

Business Administration

Lecture No. 4: Analysis on Product and Process

1. “Nested Structure” of Product and Process
2. From Product Design to Process Design
3. Product/Process Matrix

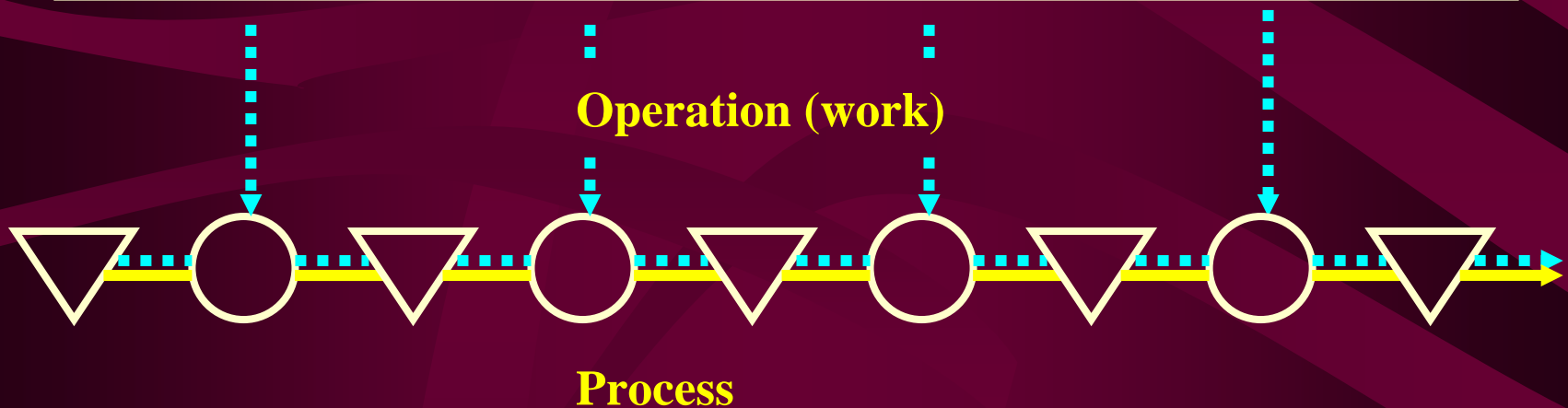
Takahiro Fujimoto

Department of Economics, University of Tokyo

The figures, photos and moving images with †marks attached belong to their copyright holders. Reusing or reproducing them is prohibited unless permission is obtained directly from such copyright holders.

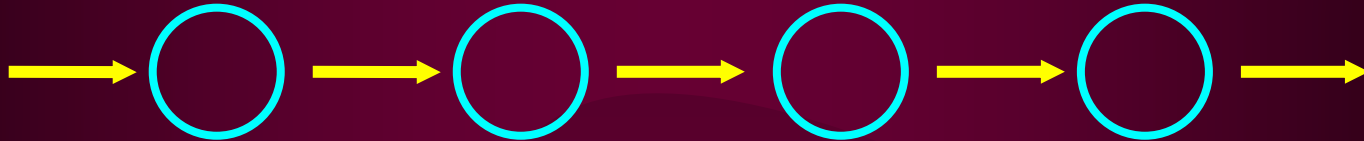
Process and Operation (interpreted as transmission and reception of information)

Design information assigned to each station (worker, facility, software, manual, etc.)



“Meshing” Structure of Product and Process

Chain of production process

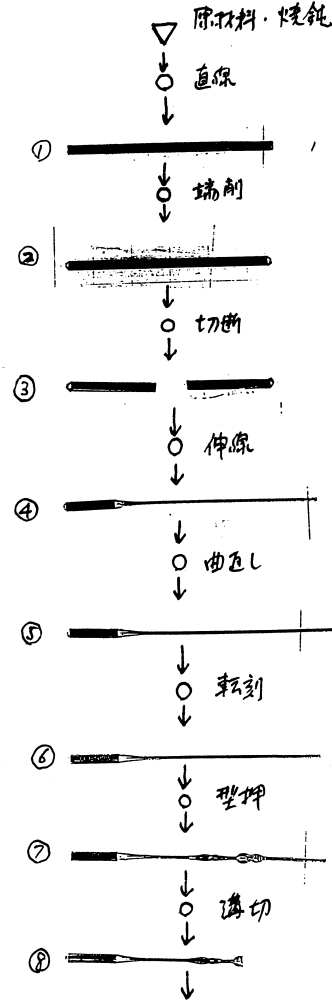


+

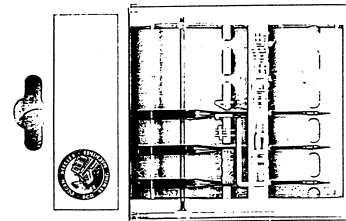
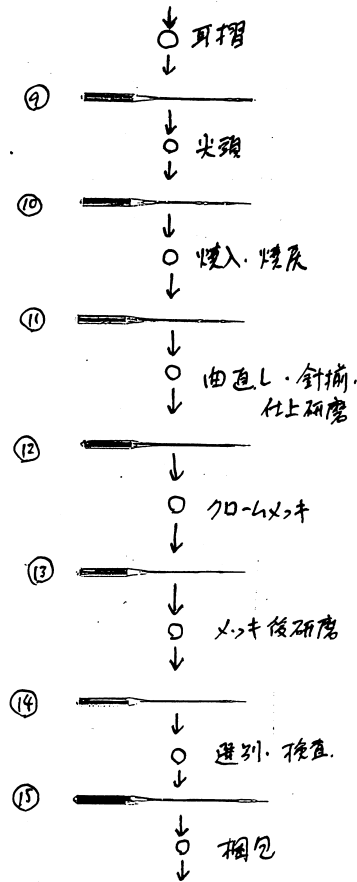
Chain of material, in-process product, and product



Example: Process of Sewing Machine Needles and In-process Product



提燈：オムカニ針 192/10



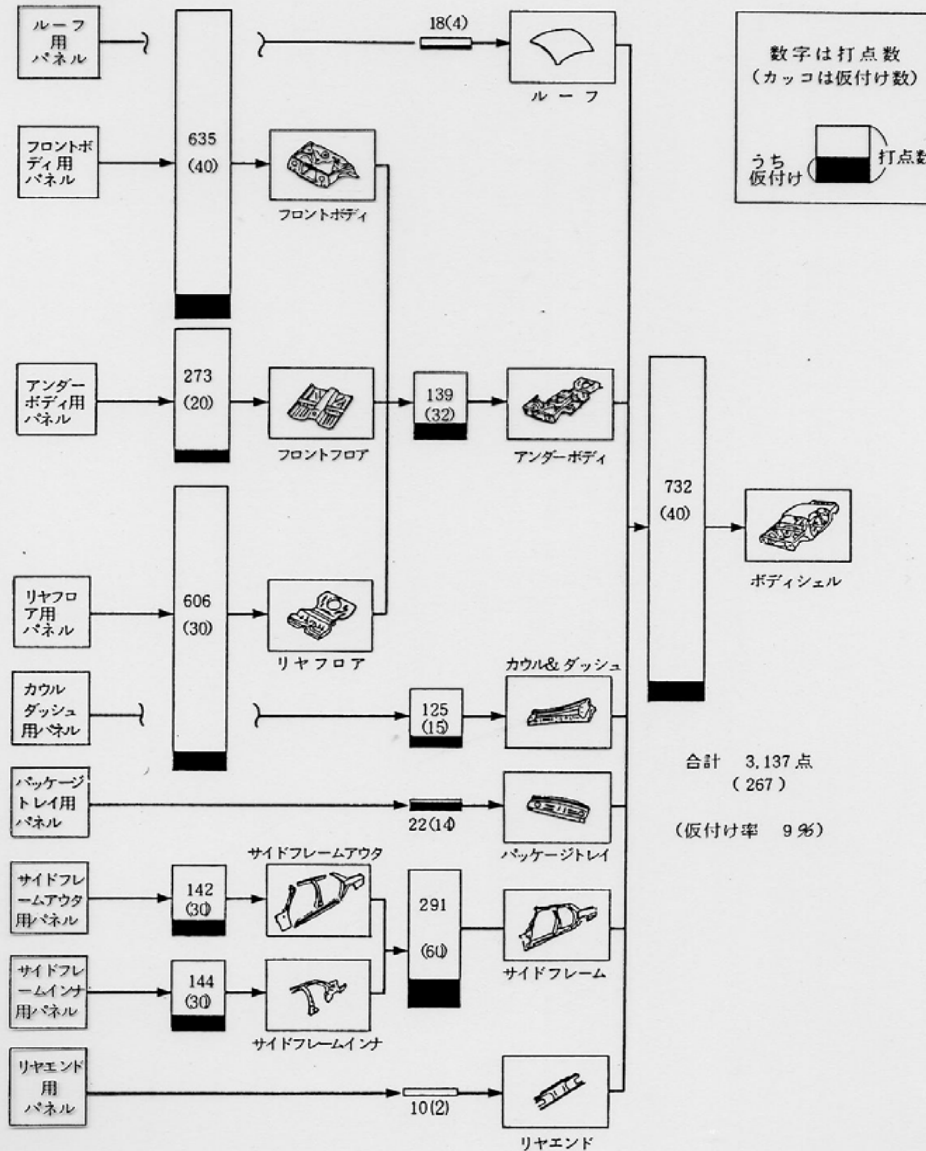
完成品・出荷

Figure removed
due to copyright restrictions

It becomes a layered structure to which skirts of a mountain extends for the assembly product.

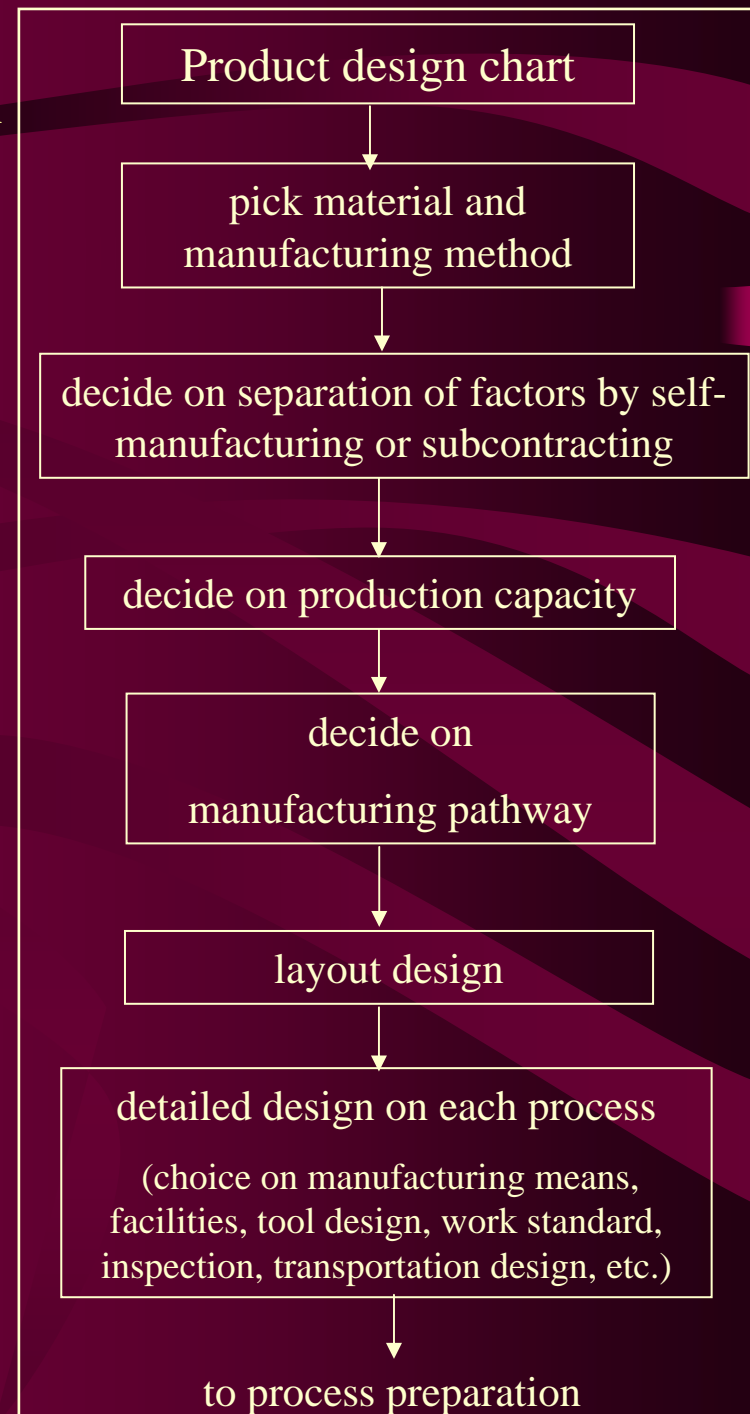
(part table)

Example: Production Process of Autos and Raw Material/In-process Product



2. From Product Design to Process Design

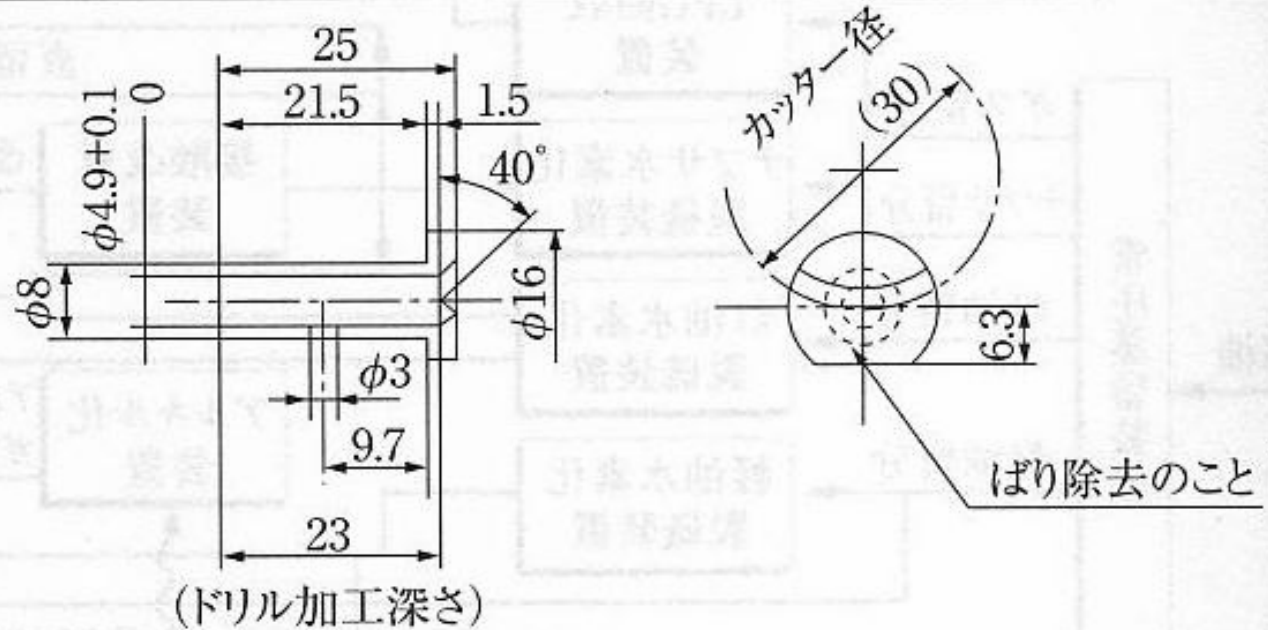
- (1) Examine product design chart
(design information)
- (2) Draw a basic concept of process
Material and manufacturing method
Separate factors into self-manufacturing or subcontracting
Production capacity
Process route
- (3) Process layout
- (4) Detailed design for each workstation



Product Design Chart and Corresponding Process-Flow Diagram (1)

部品図

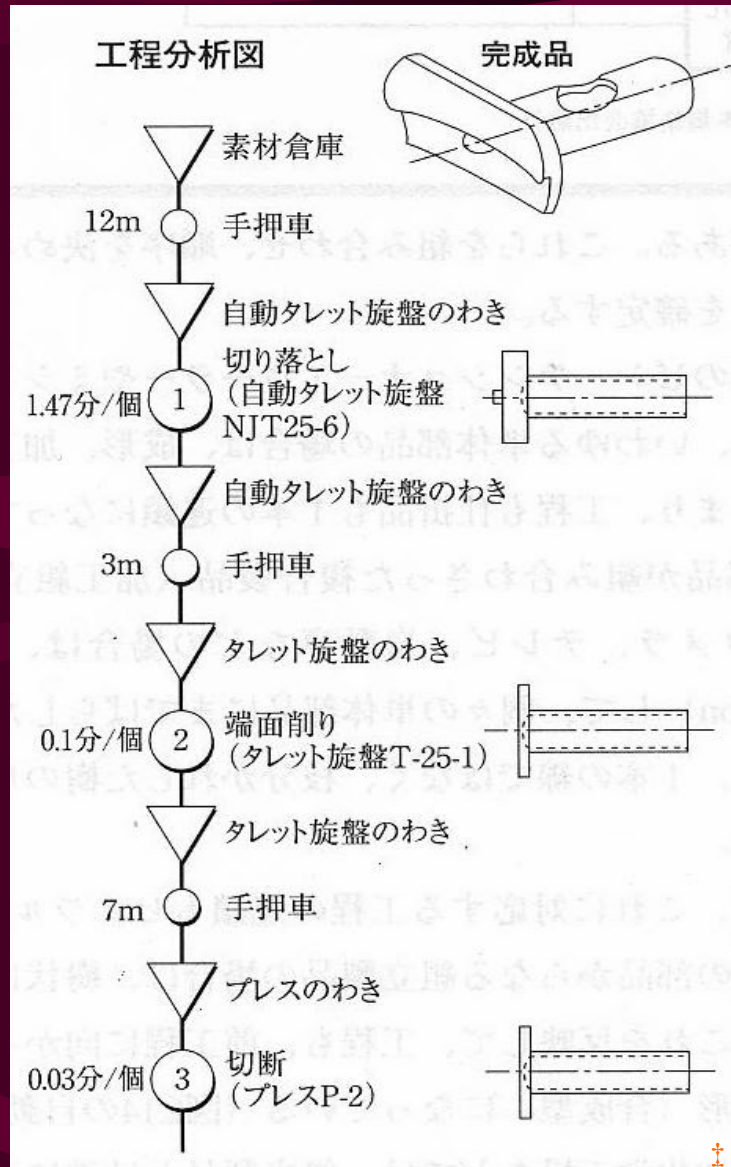
整理No. 2 ~ 3



- NOTE 1.各隅部はC面取りのこと
2.使用個所チェーンテンショナー

材質		個数/台	尺度				部番	14515-551-3000
SS34B		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			

Product Design Chart and Corresponding Process-Flow Diagram (2)



In essence, translation of
product design information
to **process design information**

Choice of Manufacturing Method (1)

Molding (casting, forging, press, sintering , extrusion, rolling, etc.)

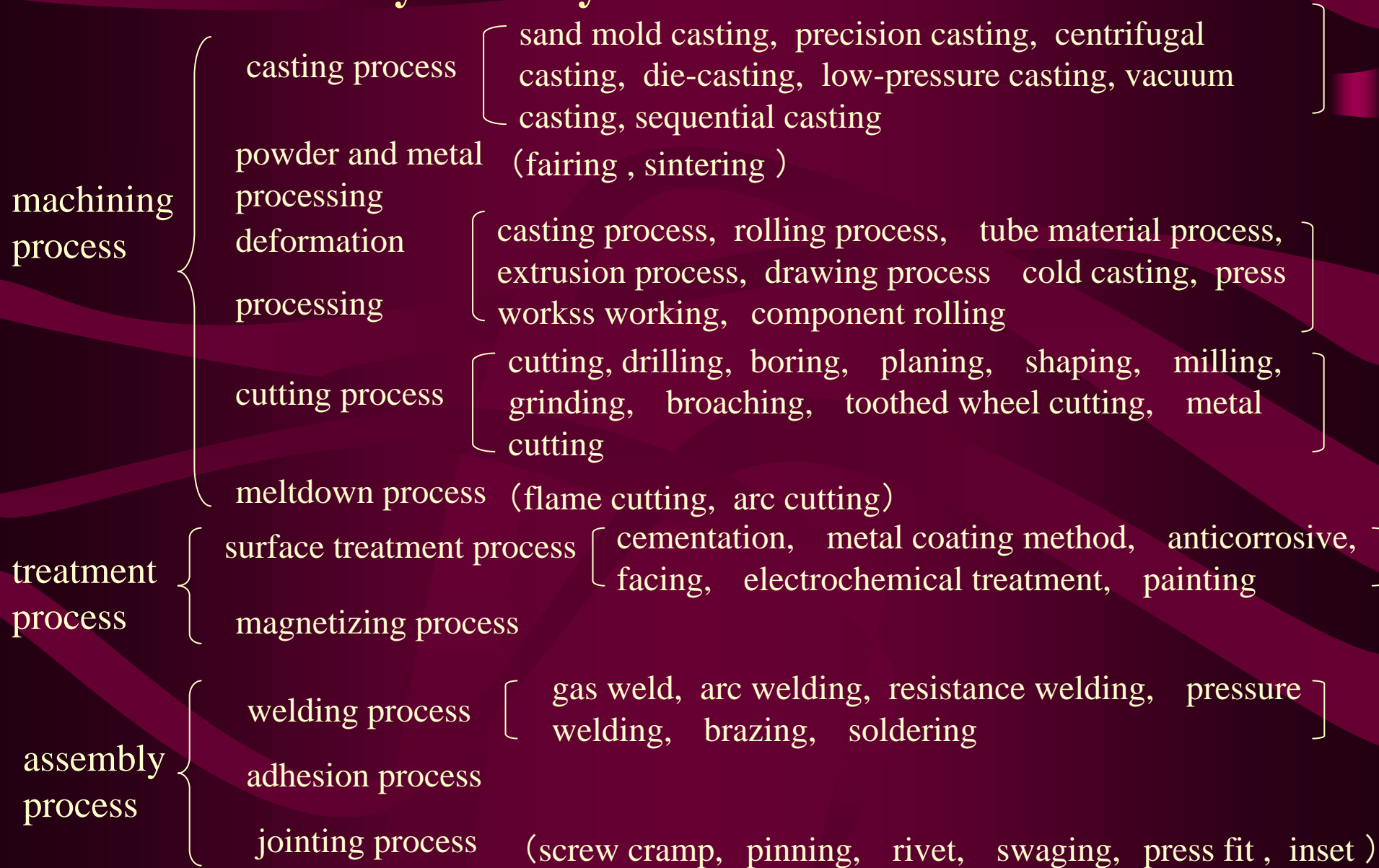
Cutting operation (lathe, drilling, jointing, shaper, boring, fraise, grinding, broach, gear-cutting, etc.

Treatment (coating, painting, heat treatment, etc.)

Assembly (welding, adhesion, screw cramp, pinning, swaging, press fit,inset, etc.)

Choice of Manufacturing Method (2)

Case of Machinery Industry



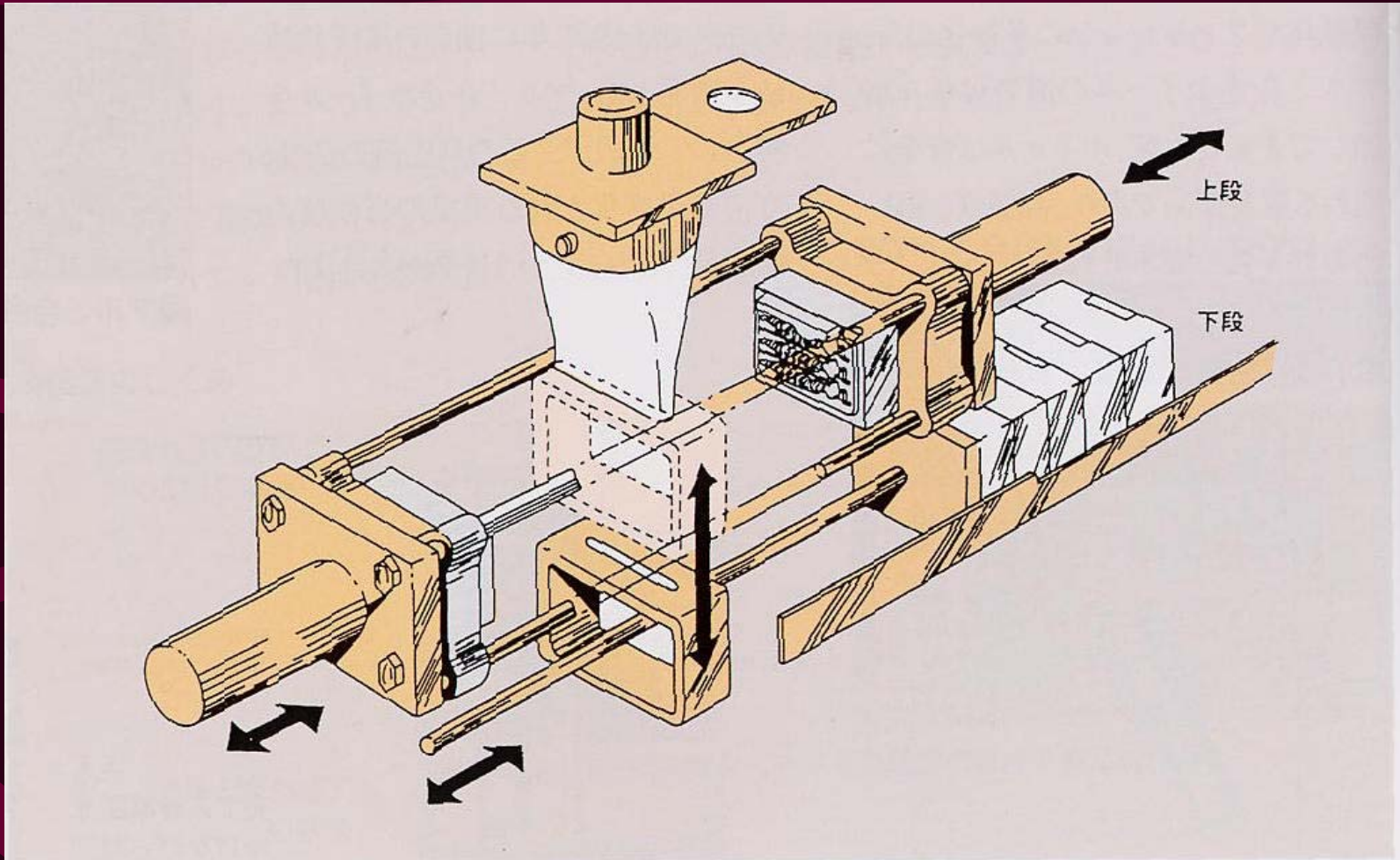
Find time to look at realities
(factory floor, museum, etc.)



産業技術記念館

TOYOTA *Commemorative Museum of
Industry and Technology*

Casting/Molding (vertical casting process molding machine)

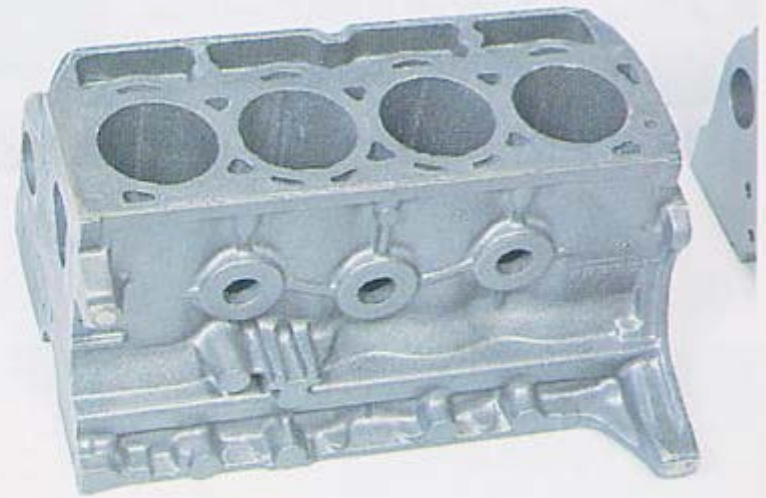


The sand type of inelegance ..vertical.. is formed in the upper row. The sand type is continuously arranged to the the lower, and it casts.

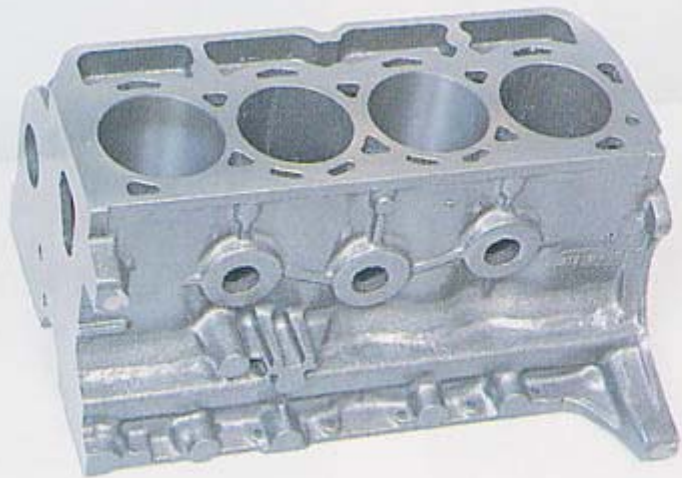
Machine Manufacturing (engine cutting operation)

■ 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

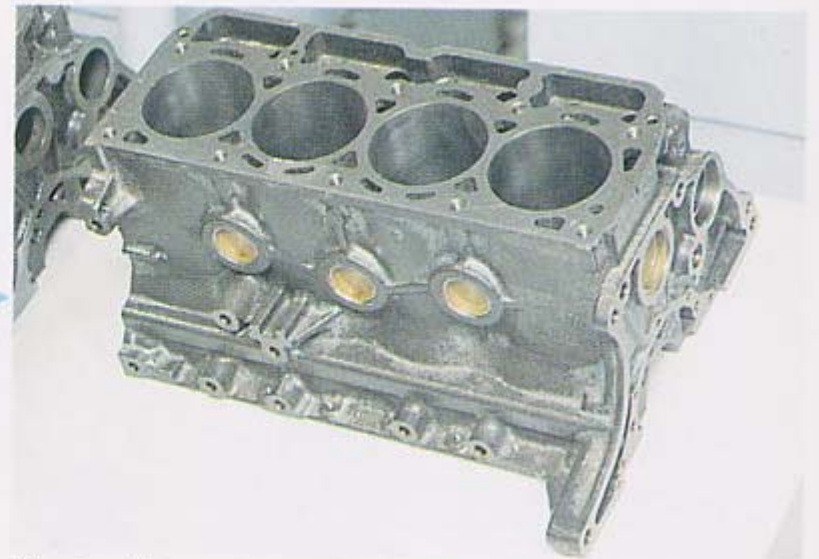
カッタは刃先となるスローアウェイチップと、チップまたはカートリッジ(チップを取付け寸法調整可能)を保持するホルダから構成される。



素材(鋳鉄製)



荒中ぐり加工



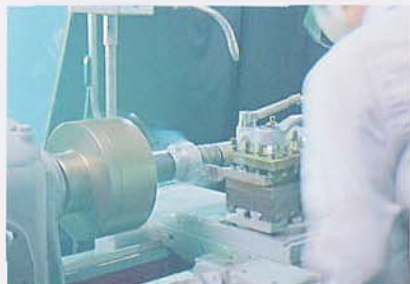
仕上げ加工後の完成品

Machine Manufacturing (old lathe and grinder)

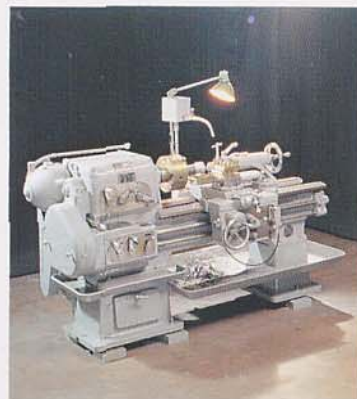
■1930～1940年代の工作機械

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せんぱん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。

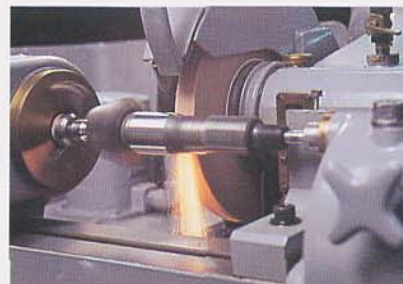


カウンタギヤの旋削加工



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)

Press Molding (old press facilities)

■ 600トンプレス



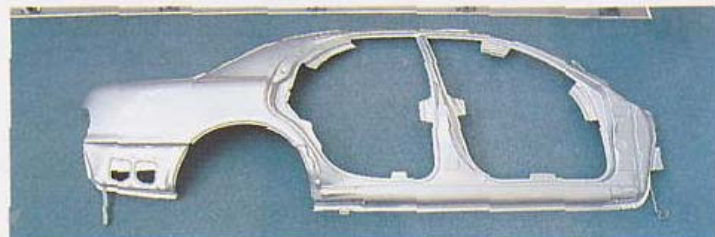
Press Molding (auto side body)



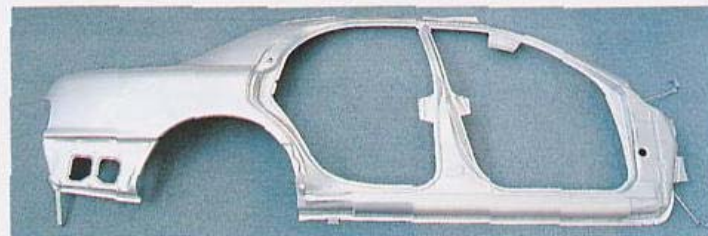
素材



絞り



抜き曲げ



寄せ抜き曲げ(1)



寄せ抜き曲げ(2)

Welding Assembly (special-purpose multi-spot welder for auto body)

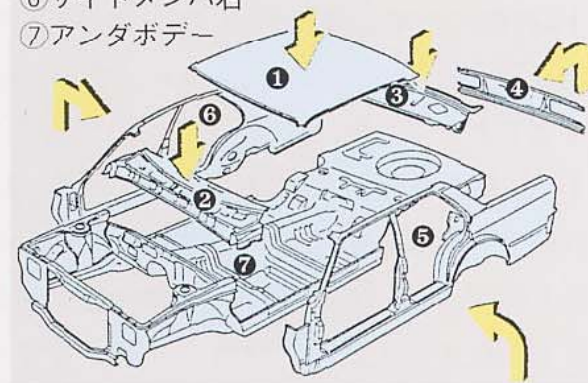
■メインボデー組付自動溶接機



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。

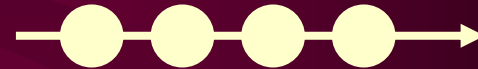
■メインボデーの構造

- 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

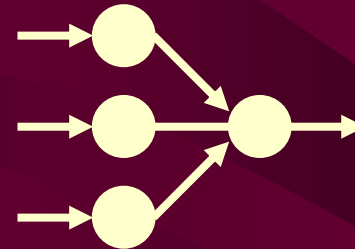


Process Route(process steps)

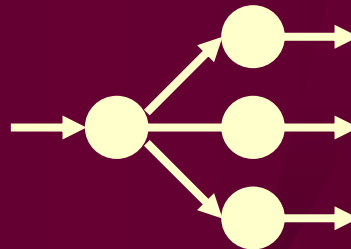
Single unit part → **single line pattern**



Multiple products (manufacturing assembly products)
→ **tree pattern (hierarchy pattern)**



Petroleum chemical products → **decompose pattern**



Single Line Pattern

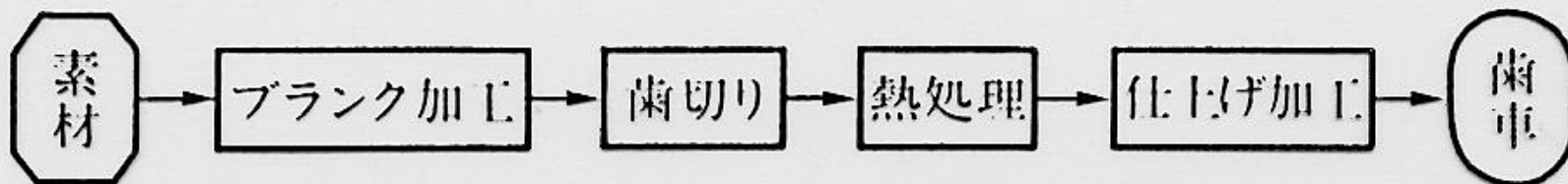
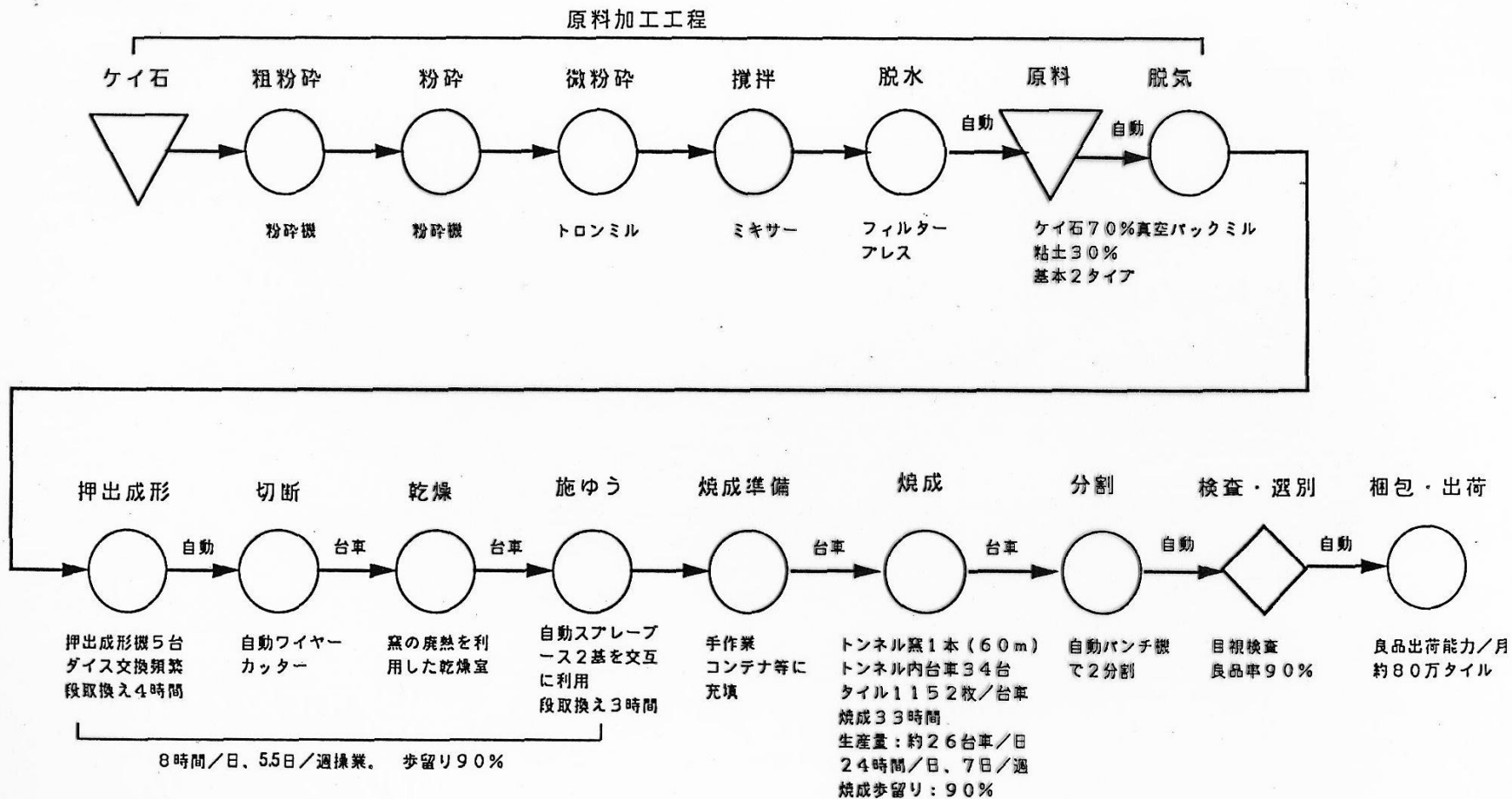


図2・12 単純(直線状)工程パターン

Example of Tiles (Single Line Pattern)

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

Hierarchy (Tree Pattern)

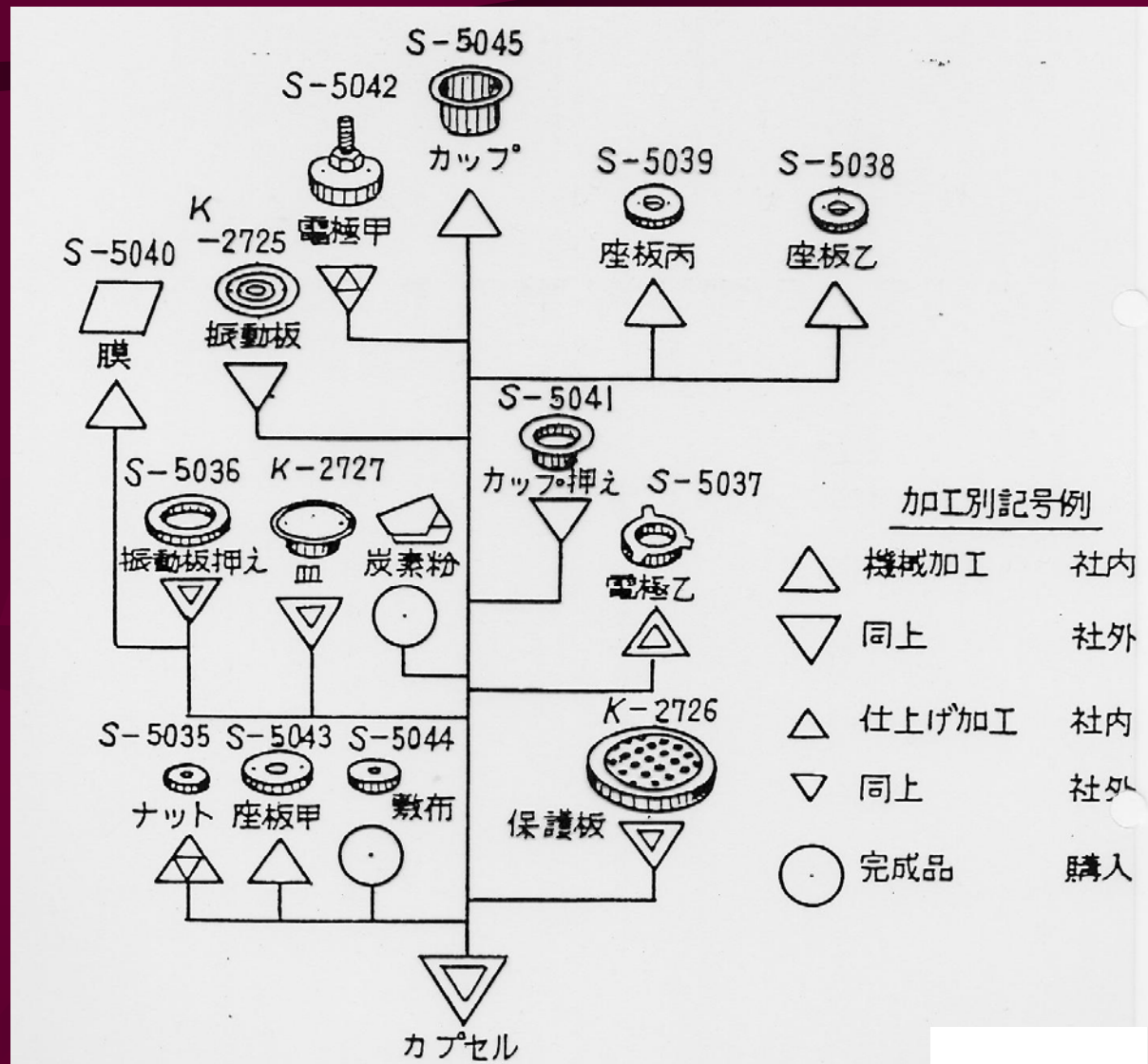
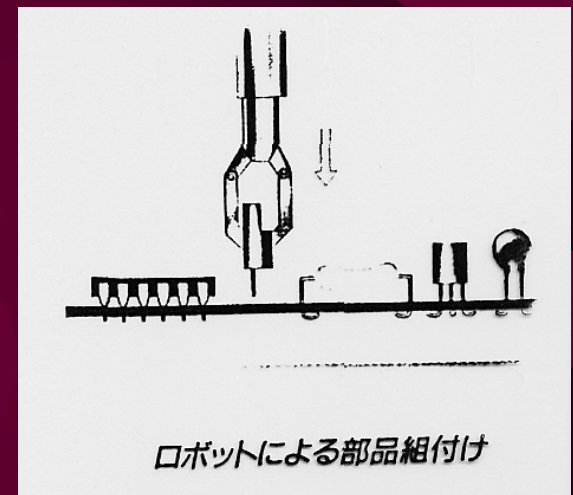
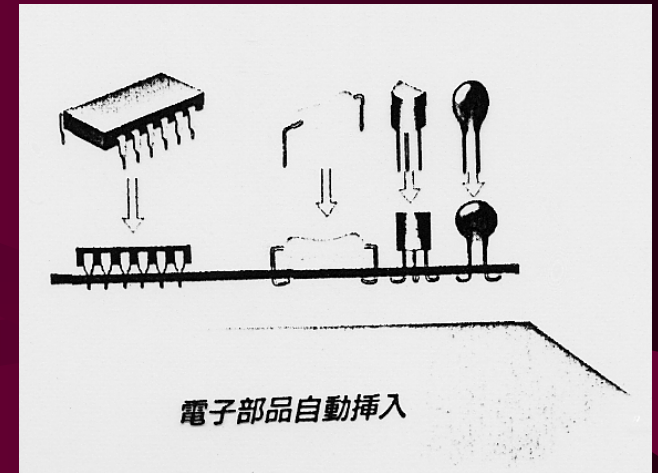
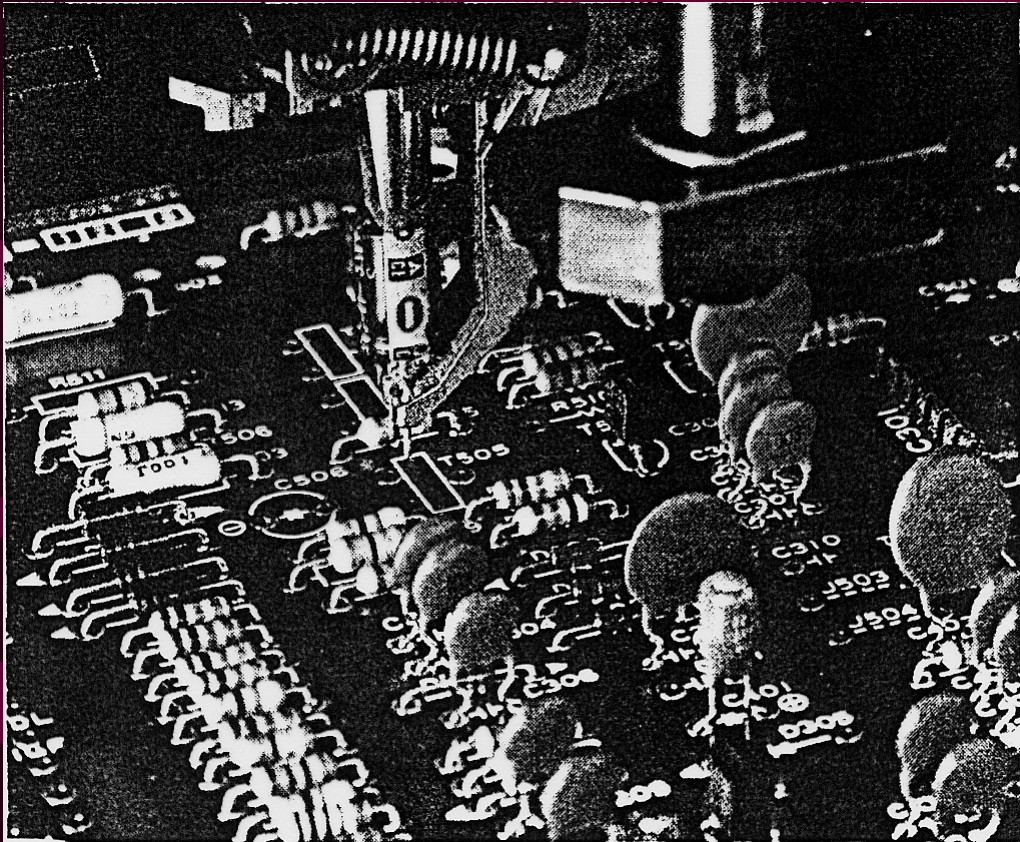
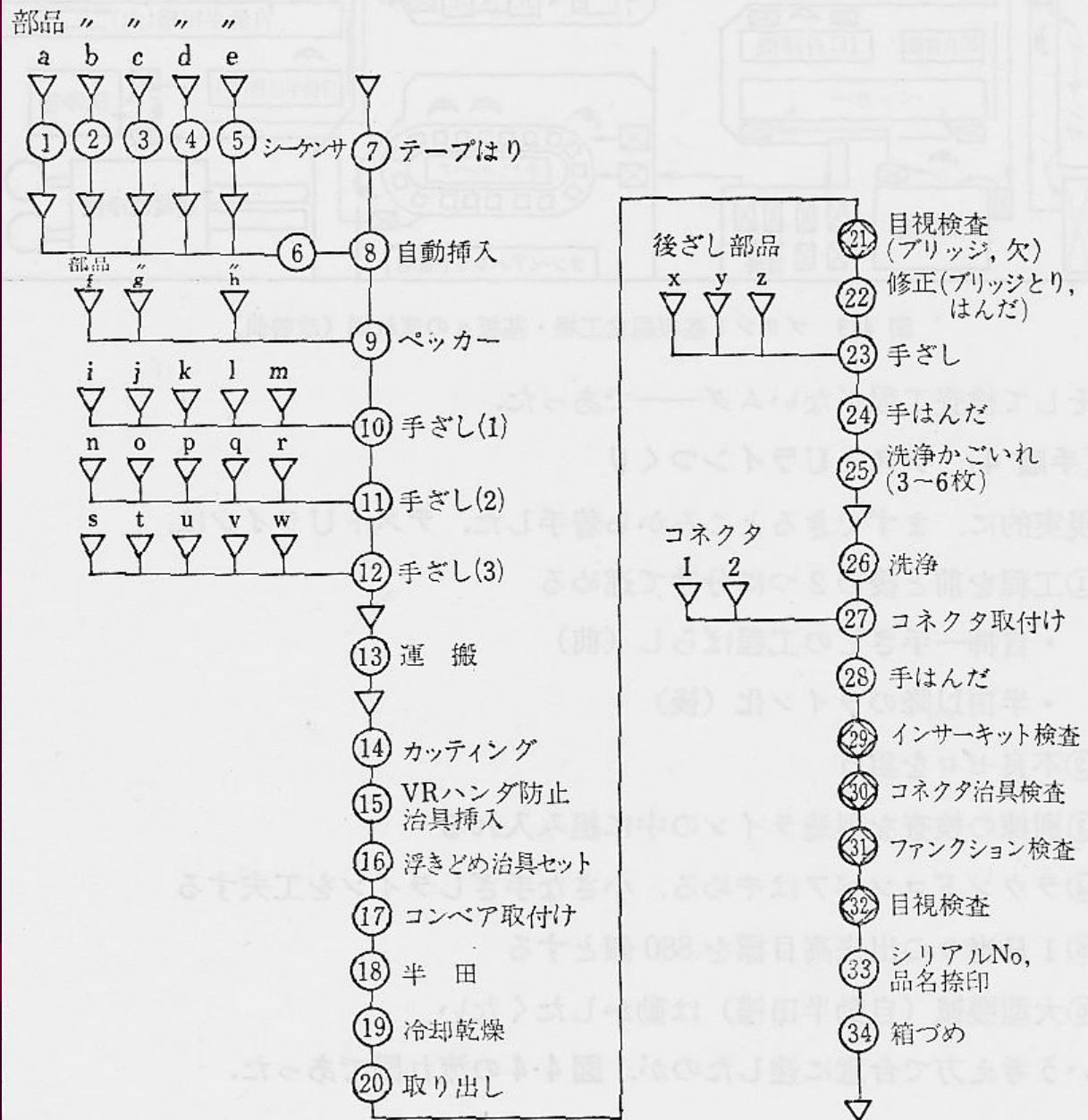


図 3.8 組立図 (一例) [2]

Example of Installed Print Base (Tree Pattern)



Example of Installed Print Base (Tree Pattern)



Decompose Pattern (Coal Chemical)

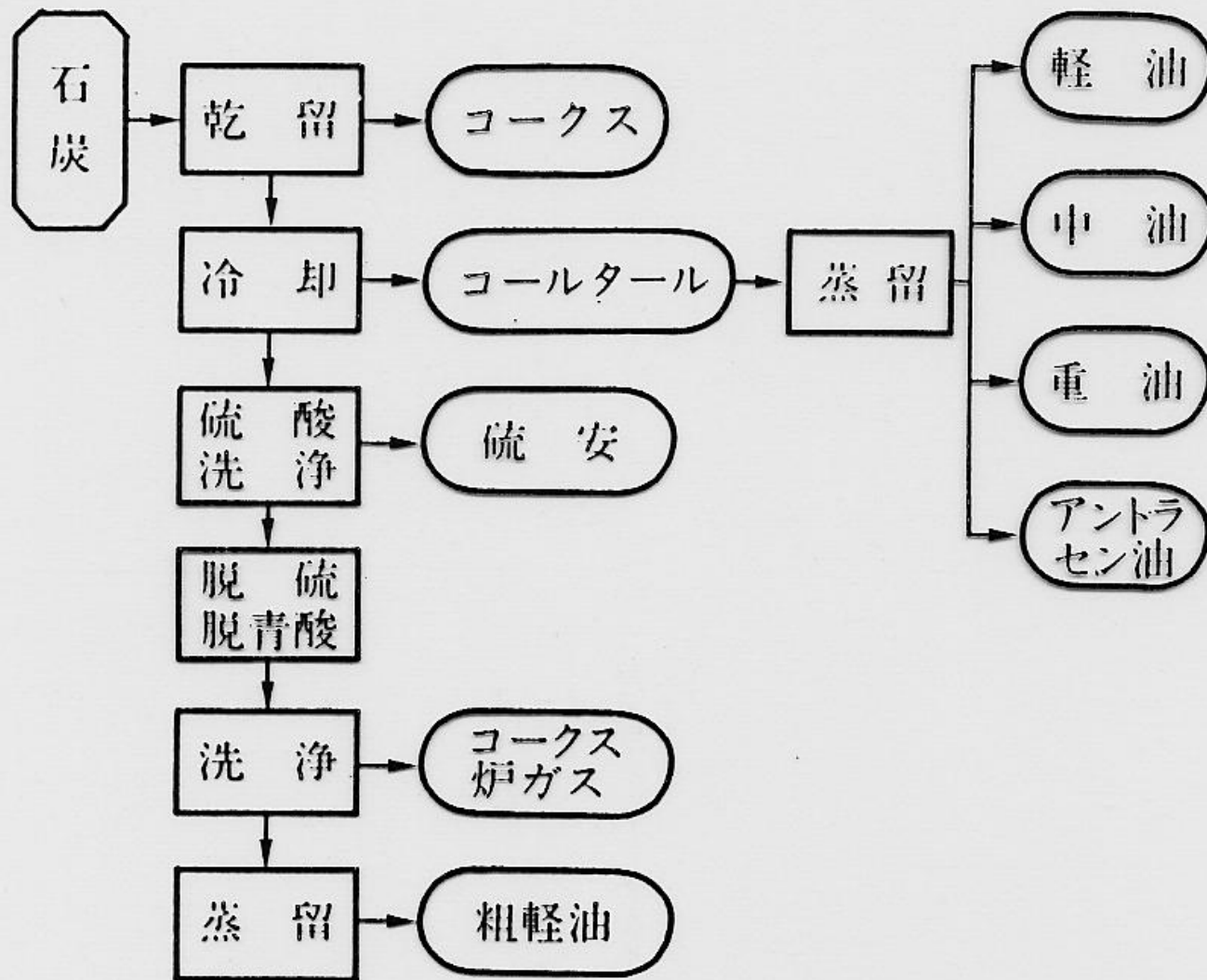
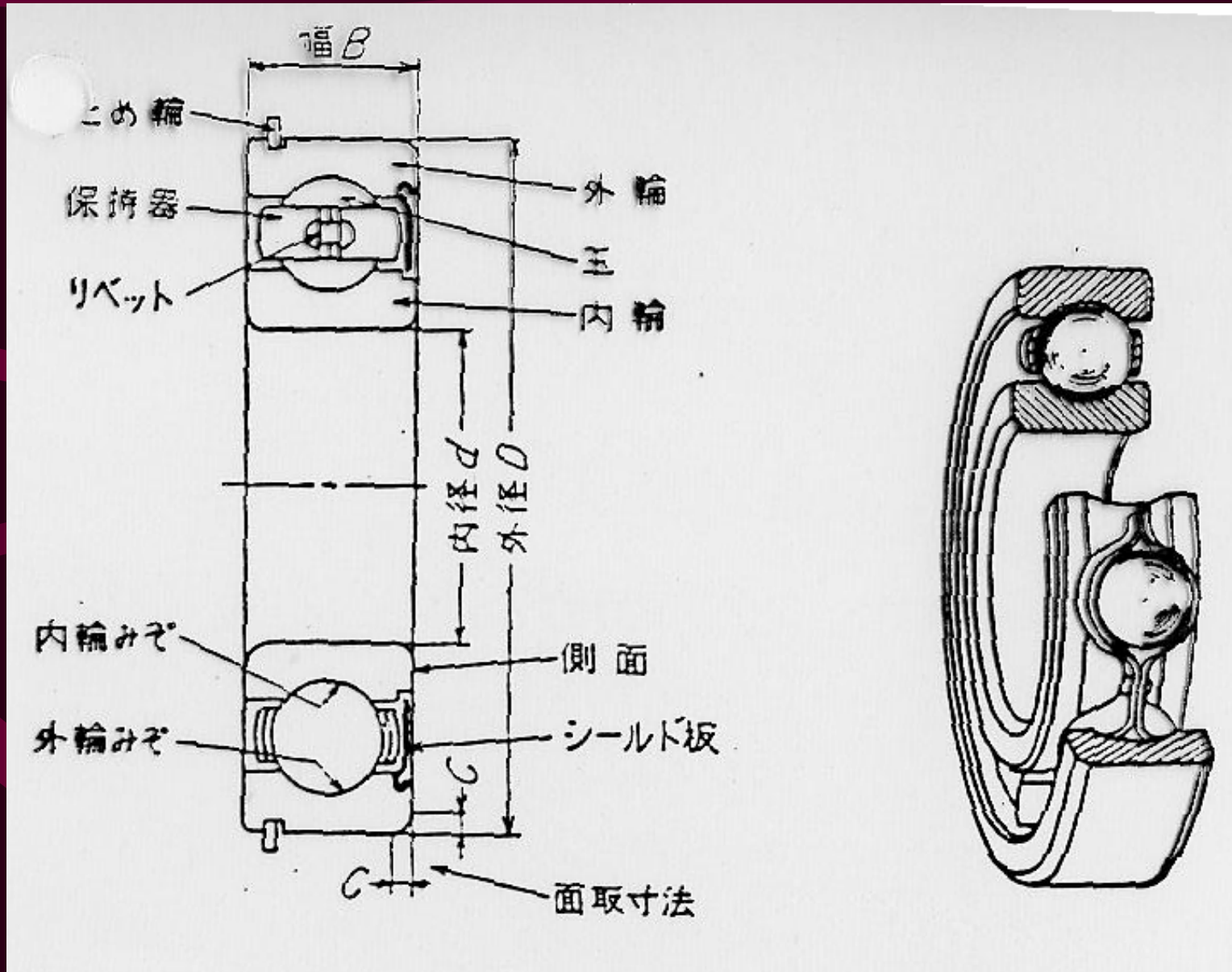


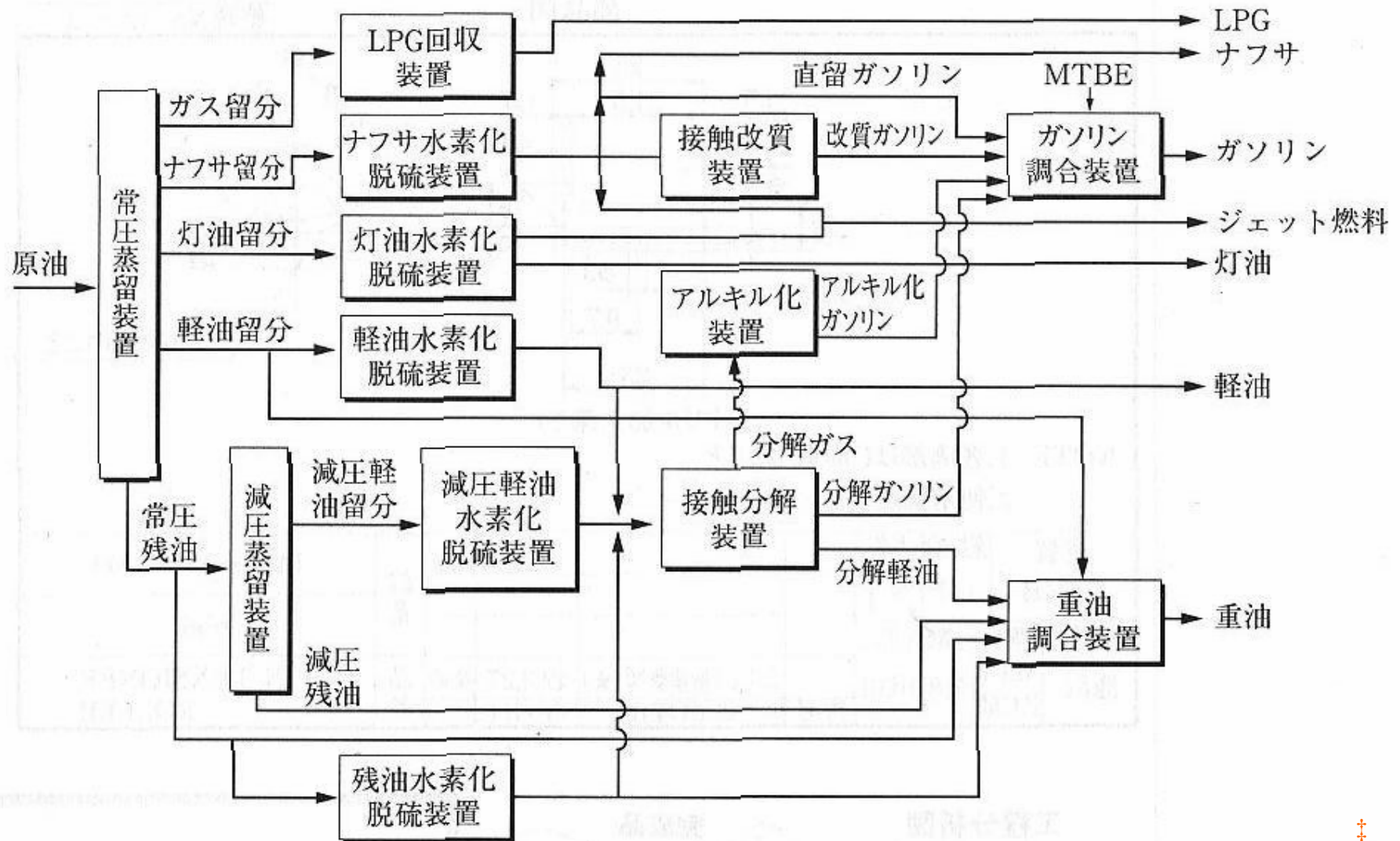
図2・13 分解工程パターン(石炭化学工業⁽⁵²⁾)

Example of Ball Bearing: From Product Design To Process Flow (1)



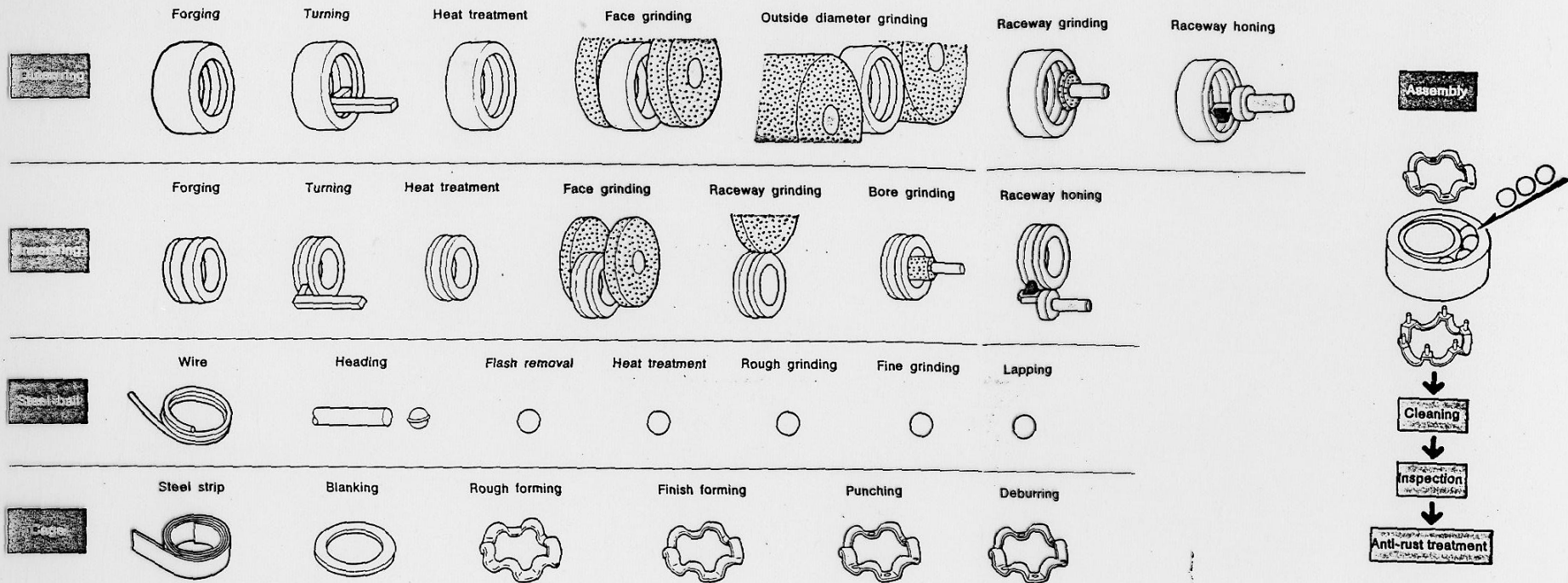
Decompose Pattern (Petroleum Refinement)

分解型の工程フロー（石油の精製工程の例）



Example of Ball Bearing: From Product Design To Process Flow (2)

How a Ball Bearing is Made



Process Layout

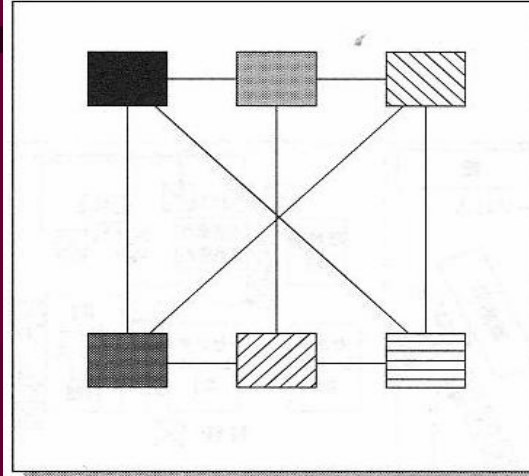
All-purpose layout
By-function layout
By-product layout

Case on layout improvement

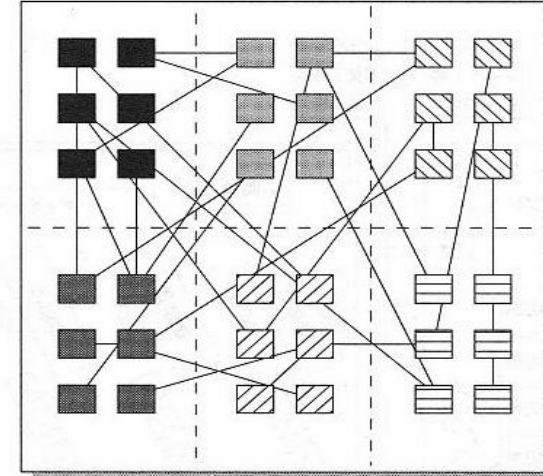
Types of Layout

レイアウトのタイプ (機械職場の例：概念図)

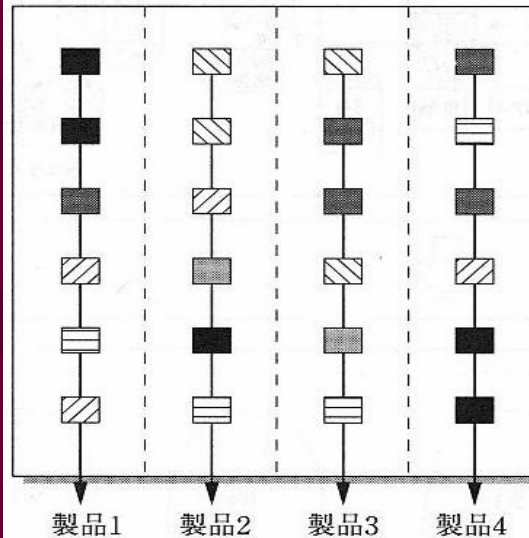
万能型



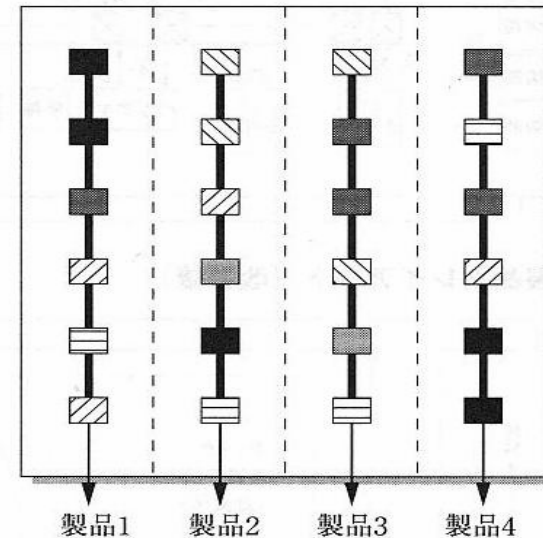
機能別



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

Types of Layout

(a) all-purpose formula

Figure removed
due to copyright restrictions

(c) by product (semi-conveyer)

Figure removed
due to copyright restrictions

(b) by function

Figure removed
due to copyright restrictions

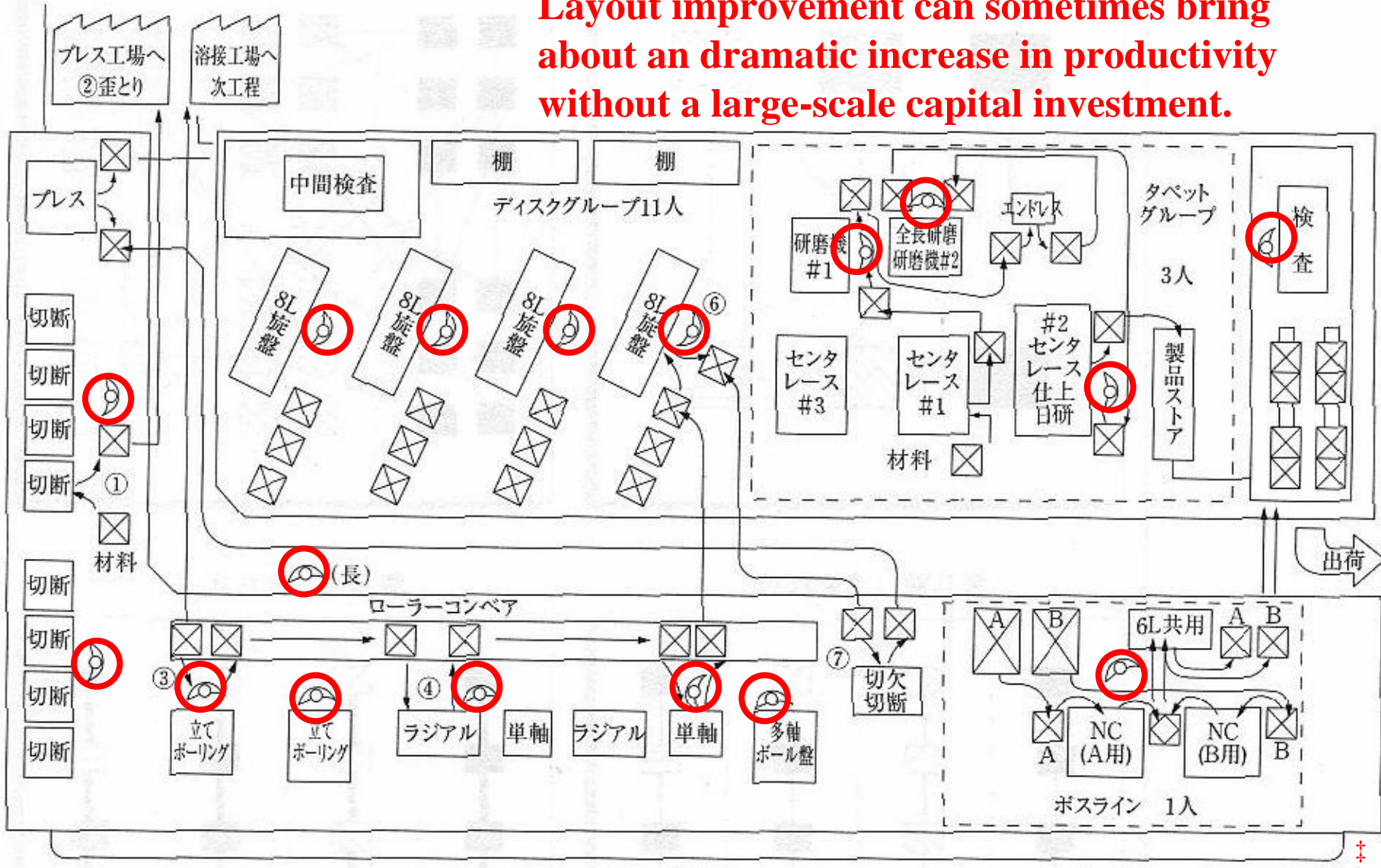
(d) conveyer model (machine processing)

Figure removed
due to copyright restrictions

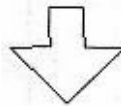
Case with layout improvement (example of engineering shop)

a. The layout according to the function (Before improved).

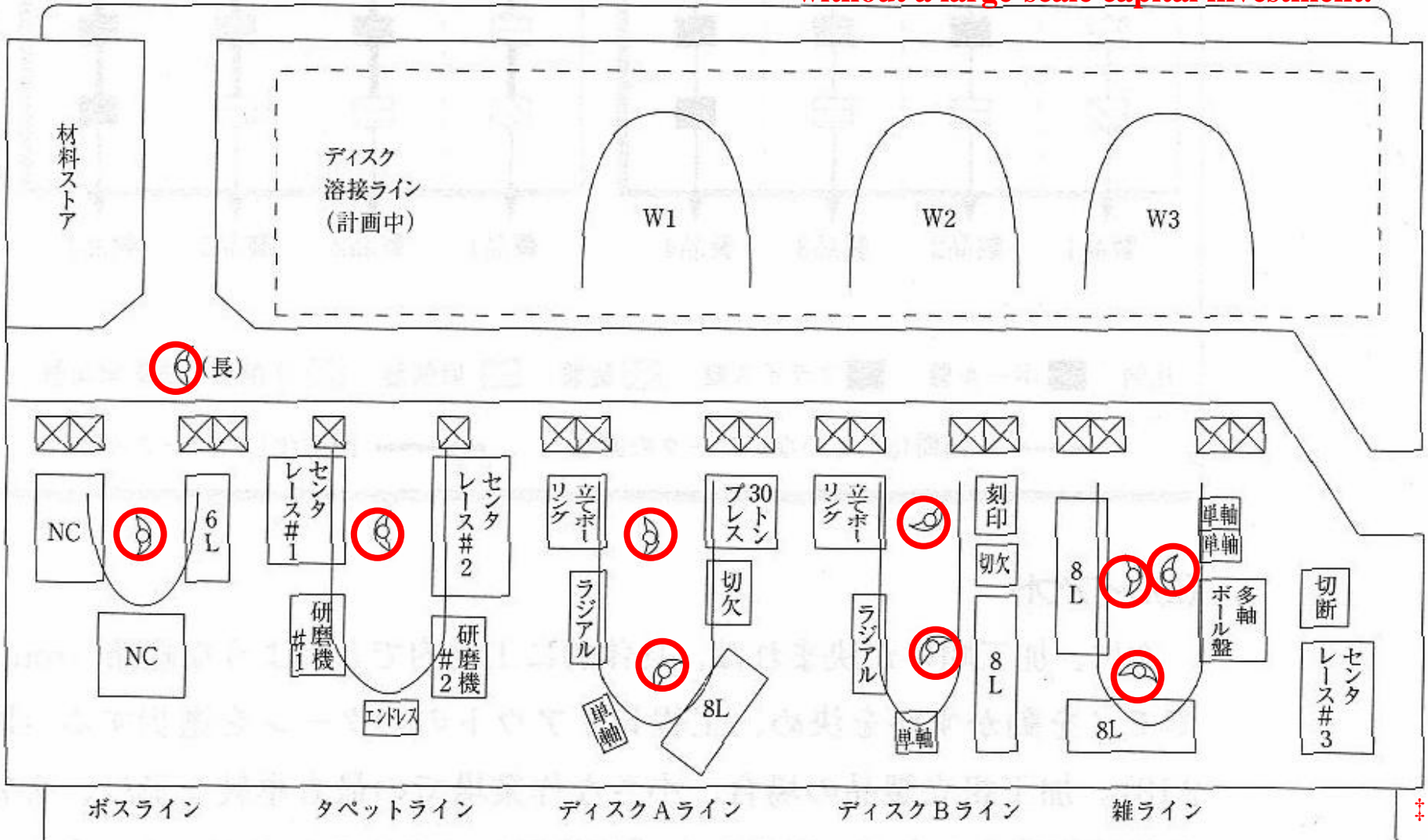
Layout improvement can sometimes bring about a dramatic increase in productivity without a large-scale capital investment.



b. The layout according to the function (After improved).



Layout improvement can sometimes bring about a dramatic increase in productivity without a large-scale capital investment.



Kenichi Sekine, Sumio Iwasaki, Keisuke Arai

'Assembly Number of Men 1/2 Making' THE NIKKAN KOGYO SHIMBUN,LTD. 1988 (p.110 figure8.5)

**In case of by-product line,
actual facilities are often laid out
in the order of the process
flow diagram.**

Figure removed
due to copyright restrictions

4.Product/Process Matrix

Product Variety and Production Volume



Types of Process Design

One production item



Project

Large-variety and small-volume production items
function)



Job/shop (by

Medium-variety and medium-volume production items
product, batch)



Batch/flow(by

One-product and mass-volume production item
product)



Assembly line (by


Conveyer production line(by product)

Hypothesis: “**Compatible ground**” exists in the vicinity of diagonal lines of product/process matrix.

General Framework of Product/Process Matrix

	One product	Large-variety and small- volume	Small-variety and mass- volume	One-product and mass- volume
Project				
Job/shop				
Batch/flow				
Line/flow (single-item flow)				
Conveyer flow				

Product/Process Matrix and Compatible Ground

	One product	Large-variety and small-volume	Small-variety and mass-volume	One-product and mass-volume
Project	 <p>compatible ground</p>			
Job/shop				
Batch/flow				
Line/flow (single-item flow)				
Conveyer flow				

Basic Types of Process

	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	機械	汎用	汎用	専用	専用
	自動化・機械化	低	低	中	高
労働力	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

Case: Main Products of Iwaya Porcelain (1)

1. Relief



2. Vesela (outdoor objet d'ard)

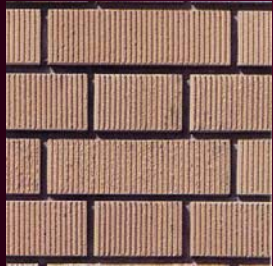


3. Traditional Porcelain



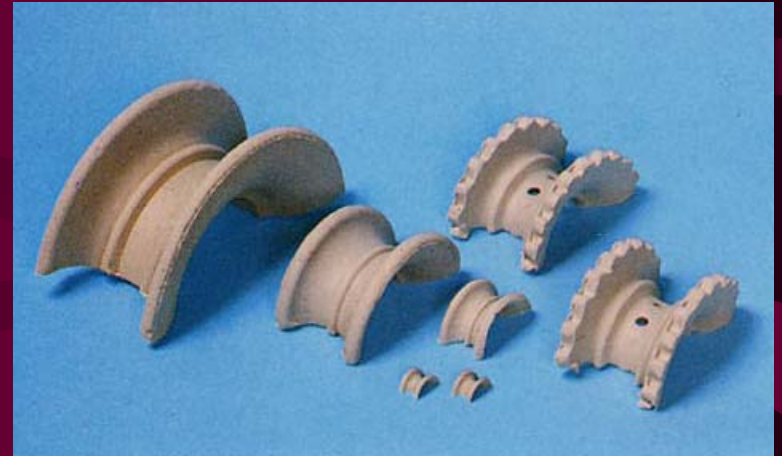
Case: Main Products of Iwaya Porcelain (2)

4. Tiles for Building Exterior



施工例(滋賀県議会棟)

5. Products for Chemical-Related Industry (acid-resistant porcelain)



Saddles



Balls

岩屋磁器の製品系列と製品・工程マトリックス

	One product	Large-variety and small-volume	中品種 中量	Small-variety and mass-volume	One-product and mass-volume
Project					
Job/shop					
Batch/flow					
Line/flow (single-item flow)					
Conveyer flow					

Characteristics of Process of Iwaya Porcelain's Main Products

	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。

Author making

(Porcelain investigation of actual conditions)

Reference: Takahiro Fujimoto 'Introduction to Production Management' Nihon Keizai Shimbun, Inc. 2001 (I p43)

Usage of Product/Process Matrix and Problem(s)

Is it difficult to accommodate a manufacturing assembly industry and an apparatus industry on the same matrix?

----Prepare, sometimes, a separate product/process matrix **by construction method**.

Vertical axis of the matrix (types of process) does not include new production methods.

just in time (JIT), group technology (GT), flexible manufacturing system (FMS), etc.

Horizontal axis (product's variety and production volume) of the matrix needs to be analyzed

More precisely. For example, there can be a difference in the degree of heterogeneity within the same product variety.

If excessively strained by **a diagonal line**, dynamics of competition will be overlooked.

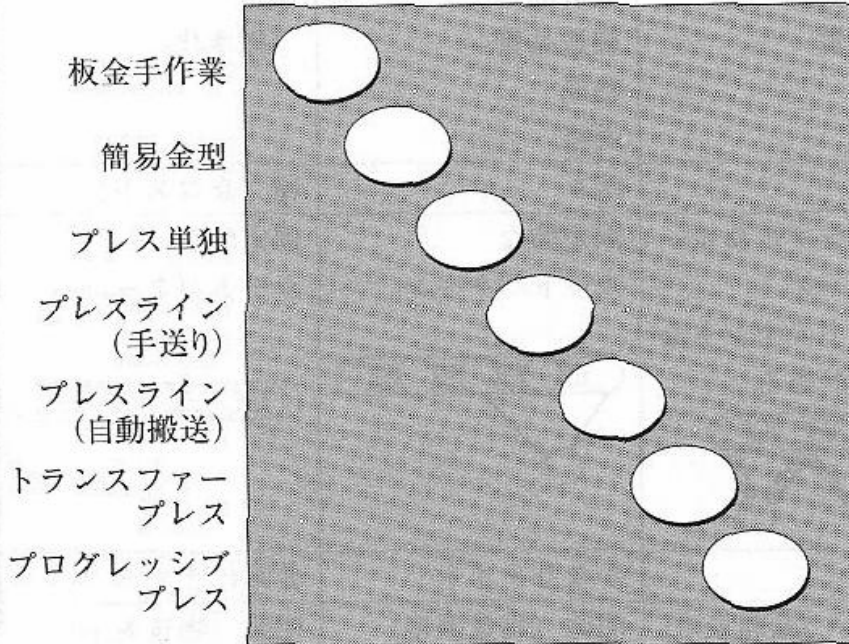
---- Sometimes, it is better to miss a diagonal line intentionally.

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

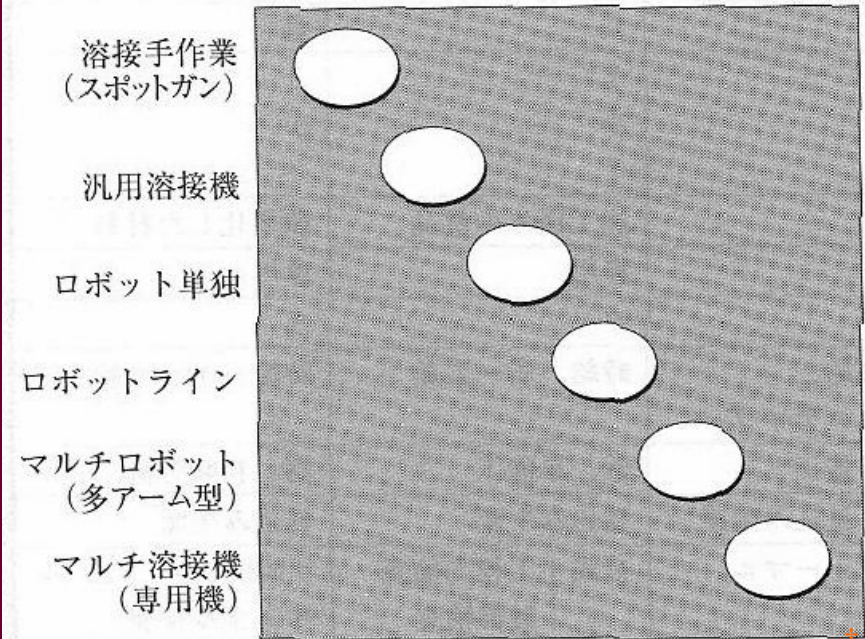


Prepare a separate matrix
by construction method.

スポット溶接工程

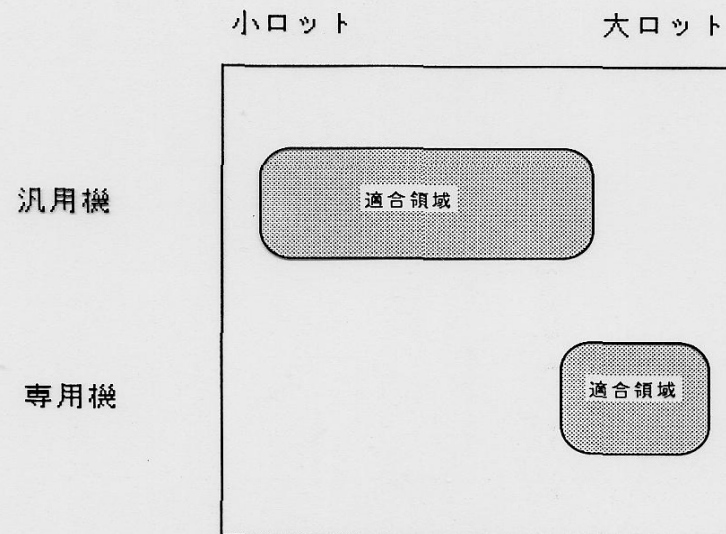
多品種・
異質・
小ロット

少品種・
同質・
大ロット

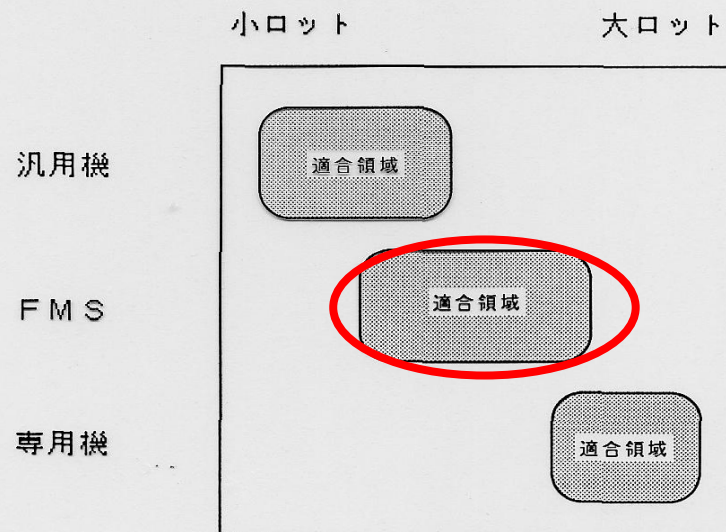


Meaning of Flexible Production Method

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

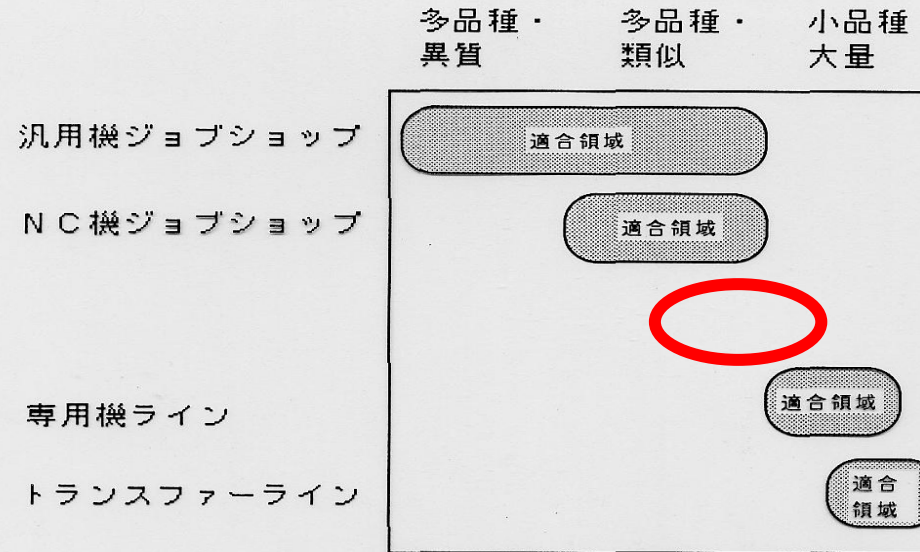


フレキシブル・マニュファクチャリング・システム (FMS) 導入後

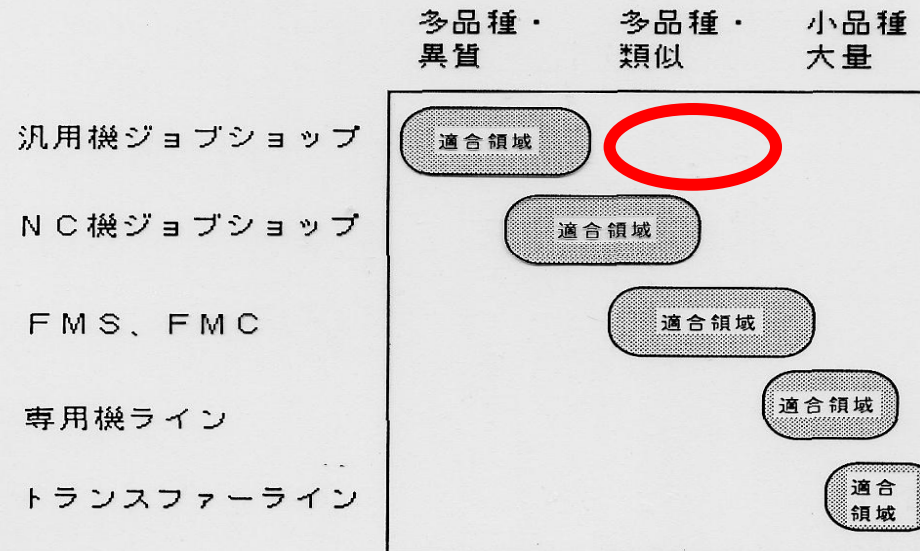


Meaning of Flexible Production Method

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



Meaning of “Large-Variety and Small-Quantity”

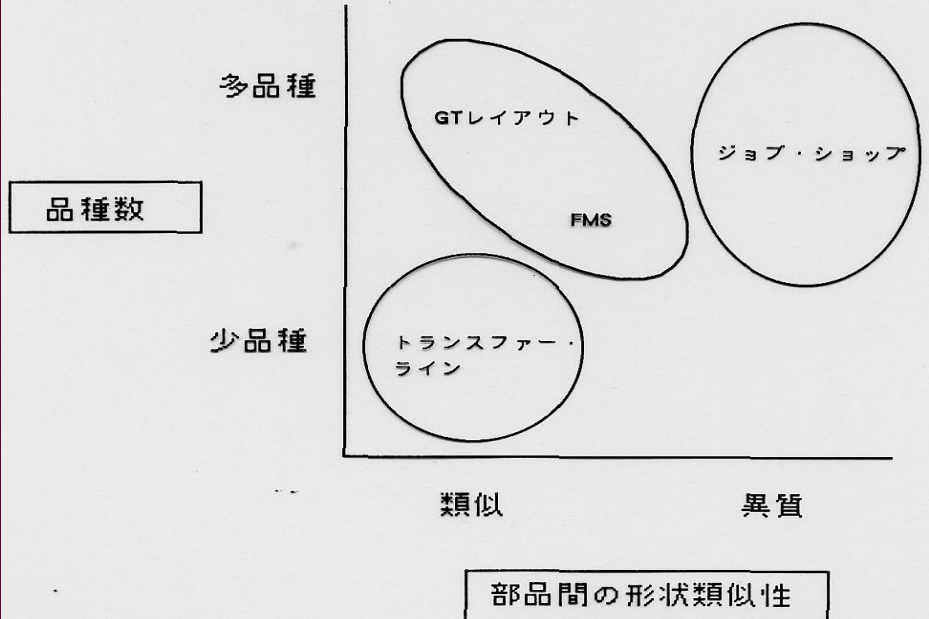
---- Size of variety alone cannot tell all.

Variety of “similar items” greatly differs from a variety of “quite dissimilar items”.

「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）



"Takahiro Fujimoto 'Introduction to Production Management' Nihon Keizai Shimbun, Inc. 2001 (I p48 figure.2.25) "