

第3章 工数計画

工数計画の役割は、基準生産計画で定められた仕事量（負荷）を工数で把握し、生産能力（人、機械設備）の工数と対比することによって負荷と生産能力の調整を図っていくことである。工数とは、延べ作業時間のことを意味し通常、人・時の単位が使われる。

1 標準時間の設定と工数計画の作成

標準時間（単位作業時間）は、次の式に見るように負荷を算出する基本要素となっている。

$$\text{負荷} = \text{標準時間} \times \text{生産数量}$$

負荷が算出されると、この負荷を生産するための生産能力を確認しなければならない。負荷が生産能力を上回ると納期遅延の心配があり、逆に生産能力が負荷を上回ると人や機械設備の遊休が心配される。したがって、負荷と生産能力が適合することが望ましく、適合させることによって工数計画が確定する。

1.1 作業の標準化

標準時間を設定するには、作業標準が必要であり、作業標準を作成するために作業研究が実施される。作業研究は、作業を楽に、正しく、速く行うためのやり方を調査研究することであり、図3-1に見るように、方法研究と作業測定に大別される。

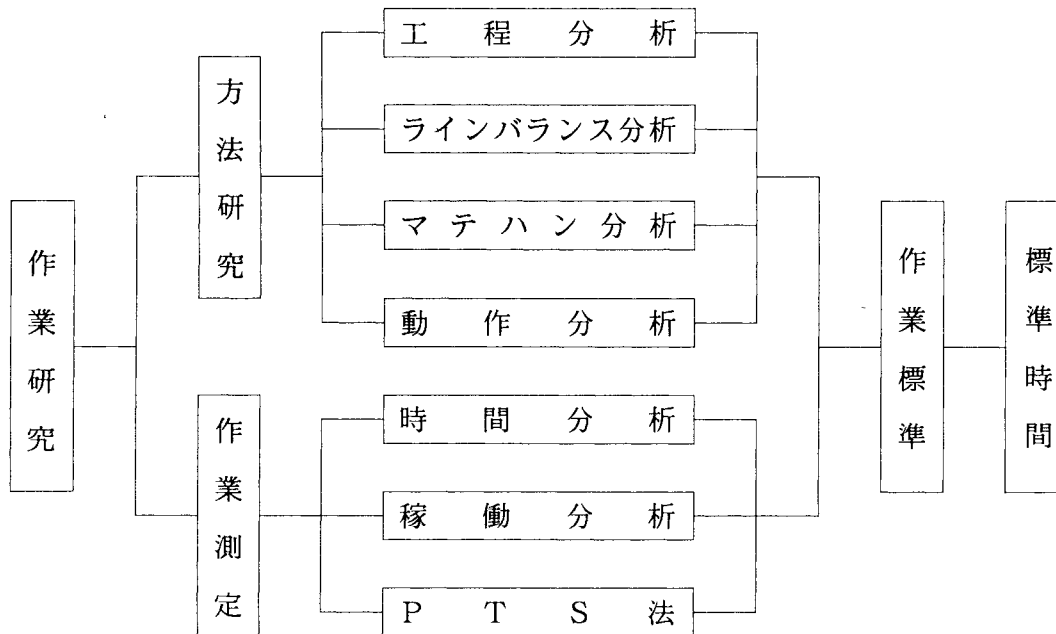


図3-1 作業研究の概要

(1) 作業研究

作業研究の重要な柱の一つになっている方法研究は、工程改善、作業改善および動作改善を進める分析手法であり、代表的な手法として工程分析、ラインバランス分析、マテハン分析および動作分析が挙げられる。

作業研究のもう一つの柱である作業測定は、作業の実態を計数的に把握し、時間的な尺度で作業方法を改善する分析手法で、時間分析と稼働分析が代表手法となっている。

以上が作業研究の概要であり、このうち、標準時間を設定するのに中心的な役割を果たしている時間分析と稼働分析についてみる。

a. 時間分析

時間分析は、一つの作業を、いくつかの要素単位に分け、要素単位ごとに時間測定を行って改善を進める手法であり、要素作業時間分析と単位作業時間分析に大別される（図3-2）。

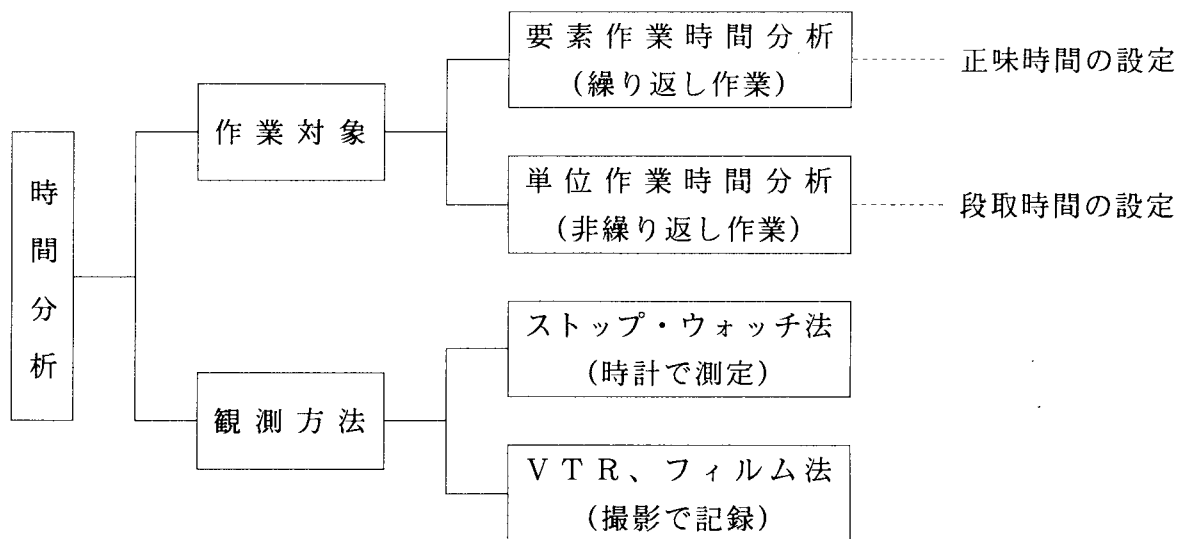


図3-2 時間分析の分類

(a) 要素作業時間

要素作業時間分析は、連続生産やロット生産での繰り返し作業の分析（正味時間の設定）に用いられる。この分析は、1サイクルの作業を、4DM～33DM程度の細かい要素作業に分けて時間観測を行う。表3-1は、1サイクルを5回測定した要素作業時間分析の例を示したものである。

表3-1 要素作業時間分析表

単位：DM

No.	要素作業	1	2	3	4	5	計	回数	平均
1	部品を取る	4	4	—	4	5	17	4	4.3
		4	39	M	11	49			
2	部品を取付ける	7	8	—	7	8	30	4	7.5
		11	47	M	18	57			
3	部品を加工する	14	15	—	16	⑤2	45	3	15.0
		25	62	96	34	209			
4	部品を取外す	5	4	5	5	6	25	5	5.0
		30	66	101	39	15			
5	部品を置く	5	5	6	5	5	26	5	5.2
		35	71	7	44	20			
計		35	36	—	37	⑦6			37.0

上段：所要時間

下段：観測時間

(b) 作業改善の検討

観測した結果にもとづいて作業方法を改善するには、各要素作業ごとに点検し、また各観測回数ごとにデータを追って観測時間のバラツキの大きいところ、所要時間の長いところに着目し改善を図っていく必要がある。

表3-1を見ると、No.3の要素作業（部品を加工する）は、観測時間のバラツキが大きく、所要時間が長いことから、この要素作業が改善の重点となることがわかる。

作業改善を進めるには、作業改善の基本原則が用いられ、よく活用される基本原則に「動作経済の原則」と「ECRSの原則」とがある（表3-2）。

作業改善が終了し、望ましい作業方法、作業時間が決まると、これが作業標準となる（表3-4）。

表3-2 作業改善の基本原則

基本原則	改善の視点
動作経済の原則	① 動作数を少なくできないか ② 動作を同時に行えないか ③ 動作距離を短くできないか ④ 動作を楽にできないか
E C R Sの原則	① Eliminate (排除) : むだな作業を排除できないか ② Combine (結合) : 作業をまとめることはできないか ③ Rearrange (再編成) : 作業順序を変更できないか ④ Simplify (簡素化) : もっと簡単な方法はないか

(c) 単位作業時間分析

要素作業時間分析は、繰り返し作業に用いられるのに対し、単位作業時間分析は、非繰り返し作業に用いられ、段取作業の標準化は、単位作業時間分析を活用する。

この単位作業時間分析は、要素作業時間分析よりも、少し粗い単位で作業内容を分解し時間観測を行う。時間観測を行った後の改善方法、標準化の手続きは要素作業時間分析と同じである。

段取作業の作業方法、作業時間が決まると、これが段取の作業標準となる(表3-4)。

b. 稼働分析

稼働分析は、人や機械設備の稼働率を高めるために稼働状態を計数的に把握し分析する手法である。

稼働分析の方法は大別すると、目視分析、機器分析そして資料分析の3種類に分けられる(図3-3)。

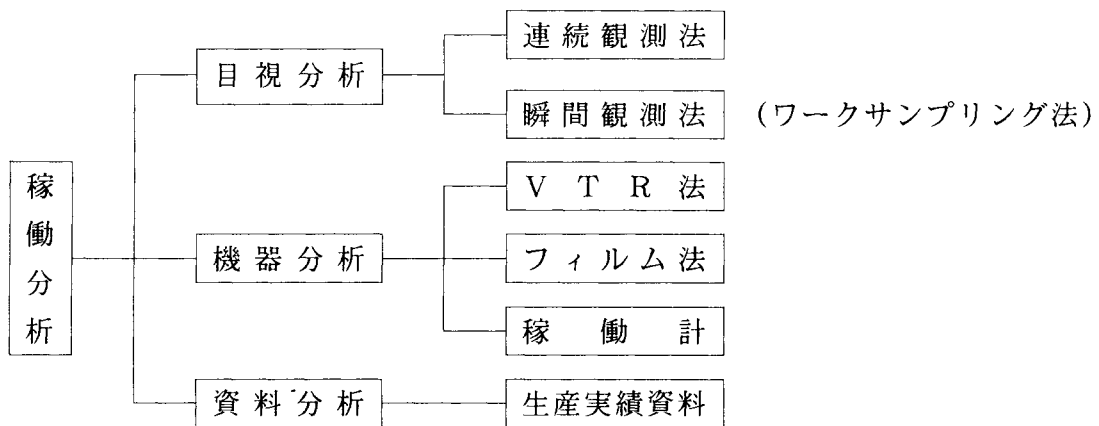


図3-3 稼働分析の分類

(a) ワークサンプリング法

ワークサンプリング法は、人や機械設備の稼働状況について、その稼働状況を瞬間的に読みとって稼働率を推定するやり方である。この方法は、1日につき20回～40回程度の観測数で数日間実施すると、かなりの信頼性、精度が得られることから広く普及している。表3-3は、半自動機を主体とした職場のワークサンプリング結果を示したものである。

表3-3 稼働分析（ワークサンプリング法）

作業内容		小計		中計		大計		
		回数	%	回数	%	回数	%	
段取	作業	52	10.8	52	10.8			
主体作業	主作業	300	62.5					
	付随作業	50	10.4	350	72.9	402	83.8	
余裕作業	作業余裕	注油	3	0.6				
		機械調整	10	2.1				
		加工品検査	7	1.5				
		スクラップ処理	3	0.6	23	4.8		
	職場余裕	故障修理	0	0.0				
		後工程運搬	5	1.0				
		打合せ	5	1.0				
		朝礼、終礼	8	1.7				
		整理整頓	9	1.9				
	人的余裕	干渉	15	3.1	42	8.8		
用達余裕		5	1.0					
	疲労余裕	0	0.0	5	1.0	70	14.6	
非作業		8	1.7	8	1.7	8	1.7	
合計		480	100.0	480	100.0	480	100.0	

(b) 稼働率向上対策

観測した結果にもとづいて稼働率を高める対策を検討するには、作業内容の各項目について、その発生理由を押さえ対策を検討する必要がある。

表3-3を見ると、主作業比率が62.5%、主体作業比率が72.9%となっており、この両者の比率を高めることが稼働率向上につながる。そのためには、非稼働作業ともいえる段取作業、余裕作業そして非作業を削減していかなければならない。

表3-3では、段取作業(10.8%)と付随作業(10.4%)が高い割合を示しており、また、余裕作業の中の干渉(3.1%)、機械調整(2.1%)、そして非作業(1.7%)などにも改善の目を向けていかなければならない。

非作業とは、作業として認めることのできない怠け行動をいい、雑談、さぼり、などを指している。

このように職場の作業内容の見直しを行い、適正化を図って標準稼働率、標準余裕率を設定する。

(2) 作業標準

作業研究により品質的にも、能率的にも適切な作業方法が確立されたならば、そのやり方を作業標準とし、この作業標準に基づいて標準時間を設定する。

一般に作業標準は文書化され、次のような内容が記載される(表3-4)。

- ① 使用する材料(材質、形格、寸法など)
- ② 使用する設備、治工具、型など
- ③ 加工条件(加工範囲、加工速度など)
- ④ 作業順序と作業の急所
- ⑤ 品質検査と使用する計測器
- ⑥ 標準時間(正味時間、段取時間など)
- ⑦ 加工図と配置図
- ⑧ 異常発生時の処置など

表3-4 作業標準

使用する材料		使用する設備、治工具、型		加工条件	
No.	作業順序	品質検査	作業の急所	時間	図解
1					
2					
3					
4					
5					
・ ・ ・ ・ ・					
計					

1.2 標準時間

標準時間は、一般に次のように定義される。「決められた作業方法と機械設備を用いて、決められた作業条件のもとで、その作業に対して要求される普通の熟練度をもった作業者が、平常の速さで作業を行うとき、1単位の作業量を完成するのに必要とされる作業時間」を意味する。

(1) 標準時間の構成

標準時間は図3-4に見るように、主作業時間と段取時間に分けられ、主作業時間は、品物を1個加工するのに必要な時間で、これに対し段取時間は、ロットの大きさに関係なく1ロットに1回だけ発生する作業時間をいう。したがって、標準時間の算出は、式で表すと次のようになる。

$$\text{標準時間} = \text{主作業時間} + \text{段取時間} \div \text{ロットの大きさ}$$

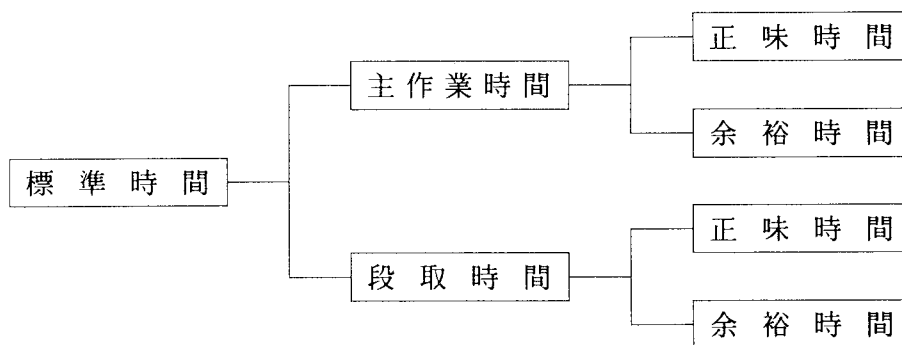


図3-4 標準時間の構成

(2) 正味時間の設定

正味時間の設定方法は、製造現場の実態調査（観測法）にもとづく方法と実態調査によらない方法（見積法）とがある（図3-5）。

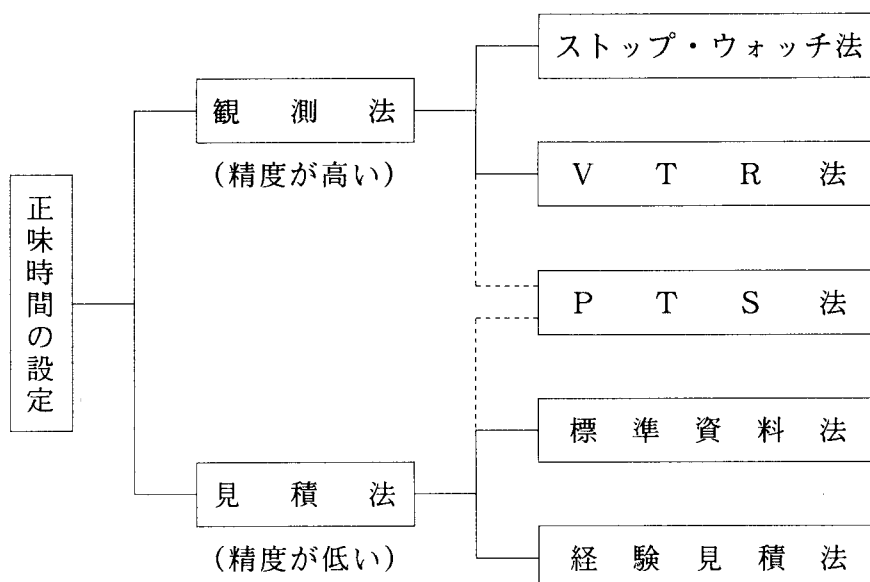


図3-5 標準時間の設定方法

a. 観測法

観測法は、製造現場の作業を観測し時間分析を行う方法でストップ・ウォッチ法とV T R法に大別される。

近年、V T R法が普及してきており、V T R法は次のような利点をもっている。

- ① 繰り返し繰り返し見ることができる。
- ② タイマーをセットすることによりストップ・ウォッチ法より精度の高いデータを得ることができる。
- ③ 早送り、遅送り、静止画像など、状況に応じた使い分けができる。

b. P T S 法

P T S 法は、Predetermined Time Standards の略称で既定時間標準法と呼ばれる。

この方法は、作業を微動作要素に分解し、これらの微動作条件に応じて、既に定められている時間値表から微動作要素時間を見積もり合成するやり方である。

この P T S 法は次のような利点をもっている。

- ① 短サイクルの正味時間に適合できる。
- ② 製造現場での観測をしなくても、微動作の性質と条件がわかれば正味時間を設定することができる。
- ③ レイティング（速度修正）の必要がない。

c. 見積法

見積法は、過去の実績資料や過去の経験を生かして見積もる方法で標準資料法と経験見積法に分けられる。

標準資料法は、作業を要素作業に分解し、過去に行った共通要素作業または類似要素作業を見つけ、それを目安に正味時間を見積もる方法である。

経験見積法は、作業を要素作業の単位まで細かく分解しないで、もう少し粗い単位で見積もる方法をいう。

(3) 標準時間の算出

標準時間の算出は、図 3-4 に見るように、1 個当たりの主作業時間を求め、これに 1 個当たりに換算した段取時間を加算して求める。

このことを計算式で表すと次のようになる。

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{主作業時間} &= \text{正味時間} + \text{余裕時間} \\
 &= \text{正味時間} \times (1 + \text{余裕率}) \\
 &= \text{観測時間} \times \text{レイティング係数} \times (1 + \text{余裕率})
 \end{aligned}$$

$$\blacksquare \text{段取時間} = \{ \text{段取観測時間} \times \text{レイティング係数} \times (1 + \text{余裕率}) \} \div \text{ロットの大きさ}$$

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{標準時間} &= \text{主作業時間} + \text{段取時間} \\
 &= \text{観測時間} \times \text{レイティング係数} \times (1 + \text{余裕率}) \\
 &+ \{ \text{段取観測時間} \times \text{レイティング係数} \times (1 + \text{余裕率}) \} \div \text{ロットの大きさ}
 \end{aligned}$$

a. 正味時間

正味時間は、1個加工するのに必要な正味の作業時間のことでサイクルタイムとも呼ばれる。

観測法（時間分析）により正味時間を求める場合、レイティング（速度修正）が必要となる。

(a) レイティング

レイティングとは、観測値を標準速度に換算することで、レイティングを行った結果はレイティング係数として計数化される。

観測時間が標準速度より速ければレイティング係数は1より大きくなり（例えば、1.1）、逆に観測時間が標準速度より遅ければレイティング係数は1より小さくなる（例えば、0.9）。

(b) 正味時間の算出

観測時間（時間分析による観測値の平均）が得られ、レイティング係数が決まると正味時間を算出することができる。

表3-1の観測時間をレイティングし、正味時間を求めてみると、次のようになる。

■レイティング係数が1.1の場合： $37.0(\text{DM}) \times 1.1 = 40.7(\text{DM})$

■レイティング係数が0.9の場合： $37.0(\text{DM}) \times 0.9 = 33.3(\text{DM})$

b. 余裕時間

規則的に発生する作業は、正味時間の対象となり、不規則に発生する作業は余裕時間の対象となる。

一般に余裕作業は、図3-6に見るように3つに分類される。非作業は、余裕作業とは異なり標準時間の対象とはならない。

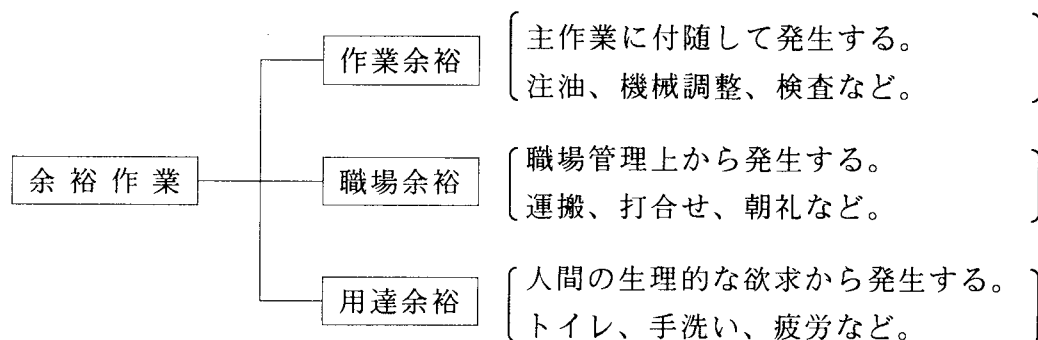


図3-6 余裕作業の分類

(a) 余裕率

余裕時間は、正味時間に余裕率を掛けて求める。余裕率は稼働分析より求めることができ、表3-3のワークサンプリング結果より余裕率を計算してみると、次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{余裕率 (\%)} &= \text{余裕作業} \div \text{主体作業} \times 100 \\ &= 70 \text{ (回)} \div 350 \text{ (回)} \times 100 \\ &= 20.0 \text{ (\%)} \end{aligned}$$

このような余裕率の算出方法を外掛け方式といっている。

(b) 余裕時間の算出

正味時間と余裕率が確定すると余裕時間を算出することができる。表3-1と表3-3から余裕時間を求めてみる。

表3-1より観測値を求めると、37.0DMであり、レイティング係数を0.9とすると正味時間は33.3DMとなる。表3-3より余裕率は20.0%であるから余裕時間は次に示すように6.7DMと算出される。

$$\begin{aligned} \text{余裕時間} &= \text{正味時間} \times \text{余裕率} \\ &= 37.0 \times 0.9 \times 0.2 = 33.3 \times 0.2 \\ &= 6.66 \\ &\approx 6.7 \text{ (DM)} \end{aligned}$$

c. 段取時間

段取時間は、加工開始前の準備時間と加工終了後の後始末に要する時間を合わせたものをいう。1個当たりの段取時間を求めるには、1ロット当たりの段取時間が標準化され、ロットの大きさが標準化されていなければならない。

(a) 1ロット当たりの段取時間

1ロット当たりの段取時間は、ストップ・ウォッチ法、またはVTR法により設定することができ、主作業時間に対し段取時間の割合が著しく低い場合は、観測法ではなく見積法が用いられる。

(b) ロットの大きさ

1個当たりの段取時間を算出するにはロットの大きさを標準化する必要がある、この標準ロットの設定を経済的ロット計算の方法で算出してみる。次の計算式は、段取費用と保管費用の合計を最小費用にするロットの大きさを意味する(図3-7)。

$$\text{経済的ロットの大きさ} = \sqrt{\frac{2 \times \text{年間生産量} \times \text{1回当たりの段取費用}}{\text{製造原価} \times \text{年間保管費用率}}}$$

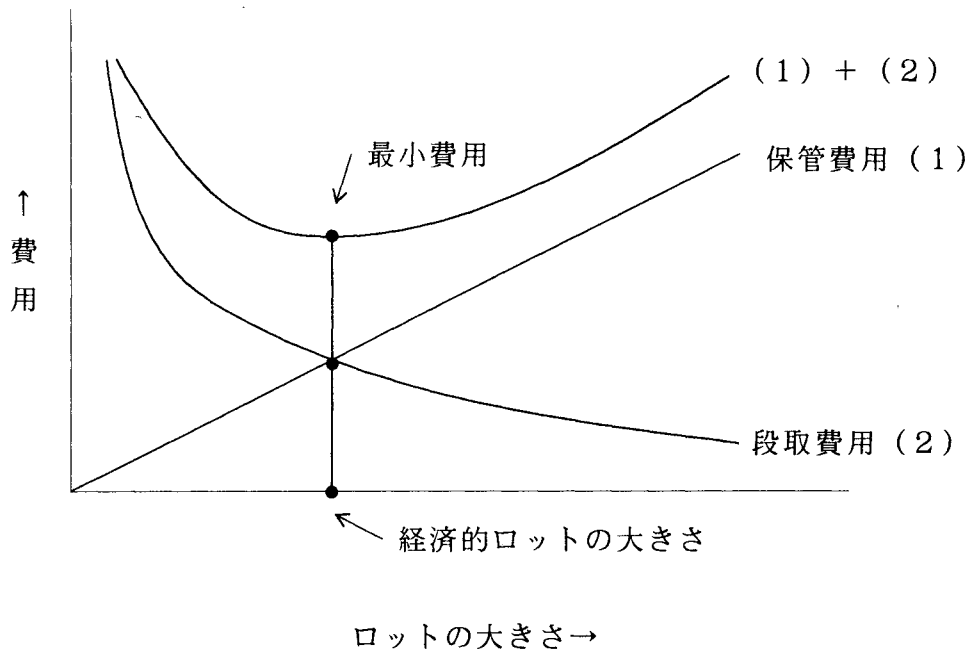


図3-7 経済的ロットの大きさ

【設例】

次の条件設定で経済的ロットの大きさを求めてみる。

- ・年間生産量 7,500個 (月625個)
- ・1回当たりの段取費用 2,000円 (45分/回)
- ・1個当たりの製造原価 100円
- ・年間保管費用率 30%

$$\text{経済的ロットの大きさ} = \sqrt{\frac{2 \times 7,500 \times 2,000}{100 \times 0.3}} = 1,000 \text{ 個}$$

したがって、1個当たりの段取時間は2.7秒 (45分×60÷1,000個) となる。

d. 標準時間の算出

次の設例にしたがって、標準時間および1ロット当たりの標準工数を算出してみる。

【設例】

- ・正味時間 33.3DM (20.0秒)
- ・余裕率 20.0%
- ・段取時間 45分/回
- ・ロットの大きさ 1,000個

$$\begin{aligned}
 \text{標準時間} &= 20.0 \times (1 + 0.2) + 45 \times 60 \div 1,000 \\
 &= 24.0 + 2.7 \\
 &= 26.7 \text{ (秒)}
 \end{aligned}$$

1ロット当たり

$$\begin{aligned}
 \text{標準工数} &= 20.0 \times (1 + 0.2) \times 1,000 \div 60 + 45 \\
 &= 400 + 45 \\
 &= 445 \text{ (分)} \\
 &= 7.4 \text{ (時間)}
 \end{aligned}$$

1.3 工数計画

図3-7に見るように、負荷と生産能力を対比することにより余力が算出され、算出されたプラス余力、またはマイナス余力を調整することによって工数計画が出来上がる。余力とは、生産能力から負荷を差し引いた差をいう。

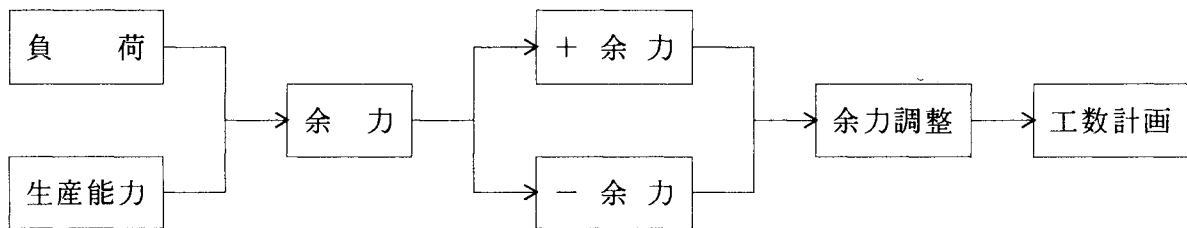


図3-7 工数計画の作成

(1) 負荷の算出

負荷は標準時間を基礎として次式で求められる。

$$\text{負 荷} = \text{標準時間} \times \text{生産数量}$$

表3-6は、表3-5の標準時間表にしたがって月間負荷を計算したものである。

表3-5 標準時間表

単位：分/個

品名	工程	1 0 1	1 1 1	1 2 1	1 3 1	1 4 1	合 計
	機械	2 0 1	2 1 1	2 2 1	2 3 1	2 4 1	
A		1. 3	1. 2	1. 1	1. 0	0. 6	5. 2
B		1. 4	1. 3	1. 2	1. 1	0. 7	5. 7
C		1. 5	1. 4	1. 3	1. 2	0. 8	6. 2
D		1. 6	1. 5	1. 4	1. 3	0. 9	6. 7
E		1. 7	1. 6	1. 5	1. 4	1. 0	7. 2
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

表3-6 月間負荷算出表

単位：H

品名	数量	工程	1 0 1	1 1 1	1 2 1	1 3 1	1 4 1	合 計
		機械	2 0 1	2 1 1	2 2 1	2 3 1	2 4 1	
A	1,800		39.0	36.0	33.0	30.0	18.0	156.0
B	1,600		37.3	34.7	32.0	29.3	18.7	152.0
C	1,400		35.0	32.7	30.3	28.0	18.7	144.7
D	1,200		32.0	30.0	28.0	26.0	18.0	134.0
E	1,000		28.3	26.7	25.0	23.3	16.7	120.0
合 計	7,000		171.6	160.1	148.3	136.6	90.1	706.7

(2) 生産能力の算出

生産能力は、作業者の生産能力と機械設備の生産能力に分かれ、両者とも、実働時間を基本に工数で求める。実働時間とは、就業時間から休憩時間を差し引いたものをいう。

a. 作業者の生産能力

作業者の生産能力は次の式で求めることができる。

$$\text{生産能力} = \text{実働時間} \times \text{出勤率} \times \text{直接作業率} \times \text{人数}$$

- ・直接作業率：直接作業は、標準時間の対象となる作業をいい、直接作業率とは、実働時間に占める直接作業時間の割合をいう。
- ・人数：標準時間の水準に対応させるために、低能力者、高能力者の能力調整を行う。例えば低能力者については0.8人、高能力者については1.2人など。

【設例】

次の条件設定にしたがって作業者の生産能力を算出してみる。

- | | |
|-------------------|--------|
| ・実働時間（8H/日、20日/月） | 160H/月 |
| ・出勤率 | 98% |
| ・直接作業率 | 93% |
| ・人数（標準者4人、低能力者1人） | 4.8人 |

$$\begin{aligned} \text{生産能力} &= 160 \times 0.98 \times 0.93 \times 4.8 \\ &= 700 \text{ (H/月)} \end{aligned}$$

b. 機械設備の生産能力

機械設備の生産能力は次の式で求めることができる。

$$\begin{aligned} \text{生産能力} &= \text{実働時間} \times \text{稼働率} \times \text{台数} \\ &= \text{実働時間} \times (1 - \text{休止率}) \times \text{台数} \end{aligned}$$

- ・稼働率：実働時間に占める稼働時間の割合をいう。
- ・休止率：作業者の欠員、欠勤などで休止する時間の割合をいう。
- ・台数：ライン化されている場合は、ライン数で把握する。

【設例】

次の条件設定にしたがって機械設備の生産能力を算出してみる。

- ・ 実働時間（8H/日、20日/月） 160H/月
- ・ 稼働率 88.8%
- ・ 台数 5台

$$\begin{aligned} \text{生産能力} &= 160 \times 0.888 \times 5 \\ &= 710.4 \text{ (H/月)} \end{aligned}$$

次に示す、表3-7は、表3-6の負荷算出表に対応する機械設備の生産能力表である。

表3-7 機械設備の生産能力表

工 程	機 械	実働時間 (H/月)	休 止 率 (%)	稼 働 率 (%)	台 数 (台)	生産能力 (H/月)
101	201	160	2.0	98.0	1	156.8
111	211	160	2.0	98.0	1	156.8
121	221	160	2.0	98.0	1	156.8
131	231	160	10.0	90.0	1	144.0
141	241	160	40.0	60.0	1	96.0
						710.4

(3) 余力の算出

余力とは、負荷と生産能力の適合度をみることであり、生産能力から負荷を差し引くことにより余力値を算出することができる。

表3-8は、表3-6の負荷算出表と表3-7の生産能力表から余力を算出したものであり、図3-8は、表3-8の余力算出表を一目でわかるようグラフ化したもので工数山積グラフと呼ばれる。

表3-8 余力算出表

工 程	機 械	生 産 能 力 (H/月)	負 荷 (H/月)	余 力 (H/月)
101	201	156.8	171.6	-14.8
111	211	156.8	160.1	-3.3
121	221	156.8	148.3	+8.5
131	231	144.0	136.6	+7.4
141	241	96.0	90.1	+5.9
合 計		710.4	706.7	+3.7

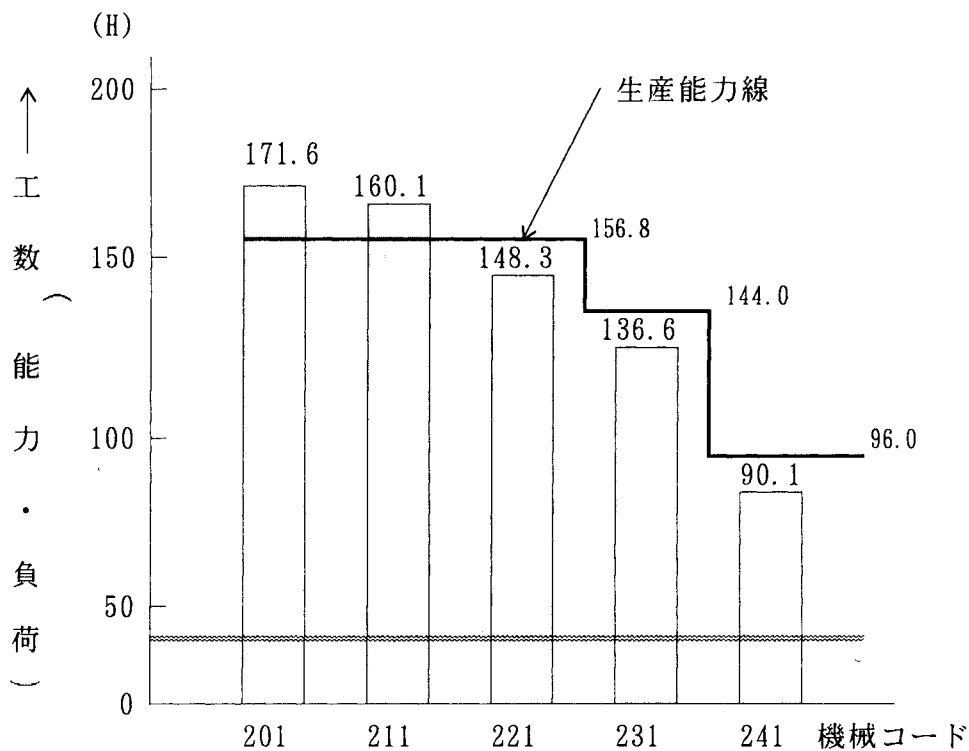


図3-8 工数山積グラフ

(4) 余力調整

余力調整は、プラス余力、マイナス余力の発生を最小限に抑えるために、生産能力面と負荷面から調整を図っていくことである。

余力調整は、大日程計画（長期）、中日程計画（中期）、小日程計画（短期）の

3つの計画に対応して実施される。

a. 長期の余力調整

長期の余力調整は、販売計画と生産計画の調整に主眼がおかれる。余力調整の手段として、販売面では、受注増加対策と在庫計画が主題となり、生産面では、販売計画に対応するための人員計画、設備計画、および外注計画の検討が主題となる。

b. 中期、短期の余力調整

負荷が生産能力に対して過大となった場合、生産能力面からみると次のような余力調整が実施される。

- ① 残業の実施で生産能力を高める
- ② 休日出勤で生産能力を高める。
- ③ 他の職場から人員の応援を仰ぐ。
- ④ 外注依存度を高める。
- ⑤ パート、アルバイトを増やす。

一方、負荷面からみると次のような余力調整が実施される。

- ⑥ 生産ロットを分割し小ロットで流す。
- ⑦ 納期にゆとりのあるロットを後に回す。

逆に、負荷が生産能力に対して過小となった場合は、次のような余力調整が実施される。

- ① 見込み生産（在庫生産）を行う。
- ② 忙しい職場に人を回す。
- ③ 外注を内作に切り替える。
- ④ ゆとり時間を間接作業に振り向ける。
- ⑤ 操業時間の短縮
- ⑥ パート、アルバイトの人員調整

(5) 工数計画の作成

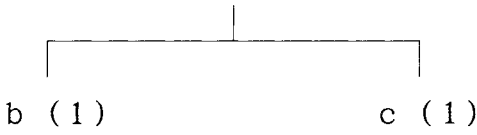
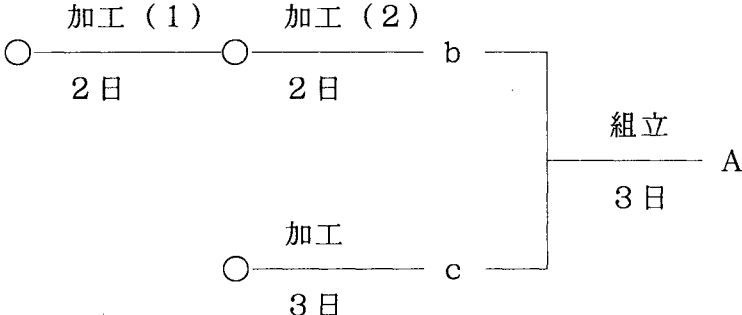
表3-9の条件設定にしたがって製品Aと部品b、cの工数計画を作成してみる。製品Aは部品bと部品cから構成されており、それぞれ1個構成である。納期は10月31日（火）であり、前日に製品組立を1ロット（100個）完成しておかなければならない。

工程系列とリードタイムにもとづいて製品、部品の負荷日を計画してみると図3-9のようになる。

製品Aの着手日は10月26日（木）、部品bの着手日は10月20日（金）、部品cの着手日は10月23日（月）となる。

指定された負荷日について、機械（X、Y、Z）の余力を確認すると、図3-10に見るように、ほぼ適合する状況となっているので工数計画が確定できる。

表3-9 工数計画の条件設定

項目	条件設定			
部品構成	製品A (1) 			
納期	10月31日(火)			
生産数量	100個(1ロット)			
工程系列とリードタイム				
機械名	X	X	Y	Z
品名	b	b	c	A
作業名	加工(1)	加工(2)	加工(3)	製品組立
標準時間	3分	2分	6分	5分
負荷	5.0H	3.3H	10.0H	8.3H
生産能力	7.8H/日	7.8H/日	7.8H/日	7.8H/日

機械名	品名	工程名	10月								
			20	23	24	25	26	27	30	31	
			金	月	火	水	木	金	月	火	
X	b b :	加工(1)	5.0H								
		加工(2)			3.3H						
		計									
Y	c : :	加工(3)		10.0H							
		計									
Z	A : :	製品組立					8.3H				
		計									

図3-9 負荷日の計画

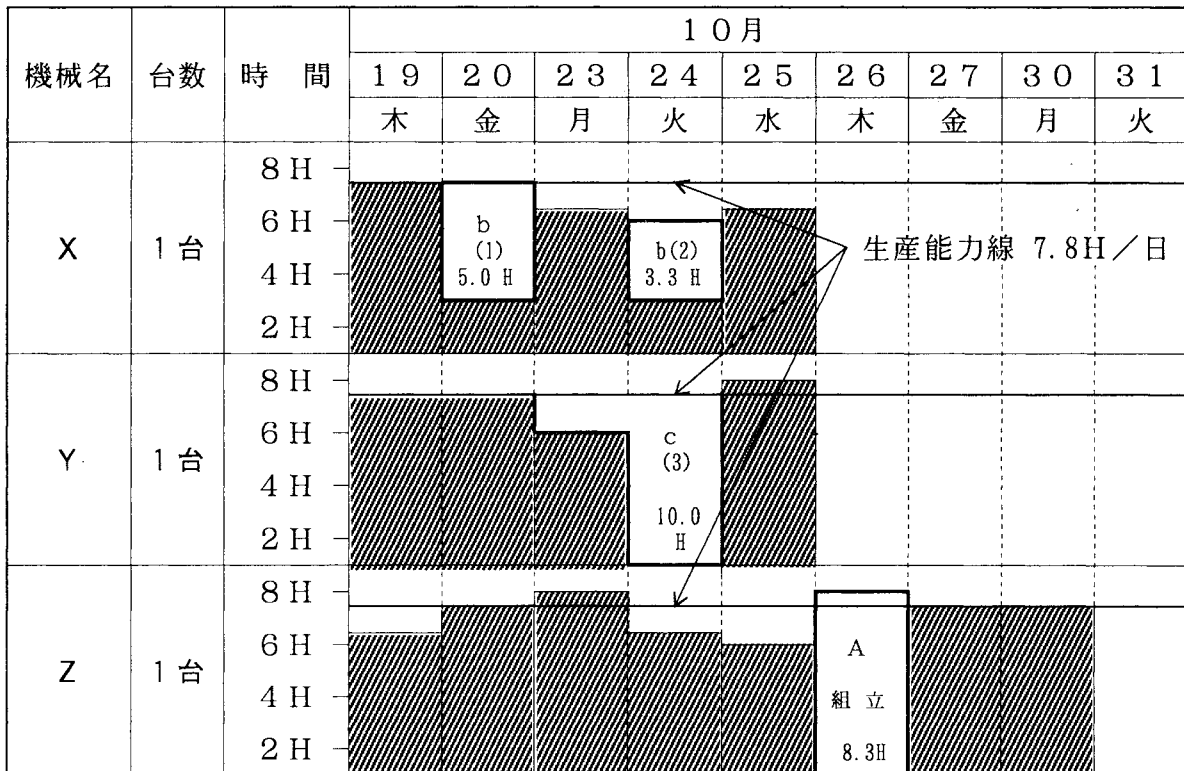


図3-10 機械別の工数計画（工数山積グラフ）

2 能力計画

能力計画は、生産計画を達成するために必要とされる生産能力を明らかにすることであり、内作計画としての人員計画、設備計画、そして外作計画としての外注計画に大別される。

2.1 人員計画

生産計画を達成するための人員計画は、次に示すように3つの大きな目的を持っている。

- ① 生産計画を達成するために必要な人員の算定
 - ② 生産計画を達成するために必要な人材の育成
 - ③ 生産計画を達成するために必要な労働生産性の向上
- これら、3つの課題を解決するために人員計画が策定される。

(1) 人員計画の算定

人員計画を作成する最も基本的な目的は、この人員の算定にある。人員を算定するには、生産計画から負荷を明らかにし、一方で現有人員にもとづいて現有能力を算定し、負荷と現有能力を対比することによって余力工数（余力人員）を求める。

マイナス余力となるときは、現有能力が不足することになり、逆にプラス余力となるときは、現有能力が余剰となる。この両者が適合するよう余力調整を図っていかなければならない。

表3-10は、直接工を対象とした現有19人規模の人員計画の例で、余力工数の合計をみると310Hのマイナス余力となっている。人員で見ると2.0人の不足が生じ、第4～第6工程に2名の増員を図るよう余力調整が行われている。

次に、第1～第3工程をみると、第2と第3工程においてプラス余力が発生しており、このプラス余力を第1工程のマイナス余力工程に振り向け、不足工数は残業で対処するよう余力調整が行われている。

この表3-10は、直接工を対象に正社員のみで示されているが、実際には、間接工もおり、パート、アルバイトなども含まれ、また新入社員などの習熟していない技能者もいることから、実態に適合するよう人員計画を編成していく必要がある。

表3-10 人員計画(月平均)

工 程	品 種 群					負 荷	現 有 能 力	余 力 工 数	余 力 人 員	余 力 調 整
	A (個) 2,000	B (個) 5,000	C (個) 3,000	D (個) 1,000	E (個) 7,000					
1	50	100	70	30	140	H 390	2人 310H	H -80	人 -0.5	第1～第3工程は人 員補充なし。 工程間の応援と残業 で対処する。
2		80		30		H 110	1人 155H	H +45	人 +0.3	
3	20		30		55	H 105	1人 155H	H +50	人 +0.3	
4	90	170	110	50	250	H 670	4人 620H	H -50	人 -0.3	第4～第6工程に2 名の人員補充を行う。
5	190	370	230	130	500	H 1,420	8人 1,240H	H -180	人 -1.2	
6	70	140	100	50	200	H 560	3人 465H	H -95	人 -0.6	
計	420	860	540	290	1,145	H 3,255	19人 2,945H	H -310	人 -2.0	

注1) A、B、C、D、Eの品種群は、類似する品種を集約し月平均の負荷に換算したものである(合計月平均18,000個)。

注2) 作業員1人の保有工数155H/月

(8H/日×22日/月×0.98×0.9)

↑ ↑
 出勤率 直接作業率

(2) 人材の育成

図3-11に見るのは、製造現場の職種構成である。直接工についてみると、納期の短縮化に伴い多能工が重視され、製品の高精度化に対応するために知能工の要請が高まっているといえよう。

一方、間接工についてみると、生産ロットの小ロット化に伴い段取工の役割が高まり、機械設備の高度化により保全工の重みが増しているといえよう。

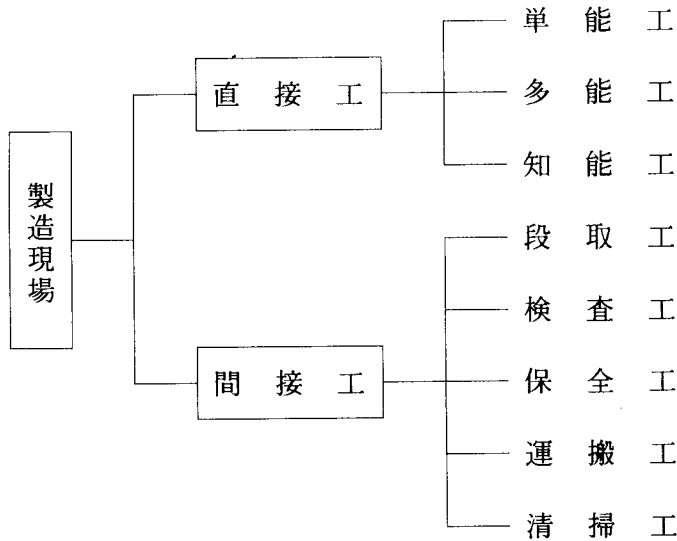


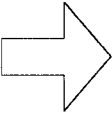
図3-11 職種構成

a. 多能工の育成

多能工とは、1人の作業者が複数の工程を担当できることを意味しており、工程の流れに沿って複数の工程を担当することを多工程持ちといっている。多能工化を促進することにより、工程間のツナギが良くなり、仕掛品が削減するとともにリードタイム短縮にも貢献する。また、担当者の欠勤、欠員に対しても代行者がいることから作業組織の柔軟性が高まる。

多能工を育成するために担当工程を拡大し、また、配置転換などの方策がとられる(図3-12)。

		工 程 系 列					
作業者		1	2	3	4	5	6
A		○	○	○	○	○	○
B		○	○	○	○	△	△
C		○	○	△	×	×	×
D		△	○	○	△	×	×
E		×	×	×	△	○	○
F		×	×	×	△	△	○
G		○	×	×	×	×	×



		工 程 系 列					
作業者		1	2	3	4	5	6
A		○	○	○	○	○	○
B		○	○	○	○	△	△
C		○	○	○	△	×	×
D		○	○	○	△	×	×
E		×	×	△	○	○	○
F		×	×	×	○	○	○
G		○	○	△	×	×	×

○：十分に経験をもっている

△：十分ではないが担当することができる

×：まだ担当することができない

図3-12 多能工促進計画

b. 知能工の育成

機械設備の高度化が進み、先端機器（NC、MC、産業用ロボット、自動搬送装置など）の導入が増加するなかで、これらの先端機器を運転操作、調整し、段取できる知能工の要請が高まっている。

多能工の育成と同様、知能工においても図3-12に見るような育成計画を立て計画的に進めていく必要がある。

c. 間接工の有効利用

間接工は、直接工の作業が円滑に進むよう直接作業の前後に発生する間接作業を担当する作業員であり、企業の規模が大きくなると作業内容が複雑化してくるので間接工の必要性が高まる。次のようなケースは間接工に移管した方が得策である。

- ① 誰でもできる雑役的な作業、例えば、清掃、運搬などは人件費の負担が軽い間接工が担当する。
- ② 生産性を高めるには、直接工の稼働率を高めることが重要であり、そのた

めに直接工の担当する間接作業を間接工に移管する（段取工、検査工、保全工、運搬工、清掃工など）。

- ③ 高度な技能が求められる作業は、専門技能者に任せた方がミス、トラブルが少ない（段取工、検査工、保全工など）。

(3) 労働生産性の向上

生産計画の達成は、できるだけ高い労働生産性で達成することが求められ、そのためには人員計画を立案する段階で合理化案を検討しておかなければならない。

a. 労働生産性の指標

労働生産性を把握するには一般に次のような指標が使われる。

- ① 1人当たり生産高（加工高）・・・生産高（加工高）／人員
- ② 1H当たり生産高（加工高）・・・生産高（加工高）／作業時間
- ③ 1円当たり生産高（加工高）・・・生産高（加工高）／労務費

この3つの指標を高めるには、生産計画の達成を、より少ない人員で、より短い作業時間で、より安い労務費で実現することが求められる。

b. 労働生産性の向上

労働生産性を高めるには次に示すような方策が重点課題となり、これらの合理化要素を見込んで人員計画を確定させる。

(a) 省力化の推進

1人当たりの生産性を高めるには省力化投資が有効である。省力化基準を設け、その条件を満たすようであれば品質面、原価面、納期面から総合判断し、その是非を決める。

<省力化基準の例>

- 正社員の場合 1人5,000千円～9,000千円
- パートの場合 1人2,000千円～4,000千円

(b) 技能向上

図3-13は、一般にみられる習熟曲線のカーブであり標準能力に近づく過程は、習熟効果が著しい。このことは、未熟練者（勤続年数の浅い人、配置替えになった人など）の技能向上が労働生産性の向上に大いに貢献することを意味している。

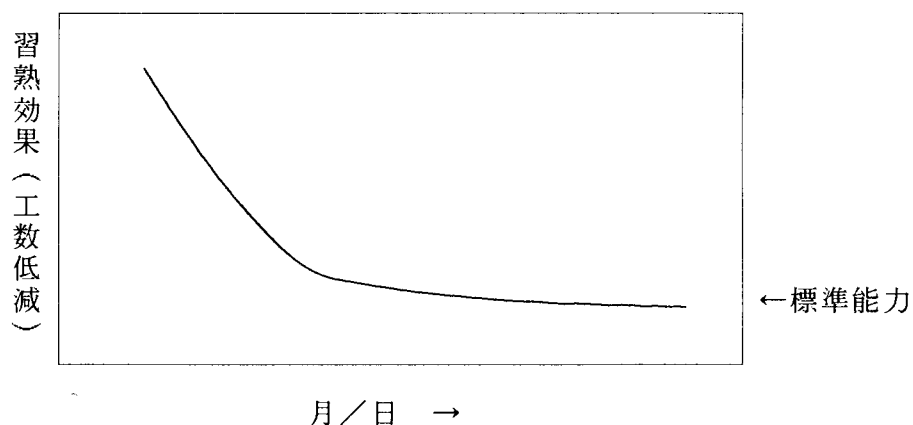


図3-13 習熟曲線

(c) 稼働率の向上

1 H当たりの生産高（加工高）を高めるには稼働率の向上が欠かせない。稼働率を上げるには、作業編成を効率的に行い干渉や手待、移動の発生を最小限に抑えることが重要である。

労働生産性を阻害する干渉や手待、移動の発生を少なくするには、作業者の持ち台数が適正化され（干渉の削減）、工程間の生産能力が平準化され（手待の削減）、作業者の配置およびマテハン手段が合理化（移動の削減）されていなければならない。

これら余裕（ロス）の発生状況は、表3-3に見る稼働分析で確認できる。また、図3-14は、作業者の作業状態を分析するのに用いられる作業者工程分析の例であり、作業者工程分析を行うことにより、作業者の手待、移動の状態が把握できる。手待、移動の状態が多発しているようならば、工程間の能力バランス、作業方法のあり方、配置などについて再検討していかなければならない。

(距離)	(時間)	(記号)	(工程名)
	5.0分	○	段取
3 m	0.1	⇨	移動
	1.0	□	検査
3 m	0.1	⇨	移動
	30.0	○	作業
3 m	0.1	⇨	移動
	1.0	□	検査
3 m	0.1	⇨	移動
	3.0	□	手待

図3-14 作業工程分析

(d) 賃率の効率化

労務費1円当たりの生産高（加工高）を高めるには、省力化および工数低減を進めるだけでなく賃率の効率化も検討しなければならない。賃率とは、単位時間当たりの労務費水準のことで、賃率を効率化するには、できるだけ賃率の低い人で担当できるようにしていくことが求められ、直間比率も適正化していかなければならない。

2.2 設備計画

生産計画を達成するための設備計画は、次に示すように3つの大きな目的をもっている。

- ① 生産計画を達成するために必要な設備の算定
- ② 生産計画を達成するために必要な設備の導入
- ③ 生産計画を達成するための必要な設備の保全

これら、3つの課題を解決するために設備計画が策定される。

(1) 設備の算定

人員計画と同様に、生産計画から負荷を明らかにし、一方で現有設備に基づいて

現有能力を算定し、負荷と現有能力を対比することによって余力工数（余力設備）を求める。マイナス余力となるときは、設備能力が不足することになり、逆に、プラス余力となるときは、設備能力が余剰となる。この両者が適合するよう余力調整を図っていかなければならない。

表3-11は、表3-10の人員計画に対応する設備計画の例で、マイナス300Hの余力に対し3台の設備増強を図ることを計画している。

第1工程は負荷に対しマイナス160Hの余力が発生しており、この対策は現有の機種1台を増設するよう余力調整が図られている。

第5、第6工程は、それぞれマイナス90H、マイナス95Hの余力が発生しており、各々、1台ずつ新型の機種を導入する計画となっている。

表3-11 設備計画（月平均）

工 程	品 種 群					負 荷	現 有 能 力	余 力 工 数	余 力 台 数	余 力 調 整
	A (個) 2,000	B (個) 5,000	C (個) 3,000	D (個) 1,000	E (個) 7,000					
1	100	200	140	60	280	H 780	4台 620H	H -160	台 -1.0	第1工程に1台増設 を行う。 第2、第3工程で応 援し、人員補充は行 わない。
2		80		30		H 110	1台 155H	H +45	台 +0.3	
3	20		30		55	H 105	1台 155H	H +50	台 +0.3	
4	90	170	110	50	250	H 670	4台 620H	H -50	台 -0.3	第5、第6工程に新 機種を各々、1台ず つ新設する。
5	95	185	115	65	250	H 710	4台 620H	H -90	台 -0.6	
6	70	140	100	50	200	H 560	3台 465H	H -95	台 -0.6	
計	375	775	495	255	1,035	H 2,935	19人 2,635	H -300	台 -1.9	

注1) 第1工程は、1人2台持ち、第5工程は、2人1台持ちである。

注2) 第1工程は、現有機種を1台追加、第5、第6工程は、新機種を各々、1台追加する。

(2) 設備導入の目的

余力調整の一環として導入される設備は、図3-15に見るように、生産能力増強か、生産技術力向上か、そして合理化推進のいずれかに結びつく目的を持っている。生産能力増強は量的充足であり、生産技術力向上は技術水準の引き上げであり、合理化推進は生産効率の向上を目指すものである。

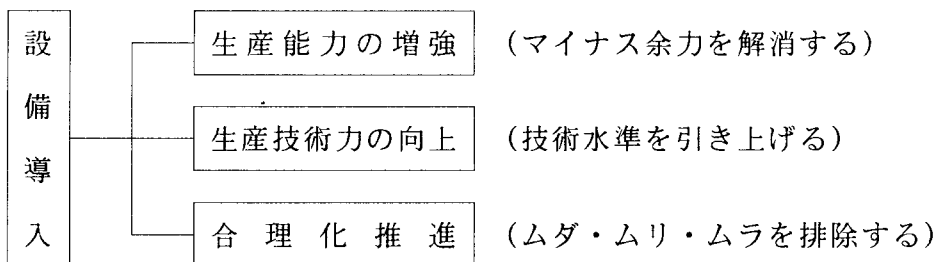


図3-15 設備導入の目的

a. 生産能力の増強

生産能力増強を目指す設備導入は、設備更新、設備増設、そして設備新設の3つのタイプに分けられる(図3-16)。

(a) 設備更新

設備の老朽化に伴い、生産能力の維持と品質維持のために設備を更新することをいう。

(b) 設備増強

現製品の生産予測に対し生産能力が不足する場合の設備増設をいう。

(c) 設備新設

新製品を生産するために新工場を建設したり、新ラインを設置したりするなどのケースをいう。

	製品	現製品		新製品
機種				
現機種	設備更新	設備増強	設備新設	
新機種	設備更新	設備増強		

図3-16 生産能力増強3つのタイプ

b. 生産技術力向上

製品の高精度化、短納期化に対応していくには生産技術力の向上が不可欠であり、ハイテク製品（ME製品、新素材製品など）を加工するのにメカトロニクス機器（NC、MC、ロボットなど）を設備計画するのは生産技術力向上を狙った代表的なケースといえる。

c. 合理化の推進

設備導入にあたっては、必ず合理化要素が盛り込まれるといっても過言ではない。多額の投資を伴うので当然の理である。合理化効果の中で最も多いのは自動化（省力化）であり、近年の設備導入の状況をもてもNC化、MC化、自動ライン化、自動組立機、自動検査機、自動倉庫など、いずれも自動化（省力化）を伴っている。

(3) 設備導入の評価

設備導入の評価は、経済面と技術面から検討する必要がある。経済面とは、設備の価格、経費の増加、利益の増加、投資回収期間などを問題とし、技術面とは、設備の性能、精度、寿命、操作性、保全性などを問題とすることをいう。設備導入を行うことにより品質、原価、納期などの面で技術革新が促進されるが、一方では、多額の資金を要することから、経営悪化の大きな要因ともなるので設備導入は重要な経営課題の一つになっている。

a. 経済的評価

代表的な経済計算の方法として、限界利益活用法、原価比較法、投資利益率法、資本回収期間法などが挙げられる。このうち、限界利益活用法と資本回収期間法についてみる（図3-17）。

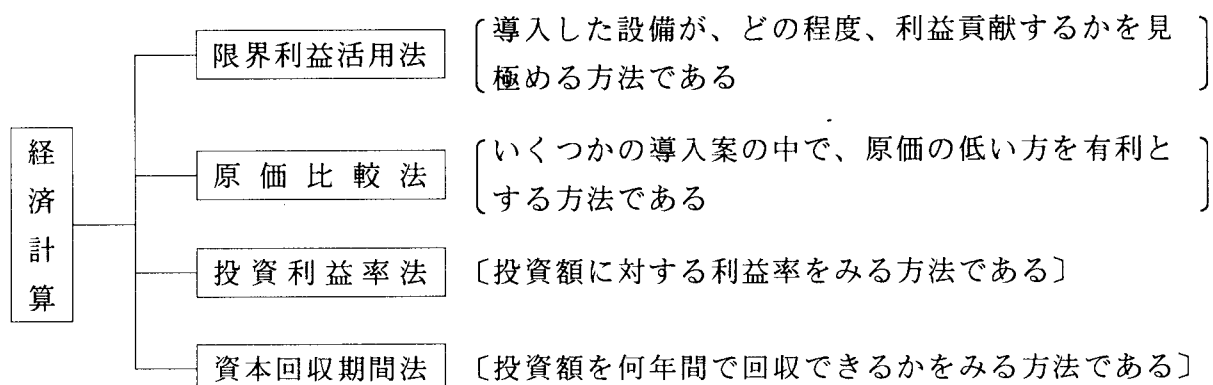


図3-17 経済計算の方法

(a) 限界利益活用法

限界利益活用法は、導入した設備が、どの程度、利益貢献するかを見極めるもので利益増加額の大きさを判断するやり方である。利益増加額は次のように計算される。

$$\begin{aligned} \text{利益増加額} &= \text{限界利益増加額} - \text{固定費増加額} \\ &= \text{売上増加額} \times \text{限界利益率} - \text{固定費増加額} \end{aligned}$$

【設例】

次の条件にしたがって利益増加額を算出してみる。

・設備金額	30,000千円／台
・売上高増加額	45,000千円／年
・限界利益率	40.0%
・減価償却費の増加	4,500千円／年
・設備維持費の増加	3,000千円／年
・金利の増加	1,050千円／年
・労務費の増加	4,000千円／年

$$\begin{aligned} \text{利益増加額} &= 45,000 \times 0.4 - (4,500 + 3,000 + 1,050 + 4,000) \\ &= 18,000 - 12,550 \\ &= 5,450 \text{ (千円／年)} \end{aligned}$$

(b) 資本回収期間法

資本回収期間法は、設備金額が何年間で回収できるかをみるもので回収期間が短ければ短いほど有利とする考え方である。回収期間は、設備金額をキャッシュ・フローで割って求める。キャッシュ・フローとは、利益に減価償却費を加えたものである。この資本回収期間法は、多くの企業で利用されており投資の安全性をみるのに適している（表3-12）。

$$\begin{aligned} \text{回収期間} &= \text{設備金額} / (\text{利益} + \text{減価償却費}) \\ &= \text{設備金額} / (\text{原価節約額} + \text{減価償却費}) \end{aligned}$$

表3-12 資本回収期間法

項 目	単 位	A 機 械	B 機 械
設 備 金 額	千円	10,000	30,000
利 益 (原価節約額)	千円/年	1,000	2,500
減 価 償 却 費	千円/年	1,500	4,500
資 本 回 収 期 間	年	4.0	4.3

b. 技術的評価

設備を導入するにあたって技術的評価を行うことを保全予防 (Maintenance Prevention) といっており、保全予防では図3-18に示すような点検項目で設備の技術的評価を行う。

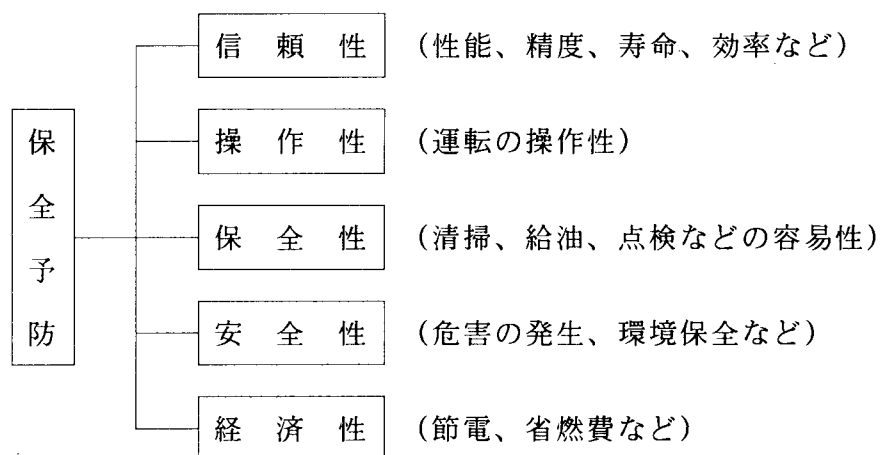


図3-18 保全予防

(4) 設備保全計画

設備導入計画が新規設備の計画であるのに対し、設備保全計画は、現有設備の保全計画である。この設備保全計画は、現有設備を円滑に稼働させていくために予防保全 (定期点検) を行ったり改良保全を行うための実行計画であり、次のような保全計画書が作成される。

- ① 年間保全計画
- ② 月間保全計画
- ③ 個別工事計画

a. 年間保全計画

年間保全計画は、1年間に行う設備の保全計画の概要を明らかにしたもので、表3-13に見るような様式で作成される。

表3-13 年間保全計画

設 備	保 全 内 容	M T B F	担 当 部 門	担 当 者	実 施 日	備 考

注) M T B F (Mean Time Between Failures) とは、平均故障間隔のことを意味する。

b. 月間保全計画

年間保全計画が月間保全計画に細分化されて保全業務が実施に移される。保全業務が円滑に進むよう保全用品（材料、部品、治工具など）の手配計画を立てておかなければならない。

c. 個別工事計画

個別工事計画は、改造、オーバーホールなど、設備の稼働を一定期間中止して行う工事の保全計画のことをいい、このような工事は、生産損失も大きくなるので個別に工事計画を具体化しておく必要がある。

2.3 外注計画

人員計画、設備計画が内作計画であるのに対し、外注計画は外作計画といえる。この3つの計画が総合されて負荷に対応する能力計画が出来上がる。

外注は、自社の製造工程を補完するもので購買（市販品の調達）とは同一視できない。外部からの調達という意味では両者は共通であるが、購買は商品そのものの調達であるのに対し、外注は工数（生産能力）の調達である。

(1) 外注の利用目的と利用形態

a. 外注の利用目的

外注を利用する目的は、図3-19に見るように4つに大別される。

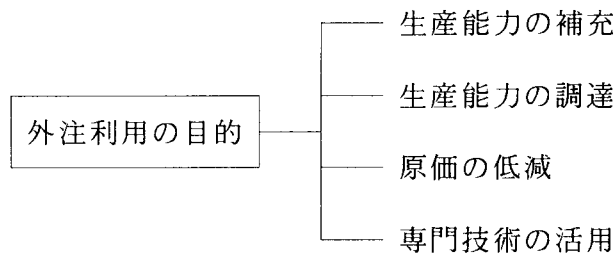


図3-19 外注利用の目的

(a) 生産能力の補充

自社の生産能力がマイナス余力となり、マイナス余力分を外注に依存するケースである。

(b) 生産能力の調達

需要に変動が大きいため、自社で十分な生産体制を構築できず、外注を活用することによって生産能力に弾力性をもたせるケースである。

(c) 原価の低減

企業規模が小規模になるほど、時間当たりレート（単価）は安くなる傾向を示すのが通例であり、品質不安がなければ外注に依存するケースである。

(d) 専門技術の活用

自社が保有しない技術を補うために外注を活用するケースである。

b. 外注の利用形態

自社の生産活動の負担を軽くし、総合的な生産性を高めるために外注利用が行われるが、その利用形態は次に見るように多岐にわたっている。

(a) 加工工程の外注利用

加工工程の外注利用をみると、次の4つのタイプに類別される(図3-20)。

- ① 前工程は外注、後工程は内作
- ② 前工程は内作 後工程は外注
- ③ 前工程と後工程は内作、中間工程は外注
- ④ 全工程外注

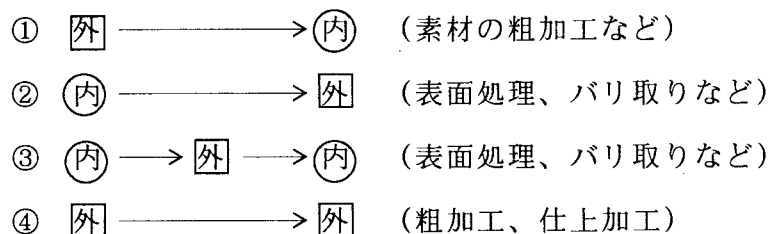


図3-20 加工工程の外注利用

(b) 加工、組立工程の外注利用

加工工程と組立工程について外注利用形態をみると、次の3つのタイプに類別される(図3-21)。

- ① 加工は外注、組立は内作
- ② 加工は内作、組立は外注
- ③ 加工から組立まで一貫外注

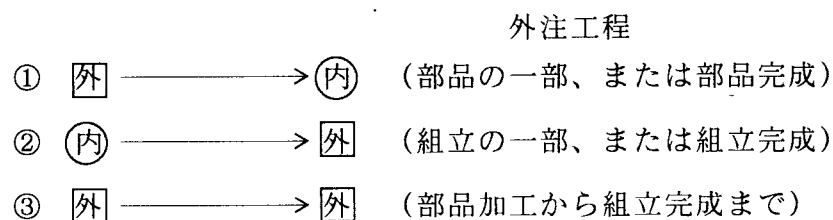


図3-21 加工、組立工程の外注利用

(c) 外注の利用範囲

外注の利用範囲は、加工、組立工程に加え、設計、資材調達、型や治工具の製作、検査など、広義の生産活動全般にわたっており、自社の生産効率を高めるために、どの範囲を外注依存するか、外注方針を設定しておかなければならない。

表3-14は、広義の生産活動について自社で行うか、外注で行うかの区分を示したものである。

表3-14 内外作の区分

	設 計	資 材 調 達	型、治工具製作	加 工、組 立	受 入 検 査
自 社	自 社 設 計	有 償 支 給	有 償 支 給	一 部 内 作	全 数 検 査
		無 償 支 給	無 償 支 給	全 部 内 作	抜 取 検 査
外 注	外 注 設 計	外 注 調 達	外 注 製 作	一 部 外 注 全 部 外 注	外 注 検 査

(2) 外注先の選定と発注計画

a. 外注先の選定

外注先を選定するには、Q・C・P・D（品質、原価、生産量、納期）が選定基準となり、「品質力はあるか」、「コスト力はあるか」、「生産力はあるか」、「納期力はあるか」といった評価を行って外注先を選定する。表3-15は、外注先を評価する格付け表の例である。

表3-15 外注先の格付け表

評価項目		ランク	A	B	C	D	総合
品質力	① 品質管理体制						
	② 品質保証体制						
	③ 技術水準						
コスト力	① 生産方式						
	② 原価低減活動						
	③ 原価管理						
生産力	① 生産能力						
	② 設備構成						
	③ 人員						
納期力	① 納期管理体制						
	② 親企業数						
	③ ライン編成						
総合評価							

注) Aランク：当社の要望に適合できる。

Bランク：若干の指導で適合できる。

Cランク：技術水準、管理水準の低い品物を発注する。

Dランク：取引できる水準にない。新規の取引を行わない。

b. 発注計画

外注先が選定され、取引開始となると発注計画が作成される。発注計画で明示しておくべき事項は、表3-16に示すとおりであり、これらの事項について外注先と取り決めを行っておく必要がある。

表3-16 発注計画の要素

No.	発注要素	内容
1	品質仕様	図面と仕様の明示
2	価格	単価と数量の決定
3	納期	納品の時期
4	支払条件	締切日と支払日および支払方法
5	資材調達	資材調達責任と支給方法
6	型、治工具調達	型、治工具の調達責任と支給方法
7	加工、組立	加工、組立の発注範囲
8	検査	検査責任と検査方法
9	受渡し場所	納品場所
10	運搬	運搬責任と運搬手段
11	値引、罰則など	トラブル発生時の対応策

(3) 外注計画の編成

内外作の方針が決まり外注に負荷される品種（品名）が確定すると外注計画を編成することができる。

表3-17は、外注先5企業について外注計画を編成した例で、この表を見ると“ア”の外注先と“エ”の外注先において不足工数が発生している。

“ア”の外注先においては、第1工程の能力不足で、この分は残業で対処するよう余力調整が行われている。

“エ”の外注先においては、第4、第5、第6と不足工数が発生しており、“エ”の外注先でライン増設を行うか、または新規の外注先を開拓するかで余力調整が行われている。

表3-18は、表3-17の外注計画を達成するために外注の質的充実を目指した外注先の指導育成計画書の概要である。

表3-17 外注計画（月平均）

外注先	工 程 系 列						負 荷	不 足 工 数	対 策
	1 (個) 5,000	2 (個) 2,000	3 (個) 3,500	4 (個) 5,000	5 (個) 5,000	6 (個) 5,000			
ア	100	40	20				H 160	第1工程 -20H	残業で対処する。
イ	80	30	15				H 125		
ウ				50			H 50		
エ				110	125	100	H 335	第4工程 -40H 第5工程 -55H 第6工程 -30H	1ライン増設するか、 新規の外注先を開拓する。
オ					50	40	H 90		
計	180	70	35	160	175	140	H 760		

注) 第2工程と第3工程は、負荷の数量が2,000個、3,500個と少ないのは、総ての品名が第2工程、第3工程を経由しないからである。

表3-18 外注先の指導育成

外注先	評 価 項 目					外注先の指導・育成
	品 質	原 価	量	納 期	総 合	
ア	B	B	A	B	B ⁺	発注量増加
イ	C	C	B	B	C ⁺	品質管理、原価管理指導
ウ	B	B	C	B	B ⁻	スポット活用
エ	B	B	A	B	B ⁺	発注量増加
オ	C	C	C	C	C	生産管理体制の指導

演習問題

問1 次の工数計画に関する記述において、①～④に適切な語句を下記の語群の中から
選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

工数計画の役割は、基準生産計画で定められた仕事量（負荷）を工数で把握し、生産
能力（人、機械設備）の工数と対比することによって負荷と生産能力の（ ① ）を
図ることである。

負荷が生産能力を上回ると（ ② ）が心配され、逆に生産能力が負荷を上回ると人
や機械設備の（ ③ ）が心配される。したがって、負荷と生産能力が（ ④ ）する
ことが望ましく、（ ④ ）することによって工数計画が確定する。

- （語群） イ. 適合 ロ. 遊休 ハ. 納期遅延
- ニ. 調整 ホ. 標準化 ヘ. 要素

ヘルプ 工程管理（I） 84頁を参照

解答欄

①	②	③	④

解答は 167頁

演習問題

問2 次の余力算出の計算方式において、①～④に適切な語句を下記の語群の中から選
び、その記号を解答欄に記入しなさい。

$$\text{余力} = \text{生産能力} - \text{負荷}$$

$$= \{ \text{実働時間} \times (\text{①}) \times (\text{②}) \times \text{人数} \} - \{ (\text{③}) \times \text{生産数量} \}$$

$$= \{ \text{実働時間} \times (\text{④}) \times \text{台数} \} - \{ (\text{③}) \times \text{生産数量} \}$$

- (語群) イ. 稼働率 ロ. 工数 ハ. 直接作業率
 ニ. 出勤率 ホ. 休止率 ヘ. 標準時間

ヘルプ 工程管理 (I) 98頁を参照

解答欄	①	②	③	④

解答は 167頁