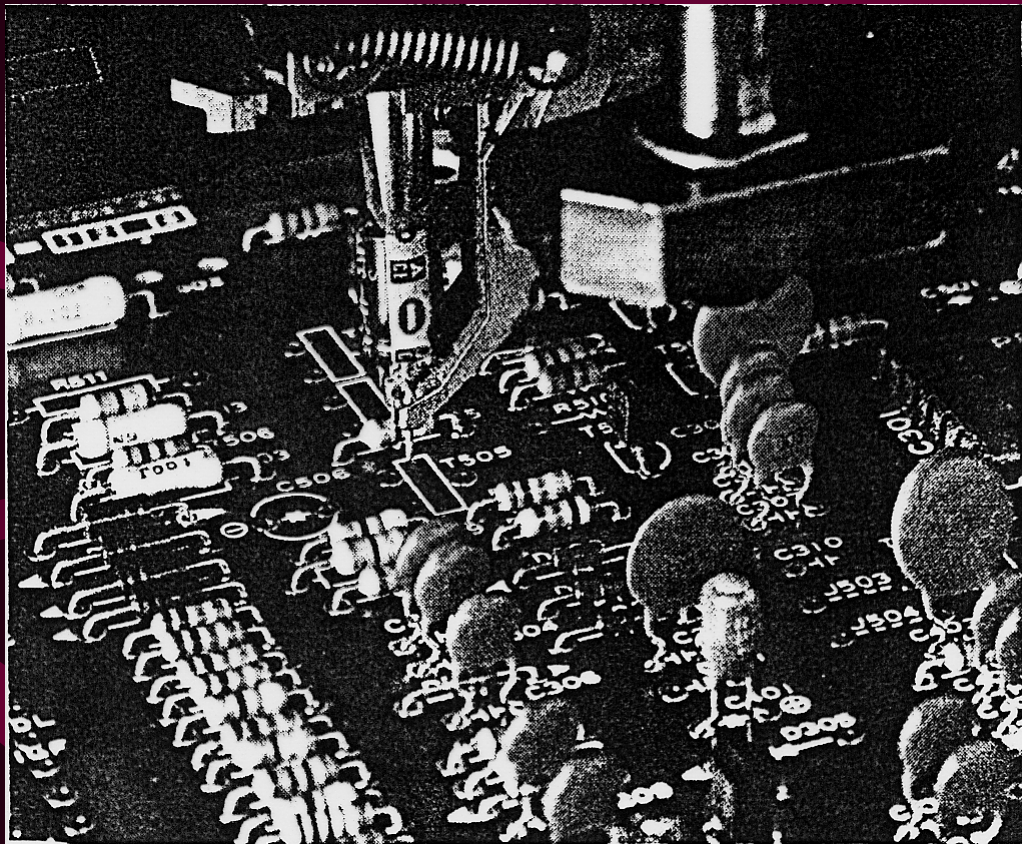
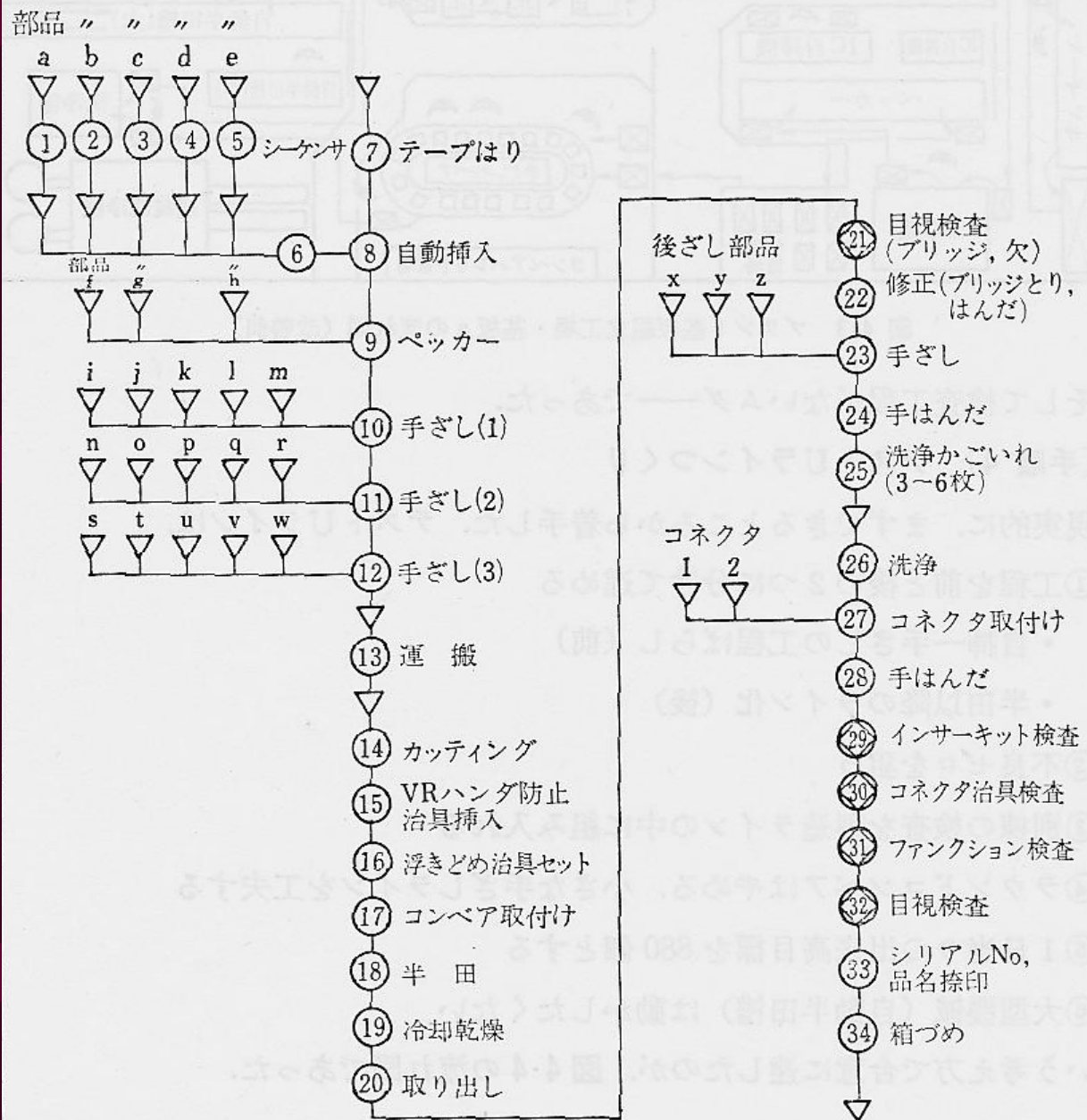


図 3.8 組立図 (一例) [2]

プリント基板実装の例(樹型)



プリント基板実装の例(樹型)



分解型(石炭化学)

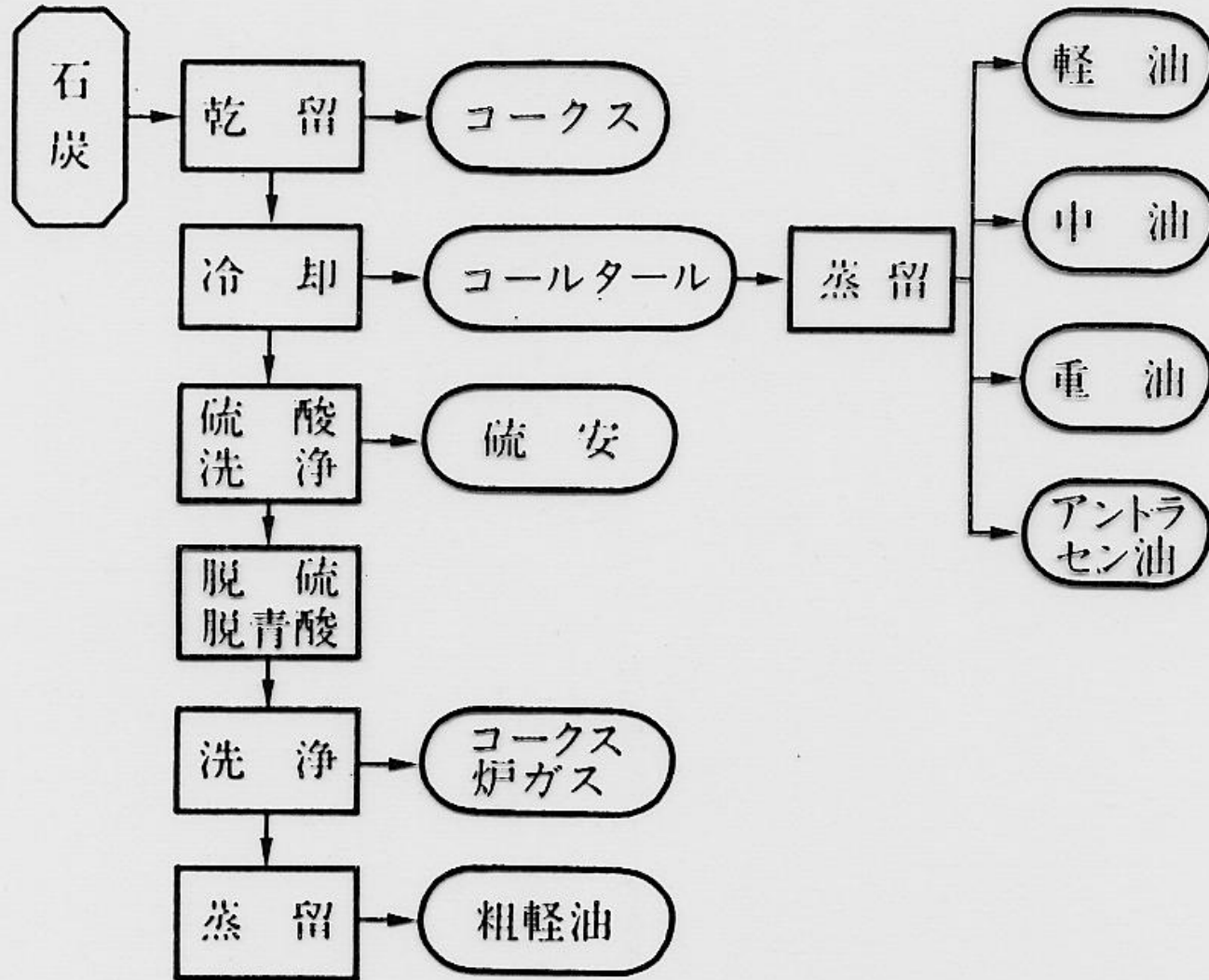
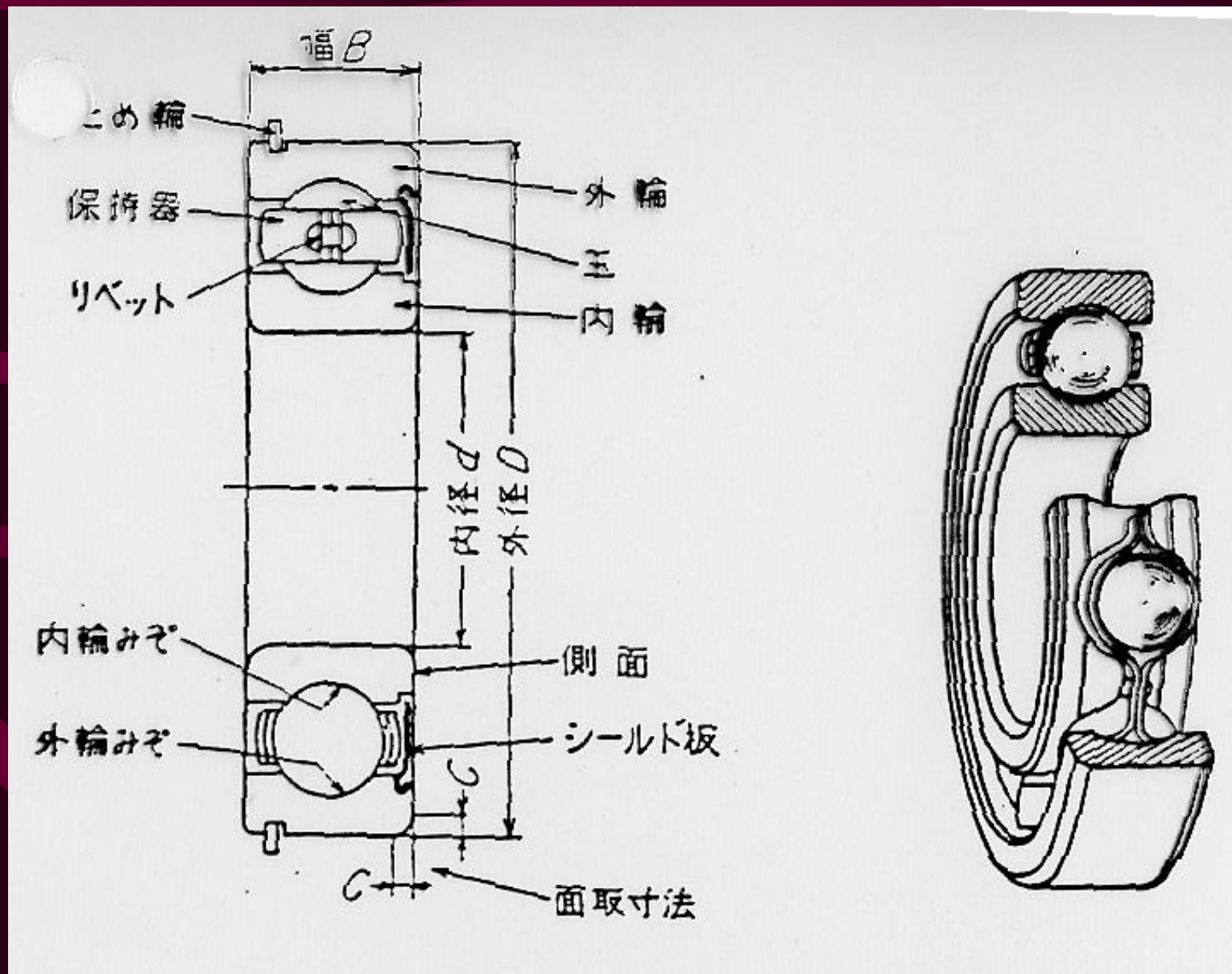


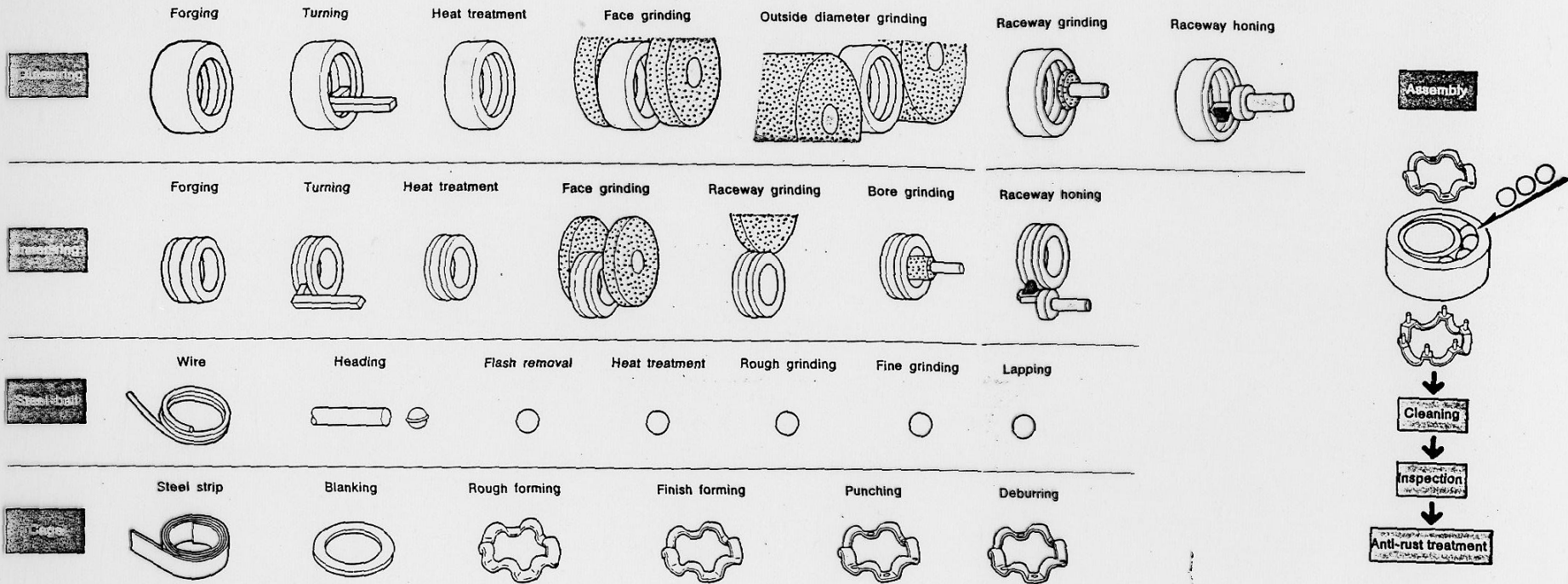
図2・13 分解工程パターン(石炭化学工業⁽⁵²⁾)

ボールベアリングの例； 製品設計から工程フローへ (1)



ボールベアリングの例； 製品設計から工程フローへ (2)

How a Ball Bearing is Made



工程レイアウト

万能型レイアウト

機能別レイアウト

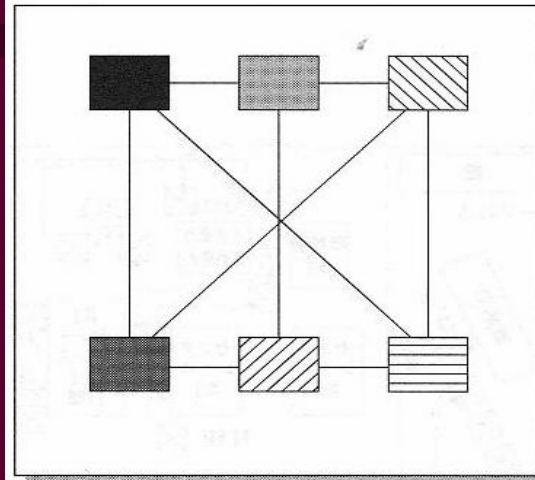
製品別レイアウト

レイアウトの改善事例

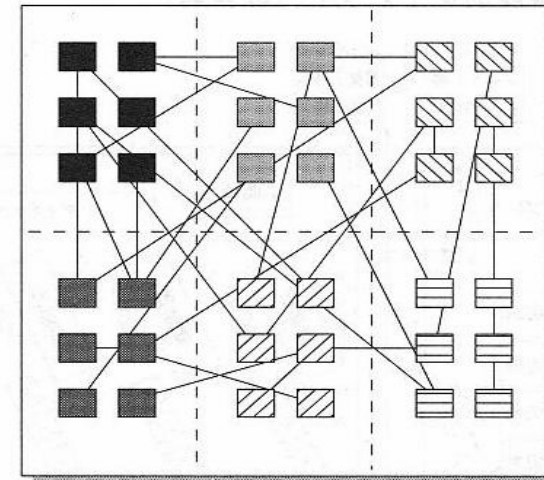
レイアウトのタイプ

レイアウトのタイプ (機械職場の例：概念図)

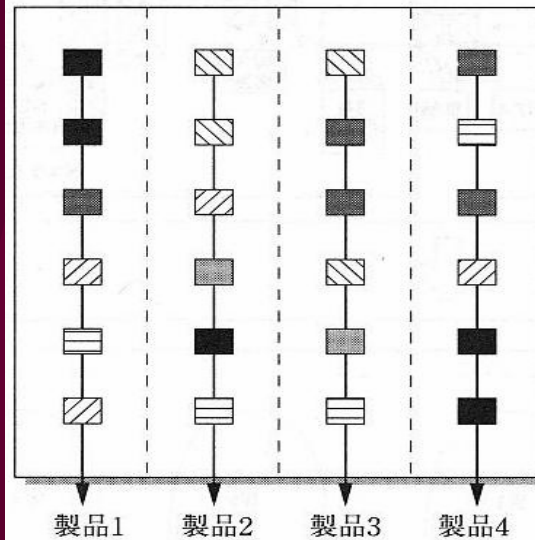
万能型



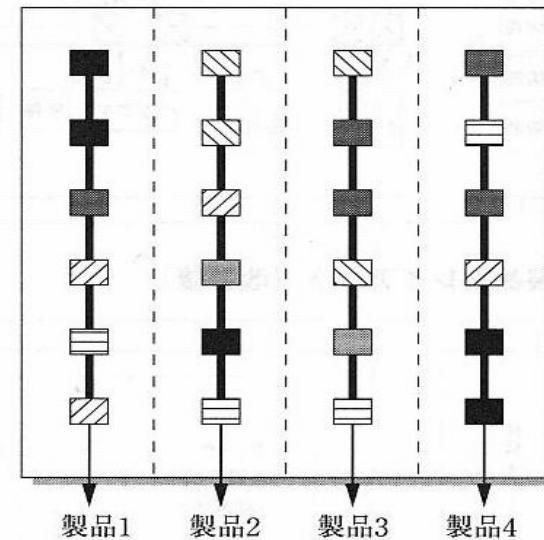
機能別



製品別 (半流れ式)



製品別 (流れ式)



凡例 ■ ボール盤 ■ フライス盤 ▨ 旋盤 ▨ 研削盤 ▨ 平削盤 ■ 歯切盤

—— 同期化していないワークの流れ

—— 同期化したワークの流れ

レイアウトのタイプ

(a) 万能式

著作権処理の都合で、この場所に挿入されていた図を省略させていただきます

(c) 品種別(半流れ式)

著作権処理の都合で、この場所に挿入されていた図を省略させていただきます

(b) 機能別

著作権処理の都合で、この場所に挿入されていた図を省略させていただきます

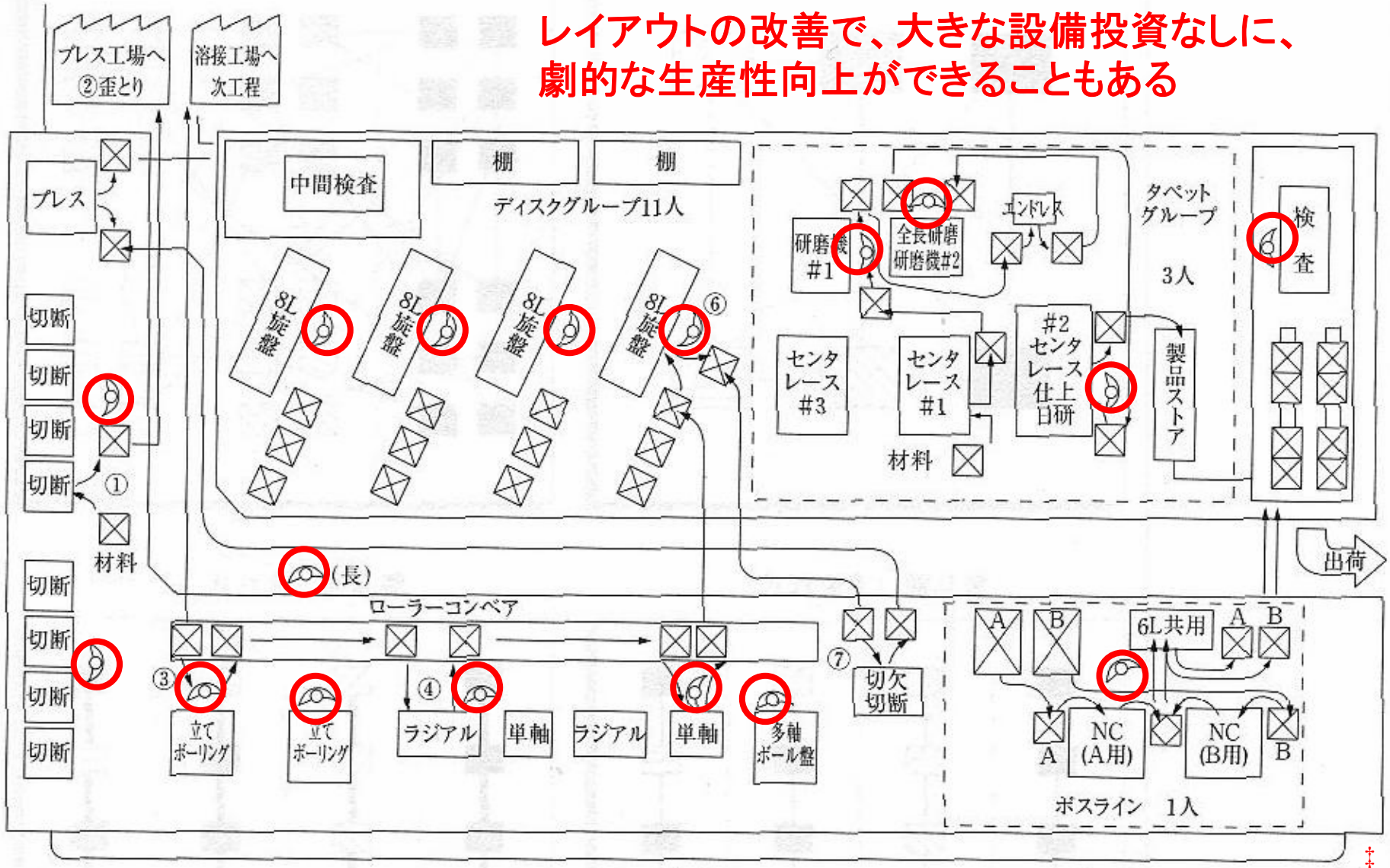
(d) 流れ式(機械加工)

著作権処理の都合で、この場所に挿入されていた図を省略させていただきます

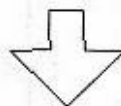
レイアウト改善の事例（機械工場の例）

a.機能別レイアウト（改善前）

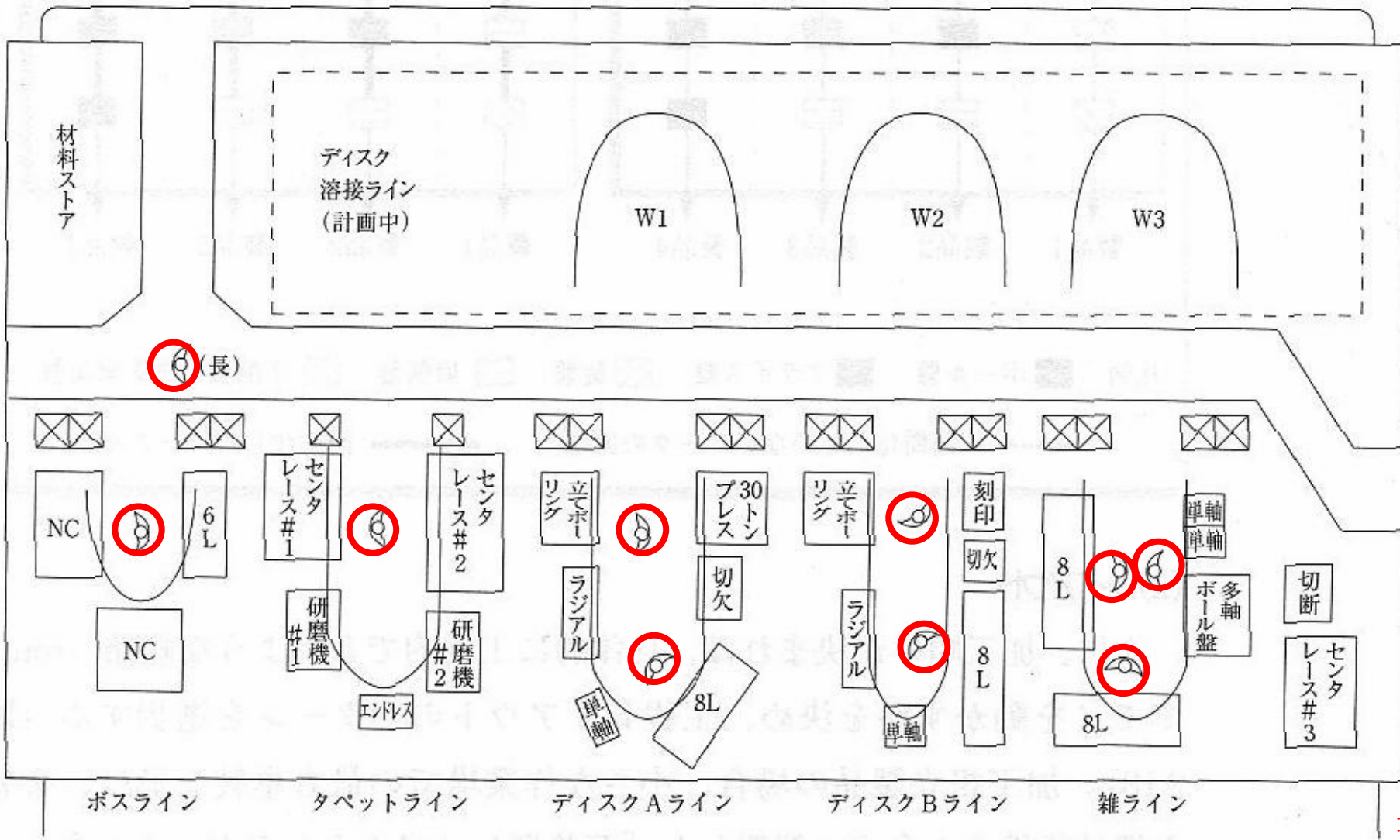
レイアウトの改善で、大きな設備投資なしに、
劇的な生産性向上ができることもある



b.製品別レイアウト（改善後）



レイアウトの改善で、大きな設備投資なしに、
劇的な生産性向上ができることもある



製品別のラインの場合
工程フローダイアグラムの順に
実際の設備が
並ぶことになりやすい

著作権処理の都合で、この場
所に挿入されていた図を省略
させていただきます

3. 製品・工程マトリックス

製品の多様性と生産数量



工程設計のタイプ

一品生産品



プロジェクト

多品種少量生産品



ジョブ・ショップ(機能別)

中品種中量生産品



バッチ・フロー(製品別、バッチ)

一品種大量生産品



アッセンブリーライン(製品別)

連続生産ライン(製品別)

仮説: 製品・工程マトリックスの対角線付近に「適合領域」がある。

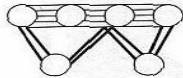
プロダクト・プロセス・マトリックスの一般的な枠組

	一品	多品種 少量	少品種 大量	一品種 大量
プロジェクト				
ジョブ・ショップ				
バッチ・フロー				
ライン・フロー (一個流し)				
連続フロー				

プロダクト・プロセス・マトリックスと「適合領域」

	一品	多品種 少量	少品種 大量	一品種 大量
プロジェクト	 <p>適合領域</p>			
ジョブ・ショップ				
バッチ・フロー				
ライン・フロー (一個流し)				
連続フロー				

工程の基本タイプ

	ジョブショップ	バッチフロー	ラインフロー	連続フロー	
製品	設計	特注設計 (カスタム設計)	自社設計	自社設計 (標準)	
	ロットサイズ	小ロット	小ロット	大ロット	
	競争力の 重点項目	納期 設計のカスタム化	設計品質 製造品質 納期	設計品質 製造品質 納期 価格	価格 (標準化)
	新製品導入	いつでも、日常的に	頻繁	時々	稀 (高コスト)
プロセスの概要	プロセスフロー	ルートにパターンなし 	フレキシブルなルートパターン しかしドミナントなフローがある 	固定的なルートパターン 	固定的なルートパターン 
	工程間の連結	非常にルーズ	ルーズ	かなりタイト	非常にタイト
	生産能力の概念	あいまい (金額表示)	あいまい (金額表示)	明確 (物量表示)	明確 (物量表示)
	ラインバランス	なし	悪い	良い	非常に良い
	ボトルネック	移動しやすい とらえにくい	移動しやすい しかし予測可能	はっきりしている 固定	はっきりしている 固定
	期末ラッシュ	不可避	多い	少ない	少ない
	規模の経済	なし	小	小	大
	段取り替え	非常に多い	多いが安い	なし~多い	少ない、高い
	生産ラインの長さ	短	中	長	長
	原材料	在庫 原材料 仕掛品 完成品	小 大 小	? ? ?	? 小 ?
材料設計		標準品	中間的	加工済みの部品	標準化した材料
設備		汎用	汎用	専用	専用
労働力	自動化・機械化	低	低	中	高
	賃金	出来高給、 インセンティブ	出来高給、 インセンティブ	時給、チーム給	時給、チーム給
	熟練	高、万能工	高、多能工	低、単能工	高、判断労働
コントロール	生産指示	注文生産	注文/見込み生産	見込み生産	見込み生産
	品質管理	インフォーマル/ スポットチェック	インフォーマル	公式 { 工程内検査 最終検査 }	プロセス・コントロール、 サンプル検査
	情報フロー	複雑 ペーパーワーク多し	複雑	シンプル	シンプル
	スタッフ マネジメント	小	小	大 (計画スタッフ)	大
	ライン マネジメント	大	やや大	やや大 (トラブル シューティング)	小
責任 (コスト)	プロフィットセンター	プロフィット/ コストセンター	コストセンター	コストセンター	

藤本隆宏 『生産マネジメント入門』
日本経済新聞社 2001 (I p45 表2.2)
Hayes, R.H. and Wheelwright, S.C.,
Restoring Our Competitive Edge,
John Wiley & Sons.などを参考に筆者作成

事例：岩屋磁器の主要製品（1）

1. レリーフ



2. ベセラ(屋外用オブジェ)

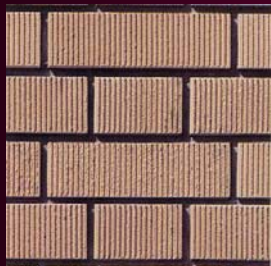


3. 伝統磁器



事例：岩屋磁器の主要製品(2)

4. 建物外装用タイル



施工例(滋賀県議会棟)

5. 化学工業関連製品(耐酸磁器)



サドル



ボール

岩屋磁器の製品系列と製品・工程マトリックス

	一品	多品種 少量	中品種 中量	少品種 大量	一品種 大量
プロジェクト	レリーフ (壁画)				
ジョブ・ショップ		ベセラ (大物磁器)			
バッチ・フロー			伝統磁器		
ライン・フロー (一個流し)				ビル外壁用 タイル	
連続フロー					耐酸磁器 触媒

岩屋磁器の主要製品の工程特性

ペレージョン特性比較

	レリーフ	ベセラ	伝統磁器	タイル	化学工業用の触媒	
製造工場	上有田	山内第二	T窯	有田(本社) 山内第一	西有田 有田(本社) 山内第一 山内第三	
生産能力	10面/月 (200m ² /月)	4000~4500個/月 (傘立て換算)	5トン/月	85000m ² /月 (小口平タイル 換算1100万個)	400m ³ /月	
最近の生産実績	10面/月	3000~3500個/月 (傘立て換算)	4.5トン/月	85000m ² /月	300m ³ /月	
窯の数	シャトル窯:1 電気炉:3	シャトル窯:4	本窯:1 素焼窯:1 電気炉:4	トンネル窯:4 その他:3	トンネル窯:2 シャトル窯:2 高温炉:2 電気炉:2	
平均的な ロットサイズ	1面 (一品生産)	50個	2000個	1000m ² (小口平13.5万個)	通常10m ³ 以下	
品種数 (月当たり)	10 (全て異なる)	100	300	100~150	5 (西有田のケース)	
生産スループット タイム	60日	15~30日	30日	30~90日	90日	
生産量の季節変動	大	小	大	小	小	
生産量の景気変動	小	小	大	大	大	
機械台数 (窯を除く)	1	5	8	150	27	
有形固定資産額 (1990年、100万円)	35	61	42	600	350	
生産要員数	21	28	30	180	86	
製品原価構成	材料費	10%	20%	17%	32%	n.a.
	直接労務費	65%	45%	41%	34%	25%*
	減価償却費	5%	5%	0%	4%	n.a.
	その他経費	20%	30%	42%	30%	n.a.
歩留まり (焼成工程)	99%	90%	96%	90%	94%	
段取り替え時間	なし	2時間	1時間	2~4時間**	4時間**	
仕掛品回転日数	60日	15日	30日	2~10日	7~30日	
生産性上昇率 (1990/80年比)	50%	16%	30%	70%	30%	

注：* = ボールのケース。** = トンネル窯の段取り替えを除く。

製品・工程マトリックスの使い方と問題点

加工組立産業と装置産業を一つのマトリックスに収めるのは無理？
...**工法ごと**に別々の製品工程マトリックスを用意することも。

マトリックスの縦軸(工程のタイプ)に、新しい生産方式が含まれていない。
ジャスト・イン・タイム(JIT)、グループ・テクノロジー(GT)、
フレキシブル・マニファクチャリング・システム(FMS)、他

マトリックスの横軸(製品の多様性と生産量)も、もっと細かく分析する必要。
例えば、同じ品種数でも、異質性の程度に違いがありうる。

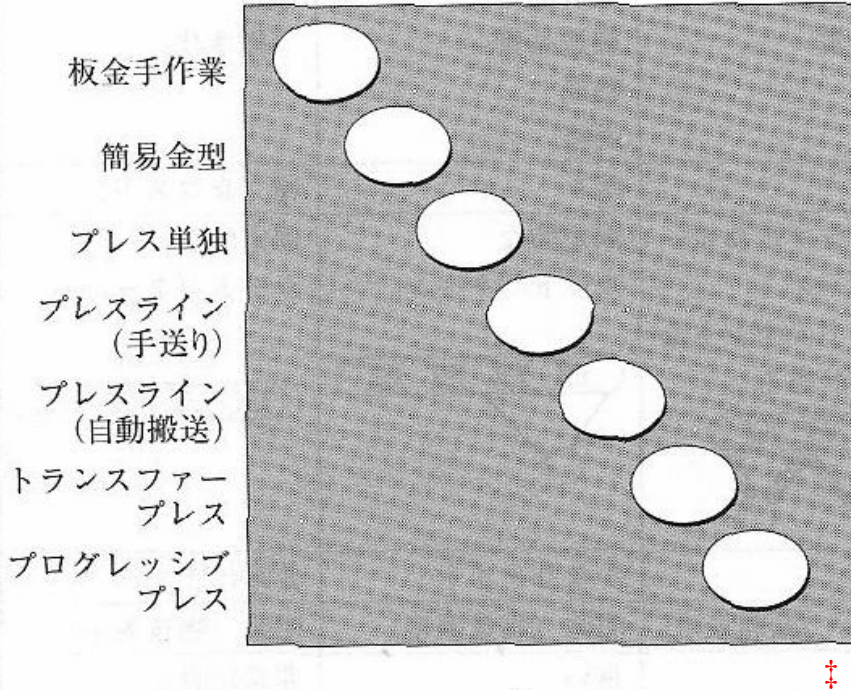
対角線にこだわりすぎると、競争のダイナミクスを見失う。
...わざと対角線をはずしたほうがよいこともある。

図2.23 工法別の製品・工程マトリックス (例)

プレス工程

多品種・
異質・
小ロット

少品種・
同質・
大ロット

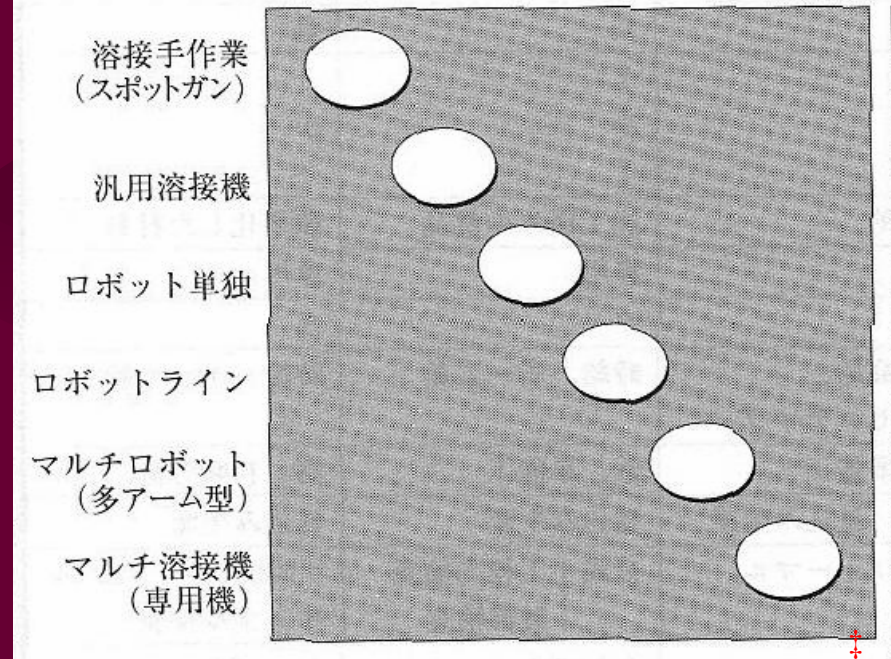


工法ごとに
異なるマトリックスを
用意しよう

スポット溶接工程

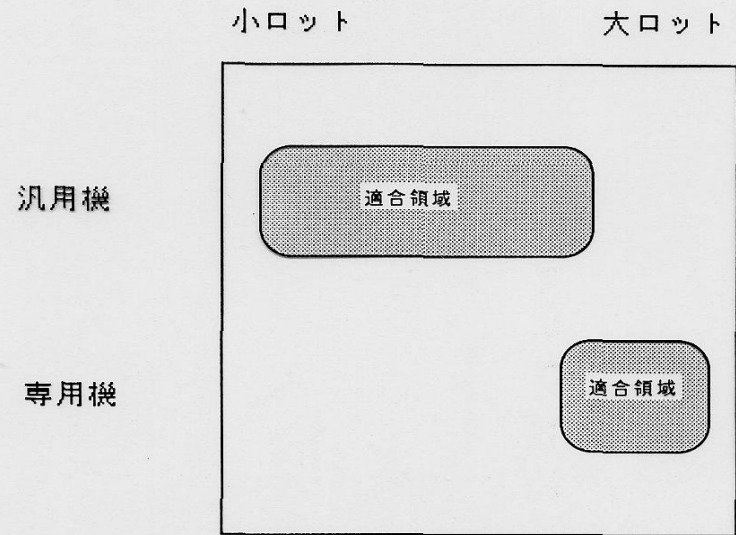
多品種・
異質・
小ロット

少品種・
同質・
大ロット

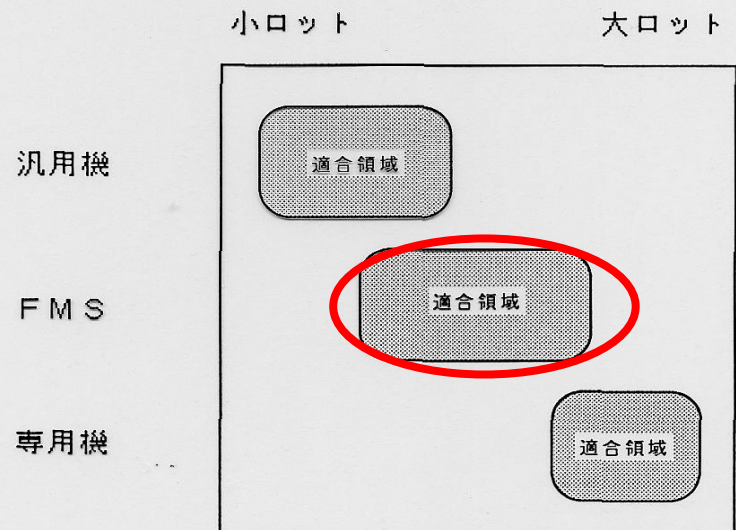


フレキシブルな生産方式 の持つ意味

フレキシブル・マニュファクチャリング・システム（FMS）導入前

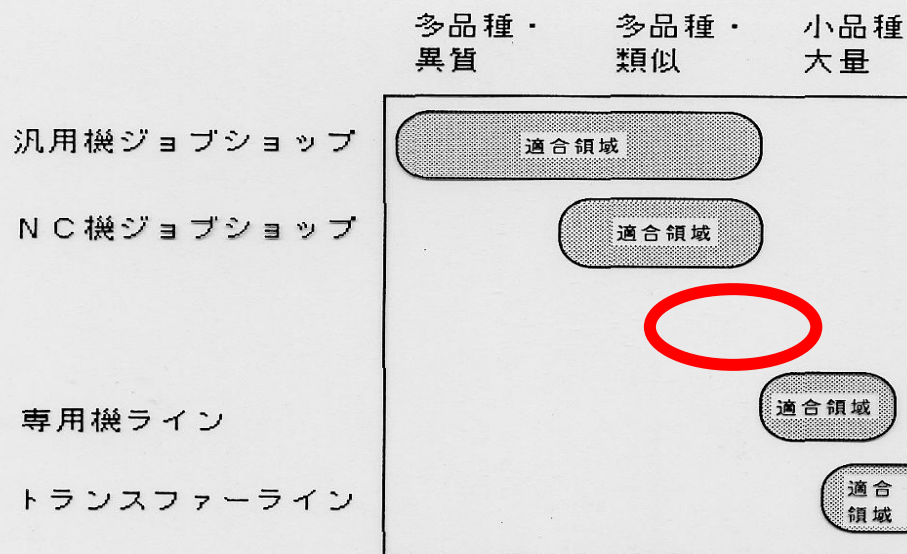


フレキシブル・マニュファクチャリング・システム（FMS）導入後

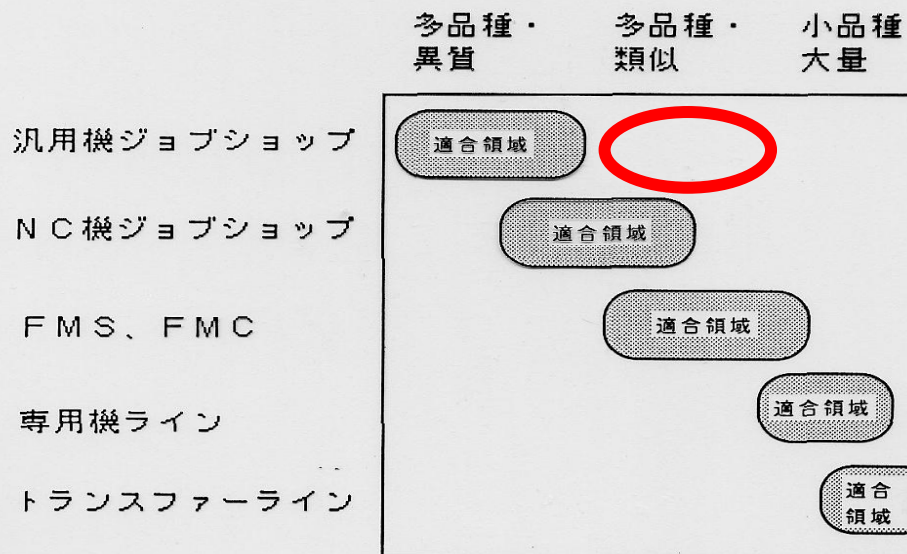


フレキシブルな生産方式 の持つ意味

フレキシブル・マニュファクチャリング・システム (FMS) 導入前



フレキシブル・マニュファクチャリング・システム (FMS) 導入後



「多品種少量」の意味

・・・品種の数だけでは
わからないものがある

「類似したもの」の品種数と
「非常に異なるもの」の品種数
は、意味が大きく異なる。

「多品種少量」の尺度（例）

品種数
製品ファミリー数
月間セットアップ（段取り替え）数
製品間の形状類似性
品種当り月間生産量
平均ロット・サイズ
製品ファミリー当り月間生産量
製品ファミリー当りロット・サイズ

加工物の多様性と工程タイプ（機械加工の例）

