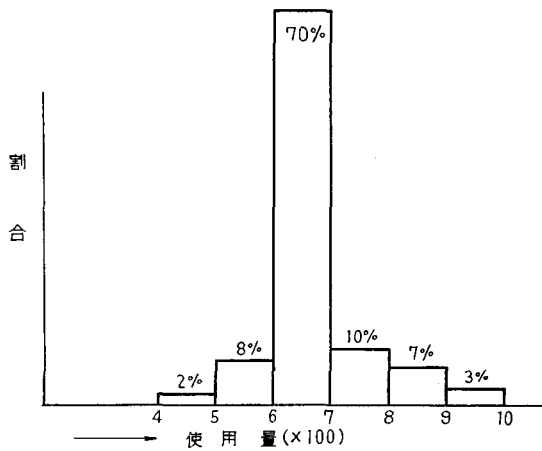
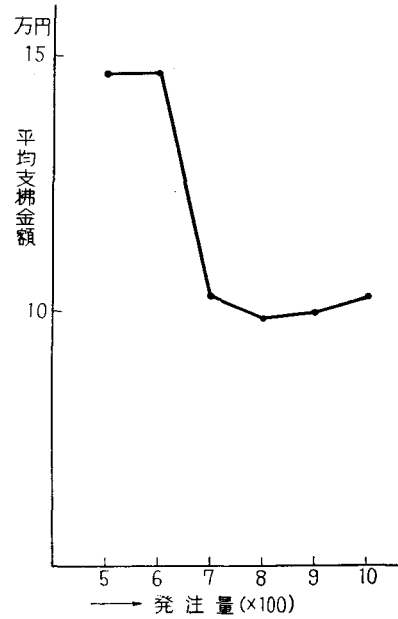


なお発注量 x を 5, 6, 7, 8, 9, 10 とした時の平均支払金額は第3図の如くなる。



第2図 使用量分布



第3図 平均支払金額

生産配分計画の一例

橋田 泰三*

要 旨

生産設備が十分にある場合には製品は一貫した製造工程に流すことによってその最大量が得られるが、実際には設備がそんなに十分にある場合は少く一つの機械設備で多品種の製品を生産しなければならない場合が多い。本論文では1台の機械をその部品の交換に依って多品種の生産に共用し得る様な設備系において与えられた生産量を合理的に配分する問題を取扱う。部品の交換に要する時間は製品1個の製造時間に比較して非常に大であるため、与えられた生産量に対してこの交換回数を最小にすることが有利な生産計画を立てるための最大条件である。またかゝる生産計画をできるだけ迅速に求められる様にするのと市場に応じて計画を変更する場合にもその変更をスムーズに受け入れられる様な弾力的な計画表を作ることが要求される。

研究の当初においては Linear Programming の利用を考慮したが、交換に要する時間損失がうまく表現できず、結局利用できる情報を十分に整理して簡単な組合せ方式と逐次修正の方法を用いて満足すべき結果が得られた。実際に試みた結果、従来の方法では数時間を要していたが、この方法に依り30分弱に短縮することができた。また特に実際問題として重要な計画変更のある場合

* 東洋ゴム工業(株)、技術研究所、8月11日原稿受理。

にも迅速に対応出来ることが明かにされた。

したがって本論文で取扱う主要な特質は次の如きものである。

- (1) 先ず生産予定数が与えられた時、各種の製品をどの機械で生産するかという配分の手続きと各機械に割り当てられた予定数を如何なる順序で作って行くかを定める手続きとを分離して考える。配分が定ればそれから生産日程表を求めるのは容易である。
- (2) 配分を定める場合、情報を出来る丈整理して容易に計画が立てられる様な表を作成する。
- (3) 配分を定める手続においては部品交換の回数を出来る丈少くする手続を考える。

1. 問題の説明

ゴム工業においては同形状の少しづつ寸法の異った製品が非常に多種生産される。従って一台の機械でその部品を交換することに依り、1～8種の異った製品が生産出来る様にされて居る。現存の製品は29種類ありこれを P_1, P_2, \dots, P_{29} で表わす。また此等の製品は15台の機械 M_1, M_2, \dots, M_{15} で製造され、 P_1, P_2, \dots, P_{29} に対応する機械部品を夫々 m_1, m_2, \dots, m_{29} で表わす。 P, M, m の可能な組合せは第1表の通りである。

第1表 P, M, m の可能な組合せ

製品 (P)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}
機械 (M)	M_1 M_{15}	M_2	M_1, M_2, M_3 M_4, M_5	M_3 M_{10}	M_5, M_6 M_7, M_8	M_6, M_7 M_8	M_6, M_7 M_8, M_9	M_3 M_{10}	M_5, M_6, M_7 M_9, M_9	M_3, M_8 M_8, M_{10}	M_3 M_{10}	M_9
部品 (m)	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7	m_8	m_9	m_{10}	m_{11}	m_{12}
部品数	1	1	4	1	3	1	3	2	1	1	1	1

製品 (P)	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}	P_{17}	P_{18}	P_{19}	P_{20}	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{25}	P_{26}	P_{27}	P_{28}	P_{29}
機械 (M)	M_6, M_7 M_9, M_{10}	M_{10}	M_{10}	M_{10} M_{11}	M_{11}	M_{11} M_{12}	M_{11} M_{12}	M_{12}	M_{12}	M_{11} M_{12}	M_{13}	M_{12} M_{13}	M_{14}	M_{15}	M_{15}	M_{15}	M_{15}
部品 (m)	m_{13}	m_{14}	m_{15}	m_{16}	m_{17}	m_{18}	m_{19}	m_{20}	m_{21}	m_{22}	m_{23}	m_{24}	m_{25}	m_{26}	m_{27}	m_{28}	m_{29}
部品数	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

例えば製品 P_5 は機械部品 m_5 を機械 M_5, M_6, M_7, M_8 のいずれかに取付ける事によって生産される。この場合 m_5 は3個あるので M_5, M_6, M_7, M_8 のいずれか3台に取付けることによって同時に P_5 を3個生産することも可能である。但し M_5 は表・1に示す如く P_5 の外に P_3, P_9 の生産にも使用される可能性があり、同様に M_6 は P_6, P_7, P_9, P_{13} ; M_7 は P_6, P_7, P_9, P_{13} ; M_8 は P_6, P_7, P_9, P_{10} の生産にも使用される可能性がある。逆に機械を主に考えれば例えば、 M_{15} は部品 $m_1, m_{26}, m_{27}, m_{28}, m_{29}$ のいずれか一つを取付けることによって $P_1, P_{26}, P_{27}, P_{28}, P_{29}$ のいずれか一つが生産される。

各製品の生産速度は第2表の通りである。但し生産速度は便宜上1シフト(8時間)当りに生産

第2表 生産速度

製品 (P)	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅
生産速度(個/シフト)	200	200	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

製品 (P)	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	P ₂₅	P ₂₆	P ₂₇	P ₂₈	P ₂₉
生産速度(個/シフト)	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	140	140	140	140

される個数で表わす。実際の生産時間は1日当り3シフト(24時間)である。

なお m の交換に要する時間はいずれも1シフトで製品1個に要する生産時間の140~300倍に相当する。この様な場合にこの交換回数を出来る丈少くした有利な生産計画を迅速に求めることが本問題の目的である。

2. 実例に依る一つの解法

ある月の生産予定数が第3表の通り与えられて居る場合、以上の条件下でどの様な配分で生産すれば最も合理的であるか検討しよう。

第3表 生産予定数

製品(P)	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀
生産予定数	5,000	11,000	48,500	7,700	10,000	11,500	26,000	10,000	14,500	5,000
所要シフト数	25	55	194	25 ² / ₃	33 ¹ / ₃	38 ¹ / ₃	86 ² / ₃	33 ¹ / ₃	48 ¹ / ₃	16 ² / ₃

製品(P)	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	P ₁₆	P ₁₇	P ₁₈	P ₁₉	P ₂₀
生産予定数	10,500	6,000	0	3,000	3,500	2,000	19,500	4,000	0	4,000
所要シフト数	35	20	0	10	11 ² / ₃	6 ² / ₃	65	13 ¹ / ₃	0	13 ¹ / ₃

製品(P)	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	P ₂₄	P ₂₅	P ₂₆	P ₂₇	P ₂₈	P ₂₉
生産予定数	2,000	0	3,000	10,000	14,000	4,500	1,200	1,400	2,000
所要シフト数	6 ² / ₃	0	10	33 ¹ / ₃	46 ² / ₃	32 ¹ / ₇	8 ⁴ / ₇	10	14 ² / ₇

P と m の対応は1対1で簡単であるが P または m と M との対応は第1表に示した如く可成り複雑であるから、これを見易い形に書き直す必要がある。われわれは先ず第4表の如く必要な組合せのみ取り出して不必要な部分は斜線に依って除外することとした。之を更に見易く組換えしたのが第5表である。

その月の労働日数を26日(78シフト)とし、前月末における M , m の組合せが第5表に示す通りであるとすれば各組合せで生産に使用されるべきシフト数 λ は次式を満足しなければならない。

第4表

	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁	M ₁₂	M ₁₃	M ₁₄	M ₁₅
m ₁															
m ₂															
m ₃															
m ₄															
m ₅															
m ₆															
m ₇															
m ₈															
m ₉															
m ₁₀															
m ₁₁															
m ₁₂															
m ₁₃															
m ₁₄															
m ₁₅															
m ₁₆															
m ₁₇															
m ₁₈															
m ₁₉															
m ₂₀															
m ₂₁															
m ₂₂															
m ₂₃															
m ₂₄															
m ₂₅															
m ₂₆															
m ₂₇															
m ₂₈															
m ₂₉															

第5表

	M ₁₅	M ₁	M ₂	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₃	M ₁₀	M ₁₁	M ₁₂	M ₁₃	M ₁₄
m ₂₆	λ ₁														
m ₂₇	λ ₂ *														
m ₂₈	λ ₃														
m ₂₉	λ ₄														
m ₁	λ ₅	λ ₆													
m ₂		λ ₇	λ ₉ *												
m ₃		λ ₈ *	λ ₁₀	λ ₁₁ *	λ ₁₂ *					λ ₃₆					
m ₅					λ ₁₃	λ ₁₅	λ ₂₀	λ ₂₅							
m ₉					λ ₁₄	λ ₁₆	λ ₂₁	λ ₂₆	λ ₃₁						
m ₆						λ ₁₇	λ ₂₂ *	λ ₂₇							
m ₇						λ ₁₈ *	λ ₂₃	λ ₂₈	λ ₃₂						
m ₁₃						λ ₁₉	λ ₂₄		λ ₃₃		λ ₄₁				
m ₁₂								λ ₂₉	λ ₃₄ *						
m ₁₀								λ ₃₀	λ ₃₅	λ ₃₇	λ ₄₂				
m ₄										λ ₃₈ *	λ ₄₃				
m ₈										λ ₃₉	λ ₄₄				
m ₁₁										λ ₄₀	λ ₄₅				
m ₁₄											λ ₄₆				
m ₁₅											λ ₄₇				
m ₁₆											λ ₄₈	λ ₄₉			
m ₁₇												λ ₅₀			
m ₁₈												λ ₅₁	λ ₅₄		
m ₁₉												λ ₅₂	λ ₅₅		
m ₂₂												λ ₅₃	λ ₅₆		
m ₂₀												λ ₅₇ *			
m ₂₁												λ ₅₈			
m ₂₄												λ ₅₉	λ ₆₀ *		
m ₂₃													λ ₆₁ *		
m ₂₅															λ ₆₂ *

$$\lambda_1 + \lambda_2^* + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 \leq 78 - \Delta_{15}$$

$$\lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8^* \leq 78 - \Delta_1$$

$$\lambda_9^* + \lambda_{10} \leq 78 - \Delta_4$$

$$\lambda_{11}^* \leq 78 - \Delta_4$$

$$\lambda_{12}^* + \lambda_{13} + \lambda_{14} \leq 78 - \Delta_5$$

.....

$$\lambda_{62}^* \leq 78 - \Delta_{14}$$

おびよ

$$\lambda_1 = 32^1/7$$

$$\lambda_2^* = 8^4/7$$

$$\lambda_3 = 10$$

$$\lambda_4 = 14^2/7$$

$$\lambda_5 + \lambda_6 = 25$$

$$\lambda_7 + \lambda_9^* = 55$$

$$\lambda_9^* + \lambda_{10} + \lambda_{11}^* + \lambda_{12}^* + \lambda_{36} = 194$$

.....

$$\lambda_{62}^* = 46^2/3$$

ここで Δ は m の交換による損失シフト数を表わすもので Δ を含む各式の左辺の λ の nonzero な解の数から 1 を引いた値である。なおこの条件の外に部品数の制限も考慮しなければならない。かゝる場合に $\sum_{i=1}^{15} \Delta_i$ を最小ならしめる様に $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{62}$ を求めればよい。

上の式は一意的には決定されないが、 λ_i の中一意的に決定されるものが可成りあり、且つ λ_1^* が 15 あるので第 5 表を見乍ら考えればその解は非常に容易に求められる。その計算手続の概要はつぎの通りである。

(1) $\lambda_1, \lambda_2^*, \lambda_3, \dots, \lambda_{62}^*$ の如く各行に 1 つしか欄の空いてない処はその生産予定数から一意的に決定される。

(2) 残った欄で λ^* の値を出来る丈大にする。すなわちその生産予定に必要とされるシフト数またはその機械の可動シフト数の何れか小なる方を書き入れる。

(3) 残った欄を各行について上から順次考え残って居る可動シフト数の大なる処から順次埋めて行く。若しこの場合ある行について残って居る機械の可動シフト数より生産予定シフト数の方が大となれば可動シフト数を超過させて生産予定シフト数に合せる様にする。

(4) 最後に Linear Programming の輸送計画の問題と全く同様にして超過されたシフト数を他の機械に移し実行可能な解を求める。

(5) 日程表を作る場合翌月の生産についての情報があればその月の最終の $M \sim m$ の組合せを翌月のそれに合せる様にする。

この様にして求めた解の 1 つは次の通りである。

$$\begin{array}{lllll} \lambda_1^{**} = 32^1/7, & \lambda_2 = 8^4/7, & \lambda_3 = 10, & \lambda_4 = 14^2/7, & \lambda_5 = 0, \\ \lambda_6^{**} = 25, & \lambda_7 = 0, & \lambda_8 = 52, & \lambda_9^{**} = 55, & \lambda_{10} = 0, \end{array}$$

$$\begin{array}{lllll}
\lambda_{11}^{**}=78, & \lambda_{12}^{**}=64, & \lambda_{13}=0, & \lambda_{14}=0, & \lambda_{15}=0, \\
\lambda_{16}=0 & \lambda_{17}=0, & \lambda_{18}^{**}=78, & \lambda_{19}=0, & \lambda_{20}^{**}=33\frac{1}{3}, \\
\lambda_{21}=0, & \lambda_{22}=38\frac{1}{3}, & \lambda_{23}=0, & \lambda_{24}=0, & \lambda_{25}=0, \\
\lambda_{26}=48\frac{1}{3}, & \lambda_{27}=0, & \lambda_{28}^{**}=8\frac{2}{3}, & \lambda_{29}=0, & \lambda_{30}=0, \\
\lambda_{31}=0, & \lambda_{32}=0, & \lambda_{33}=0, & \lambda_{34}=20, & \lambda_{35}^{**}=16\frac{2}{3}, \\
\lambda_{36}=0, & \lambda_{37}=0, & \lambda_{38}=25\frac{2}{3}, & \lambda_{39}=0, & \lambda_{40}^{**}=35, \\
\lambda_{41}=0, & \lambda_{42}=0, & \lambda_{43}=0, & \lambda_{44}^{**}=33\frac{1}{3}, & \lambda_{45}=0, \\
\lambda_{46}=10, & \lambda_{47}=11\frac{2}{3}, & \lambda_{48}=6\frac{2}{3}, & \lambda_{49}=0, & \lambda_{50}^{**}=65, \\
\lambda_{51}=0, & \lambda_{52}=0, & \lambda_{53}=0, & \lambda_{54}^{**}=13\frac{1}{3}, & \lambda_{55}=0, \\
\lambda_{56}=0, & \lambda_{57}=13\frac{1}{3}, & \lambda_{58}=6\frac{2}{3}, & \lambda_{59}=0, & \lambda_{60}=33\frac{1}{3}, \\
\lambda_{61}^{**}=10, & \lambda_{62}^{**}=46\frac{2}{3}, & & &
\end{array}$$

および

$$\Delta_2 = \Delta_4 = \Delta_5 = \Delta_6 = \Delta_{11} = \Delta_{14} = 0$$

$$\Delta_1 = \Delta_3 = \Delta_7 = \Delta_8 = \Delta_9 = \Delta_{13} = 1$$

$$\Delta_{12} = 2$$

$$\Delta_{10} = \Delta_{15} = 3$$

$$\sum_{i=1}^{15} \Delta_i = 14$$

** は次月度に繰越されるの組合せを示す。

3. 語 結

以上の様にして機械、部品の組合せを考慮した合理的な生産配分計画が求められる。実際に行ふためには第5表を印刷しておけば非常に便利であろう。われわれのこの改良により従来可成りの経験者が数時間要して居た仕事を30分弱に短縮することが出来た。

我々の取扱った実際問題は非常に簡単であったが、もっと複雑になった場合でもこの考察方法が問題の解決を容易にするのに役立つことは明らかである。最後にこの研究に当り種々御教示を賜った大阪大学経済学部横山助教授に篤く感謝の意を表します。