

かんばん方式とその立地的考察

百 合 本 茂

I はじめに

かんばん方式¹⁾が注目を集めだしてから10余年になる。この生産形態をとり入れて一層の成長をみている企業もあれば、導入に失敗している企業も少なくない。しかし、全体からみれば、多少は形を変えているにせよ、かんばん方式を採用している企業が増えていることは間違いない。しかもそれは自動車業界以外にも及んでいし、アメリカやヨーロッパの企業でもジャストインタイム (Just In Time : JIT) 生産という名称で導入が進められている²⁾。

1977年、かんばん方式が国会で取り上げられ、公正取引委員会でも問題にされたことがある。それは特に、下請企業との関係についてであった。自動車のような組立型の産業では下請、外注比率が高く、日本では、特にそれが顕著である。親工場と外注工場は、かんばんによって結ばれている。このかんばんの使い方いかんによっては、下請への圧迫になることも十分考えられる。

かんばん方式が取引企業との密接な関係の上に成り立っていることはいうまでもないが、トヨタの場合、親工場と外注工場が特定地域に立地的に近接、集中していることが特徴的である。この点は、かんばん方式の運用上、大きな役割を果たしているものと考えられる。

本稿では、かんばんが持っている機能について考察し、かんばん方式と立地の関係を明らかにする。

そのためにまず、IIで、かんばん方式の概要とかんばんの機能を述べる。IIIでは、かんばんの在庫管理機能を取りあげ、在庫管理方式におけるその位置づけを行い、いくつかのモデルを用いて理論的に考察する。IVでは、立地的にみた自動車工業の生産体系を明らかにし、外注かんばんによる多回納入と立地との関係について論述する。Vでは、まとめといくつかの問題点を述べる。

II かんばん方式とかんばんの機能

1 かんばん方式の概要

かんばん方式は、旧トヨタ自工の元社長豊田喜一郎氏の考えをうけついで同社元副社長大野耐一氏が、戦後、開発・完成させたものといわれている³⁾。第一次オイルショックを契機に注目を浴び、自動車業界など組立系の産業を中心に急速に広まった。

まず、かんばん方式の考え方を述べておく。図1にその体系を示す⁴⁾。

トヨタでは、製品価格を原価プラス利益という形で決めることなく、市場動向、消費者の立場から適正な価格をはじめに決め、したがって、利益を上げるには原価を下げるのが絶対条件であるとする⁵⁾。そのためには、あらゆるムダ、

1) かんばん方式を狭義にとらえると、かんばんを利用して生産や運搬の指示を行う方式といふことができ、トヨタ生産方式の一部分をなすと考えられるが、ここではトヨタ生産方式あるいはトヨタシステムそのものを指すことにする。

2) 文献〔1〕p.52.

3) 1962年、トヨタの全工場に導入された(文献〔2〕p.66)。1982年には、トヨタへの納入工場の98%までに外注かんばんが適用されている(文献〔3〕p.107)。

4) 図1および本節の前半部の記述は、文献〔4〕pp.6-9を参考にした。

5) 文献〔2〕p.18.

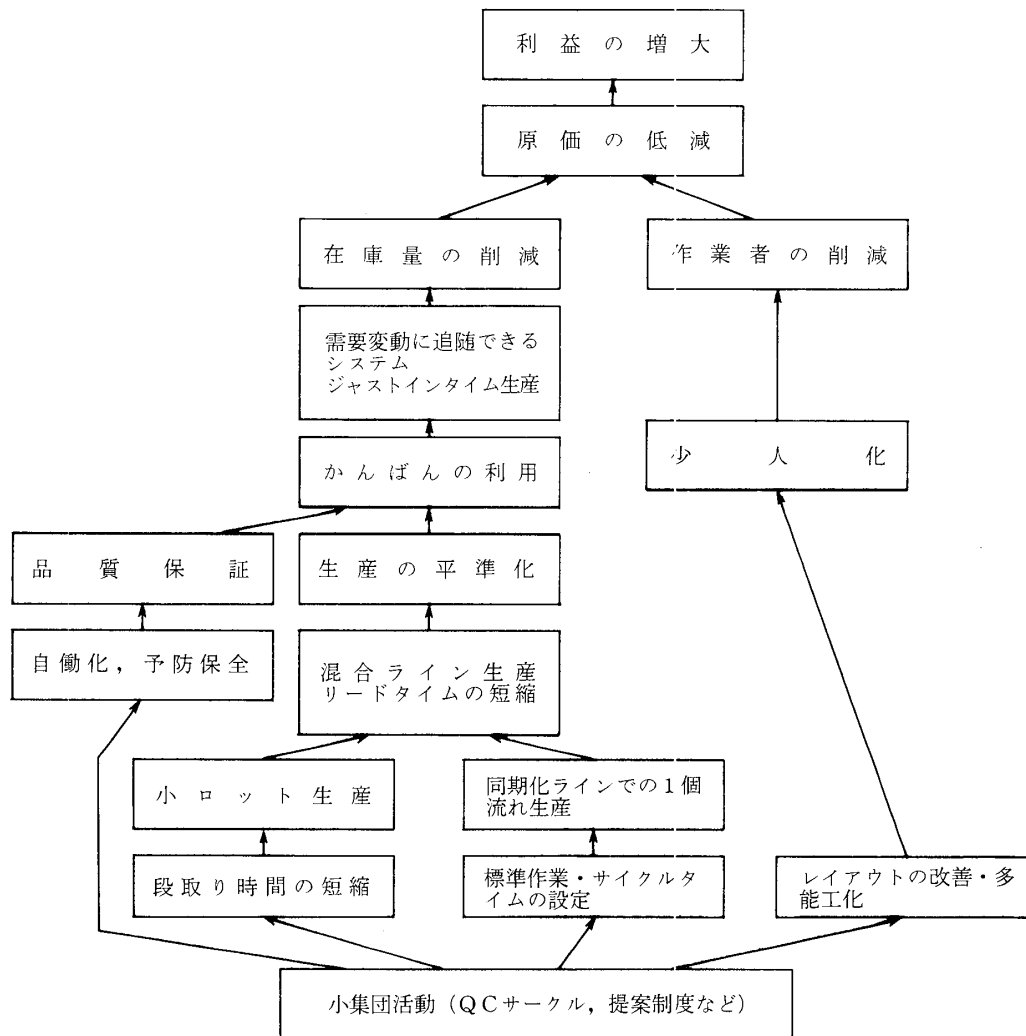


図 1 かんばん方式の概要

(注) 文献〔4〕pp.6-9を参考にした

特に在庫と作業者の削減を行う必要がある。なかでも在庫をすべてのムダの集約、具現化したものと考え、この削減を最大の目標とし、在庫ゼロの思想を徹底させた。

さて、在庫を削減させるには、部品、製品を通じて需要の変動に完全に追従できるシステムをつくれればよいことになる。これがジャストインタイム生産である。すなわち、必要なものを、必要なときに、必要なだけつくるシステムである。生産指示が最終組立工程にだされると、その生産を行うために前工程から必要部品を引き取る。前工程では引き取られた分だけ生産する。これを原料、資材に至るまで遡って行えば、余

分な部品や製品をつくることなく、ムダが生じない。この方式を円滑に運用する手段としてかんばんが用いられる。かんばんというのはプラスチックシートに入れられたカードのことで、そこには、工程名、品番、品名、数量、使用車種、置場・棚番号、納入先、納入時間、バーコードなどが記されている（かんばんの種類により異なる）。

かんばんには、後工程の引き取り用のかんばん（運搬かんばん）、前工程での生産指示に使われる工程内かんばん（生産かんばん、あるいは仕掛りかんばん）の2種類がある。このかんばんが、常に、物と一緒に移動することになる。

すなわち、かんばんは、従来の生産統制において利用されていた移動票、現品票、生産指示票の役割を合わせ持つ。

かんばんによりジャストインタイム生産を行うには、引き取り量にバラツキがあると前工程の対応ができなくなるので、生産量の平準化がなされていなければならない。これがうまくいかない、かんばんは前工程（外注工場も含む）を圧迫する武器にもなりかねない。

生産量の平準化は、複数の車種を1つのラインに流す混合ライン生産形態をとり、リードタイムを短縮することにより可能になる。そのためには、ラインの同期化生産の究極の姿である1個流れ生産、あるいは段取り時間の短縮による小ロット生産を行う必要がある。

同期化ラインは、標準作業やサイクルタイムの設定などによってなしとげられる。

一方、作業者の削減は、機械レイアウトの改善や作業者の多能工化などによる少人化という形で実現されている。これらの現場改善の多くを自主的に推進するのが、QCサークル、提案制度などの小集団活動である。

また、かんばん方式では在庫が最小限に抑えられているので、使用部品や製品の品質が保証されていなければならない。不良品がラインに入りこめば、ラインが止まってしまう。そのため、不良品をつくらず、機械が常に正常に動くよう予防保全（PM：Preventive Maintenance）が徹底している。また、機械に不良品を感知できる機能を付加し（これを自動化と呼んでいる）、万一、不良品がラインに入った場合や、作業ミスなどでラインを止める必要があるときには、それを知らせるアンドンという電光式の表示盤を採用し、対処している。

以上がかんばん方式の概要であるが、従来の生産方式と比較しての特筆すべき点をまとめると、次のようになる。

• 後工程による引き取り方式

従来のフォードシステムに代表される流れ作業方式や、最近、かんばん方式とともに脚光を浴びているMRP（Material Re-

quirements Planning）などは、中央制御機能をもつ管理部門が、需要予測に基づく生産計画量を、リードタイムや在庫量を考慮しながら各工程に指示する押し出し方式であるのに対し、かんばん方式では、最終工程にのみ生産指示をだし、遡って生産が行われる引き取り方式。

• 柔軟性のある生産システム

加工時間や段取り時間の短縮、作業者の多能工化など、現場の創意工夫や改善活動による必ずしも機械に頼ることのないflexibleな生産システム。それにより、需要の多様化や変動に 대응することが可能になる。これは、コンピュータや自動機械をフルに利用したFA（Factory Automation）とは異なった意味でのFMS（Flexible Manufacturing System）といえる。また、既存の経済的ロットサイズ概念にとらわれない等、システムを固定したものとは考えず、在庫ゼロに向かって常に改善意識を内に含んだシステムである。

• 経営家族主義的な生産組織

これは必ずしもトヨタに限ったことではなく、日本的経営の1つの特徴にもなっているが、かんばん方式を進めていくには、作業者の経営参加意識に支えられた小集団活動、あるいは、作業者の同質性、協調性を満足する職場環境が必要不可欠である。1つの職場はいうに及ばず、親工場、外注工場すべてが一体となり、いわば運命共同体的なシステムをつくりあげている。海外でかんばん方式を導入しようとするとき、この点は問題となろう⁶⁾。

2 かんばんの機能

上述したように、かんばんそのものは、ジャストインタイム生産を運用する手段にすぎないが、生産システムの管理という観点からみると、

6) 海外におけるかんばん方式あるいは日本の自動車産業の生産方式に関する研究も進んでおり、たとえば、文献〔1〕、〔5〕などが参考となる。

以下のような様々な機能が見いだせる。

(1) 在庫管理機能

自動車の生産に用いられる部品は、そのとらえ方により2万点とも3万点ともいわれている。生産ラインが部品ラインも含めた形で完全に同期化され、1個流れ生産がなしとげられれば、工程間在庫は原理的には必要とせず、在庫ゼロが達成できる。しかし、この理想システムを現実ですべて達成することは不可能であるので、プレスその他多くのラインではロット生産が行われている。そこで混合生産や段取り時間の短縮により、ロットサイズを小さくして、在庫を抑えることになる。外注工場からの納入も多回混載納入方式をとり小ロット化をおし進めている。

部品は小さなコンテナなどに入れられ、コンテナ1個にかんばん1枚がつけられている。かんばんが物と一緒に移動するが、部品の使用によりそれがコンテナからはずされたとき、その分だけ生産する。したがって、かんばんの総枚数が最大在庫量に対応する。

各工程におけるかんばん枚数は、通常、毎月1回現場の職長により決定される。それゆえ、在庫量がいかに少なくすむかは、いわばその工程の改善の程度を表すことになり、職長の管理能力の問われるところとなる。

かんばんの機能と在庫管理方式の関係については、Ⅲでさらに考察される。

(2) 生産の微調整機能

需要の変動などによる生産計画の変更は、かんばんの引き取り回数を変えることにより、容易に行える。すなわち、かんばんはある範囲内での生産の微調整を自動的に行う手段として用いられる。これができるのは、柔軟性のある現場管理の可能な生産システムが前提にあるからである。

(3) 生産統制機能

コンテナからはずされたかんばんは、そのまま生産指示票(引き取りかんばんの場合は、運搬指示票)となる。この差し立て機能の他、かんばんが物と一緒に移動することから、現品・

現物管理が容易に行える。このことは逆に、かんばんがないときには生産(または運搬)しないということであり、つくり過ぎ、運び過ぎが防止できる。

(4) 情報管理機能

最終工程を除いて、生産や運搬の指示はかんばんによって行われる。すなわち、かんばんが情報媒体となって各工程間を有機的に連結する役割を果たしている。これは、極めて簡便な手段による情報の伝達および管理機能といえる。

Ⅲ かんばんと在庫モデル

生産工程において、かんばんは図2のように動く⁷⁾。図からもわかるように、かんばん方式では在庫ゼロを目標としつつも、本来的には工程間に在庫を持つ方式であることがわかる。あらかじめ工程間に在庫点を設け、その在庫点に保有できる在庫量をかんばん枚数という形で決めておく。これを、リードタイムや段取り時間の短縮でいかに少なくするかが問題となる。

在庫管理における伝統的な方式には、代表的なものとして、発注点方式と定期発注方式がある。かんばん方式でも、かんばんがある量(枚数)だけたまったら引き取る(発注に相当する)、あるいは、一定時間ごとに引き取るというように、定量あるいは定期的に、生産あるいは運搬指示がだされる。後工程が引き取ると前工程ではその分だけつくるという原則からみると、かんばんによる引き取りは定量的な引き取りといえるのであるが⁸⁾、外注工場からの引き取りのようにそれが現実的に不可能な運搬かんばんは定期的に引き取られる。したがって、通常、生産かんばんは定量引き取り、運搬かんばんは定期引き取りで動かされることが多い。

以下に、2種類のかんばん(外注かんばんを工場内の運搬かんばんと区別すれば3種類)について、在庫管理の観点から考察してみよう。

7) 原図は文献〔6〕による。図2では、よりわかりやすいようにかんばんの動きの説明を加えている。

8) 2ピンシステムの一つとも考えることができる。

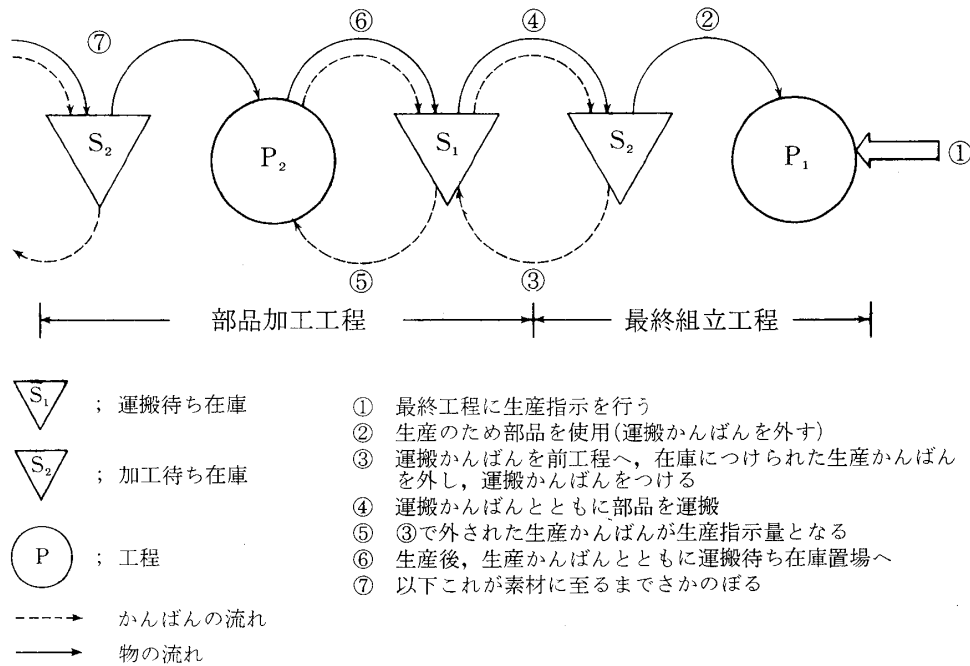


図 2 かんばんの流れ

1 生産かんばん

前工程における生産指示かんばんは、その置かれている状況から区別すると、

- ① 仕掛り待ちのもの（後工程の使用によりすでにはずされているもの、すなわち、かんばん受け取りポスト、生産指示かんばんポスト⁹⁾に入れられているもの)
- ② 仕掛り中の物と一緒に移動中のもの（生産工程内で製造中のもの)
- ③ 前工程での完成品在庫につけられているもの

に分けられる。これらの合計が前工程での生産かんばんの総枚数になる。したがって、かんばんの総枚数は、上の①、②、③にそれぞれ対応して考えれば、次のようになることがわかる。

$$Y = D \cdot (T_q + T_p + T_s) / a \quad (1)$$

Y : かんばん総枚数

D : 日次需要量

T_q : かんばん待ち時間

T_p : 生産リードタイム (加工時間)

T_s : 安全余裕時間

a : コンテナ容量

なお、かんばん待ち時間とは、上で述べた①に相当する仕掛り待ち時間のこと、また、安全余裕時間とは、前工程での完成品在庫の保有時間に相当するもので、リードタイムを短縮し、工程間の流れが円滑化すればするほど小さくできる。

工程間の距離が短く、かつ、小ロット生産が可能な場合にはかんばんがはずされるごとに、かんばん1枚分のロットを製造することになり、仕掛り待ちのかんばんは存在しない。その場合、この工程でのかんばん総枚数は1枚でよく、最大在庫量は発注点（生産開始を指示する時点での在庫量を意味する）と一致する。ここで、かんばんがつけられたコンテナの収容数が1になれば、1個流れ生産となり工程間はベルトコンベアなどで結合でき、かんばんは必要なくなる。

一方、鑄造工程やプレス工程のように、段取り時間がかかり、工程間の距離も大きい場合に

9) 図2の説明部分の③で外された生産かんばんは、まず、かんばん受け取りポストに入れられ、一定量たった時点で生産指示かんばんポストへ運ばれる。

は、在庫に発注点（生産開始指示時点）を表す信号かんばん（三角かんばんともいう）をつけておき、在庫が信号かんばんの位置まで減少した時点で、一定のロットサイズ分の生産が行われることになる。信号かんばんは、誰の目からも見やすいかたちでつけられており、従来、発注点方式において行われているような在庫量の継続的な調査の必要はない。

発注点（信号かんばんの位置）は、前工程での生産リードタイム中における払い出し量をまかなえばよいので、次のように決められる。

$$K = D \cdot (T_p + T_s) / a \quad (2)$$

K：発注点

この式は従来の発注点方式の発注点の決め方と基本的に同じといえる。

かんばんポスト¹⁰⁾に保持しうるかんばんの最大枚数は、かんばんの総枚数からこの発注点に相当する枚数を減ずることにより求められる。すなわち、

$$\begin{aligned} Z &= Y - K \\ &= D \cdot T_q / a \end{aligned} \quad (3)$$

Z：かんばんポストに保持しうる最大枚数

である。何らかの理由でかんばんポストにZ以上の枚数がたまると、後工程の引き取りに支障をきたす可能性がでてくる。

また、発注量（生産指示量、生産ロットサイズ）は、信号かんばんにその大きさが記されているが、かんばん方式では、伝統的な方式における意味での経済的ロットサイズ概念は存在しない（伝統的方式では、生産ロットサイズを決める場合、保管費用と段取り費用の合計を最小化するロットサイズを考える）。段取り時間の短縮、段取り費用の低減により、それを表す費用曲線が左側にシフトするように、常に、小ロット化がはかられる。ロットサイズを求める前提条件が不変ということはなく、システムは常に、変革していると考えるのである。したがって、その時点での可能な段取り時間からおの

ずと1日に可能な段取り回数が決まり、その時点での適正なロットサイズが決まる。

今、ある工程での1日当り生産能力を P_c 、1日当り生産計画量（日次需要量）を D とすると、かんばん方式における生産ロットサイズは、次のように表されよう。

$P_c > D$ を仮定すると、この差にサイクルタイム C_t を乗じたものが1日の段取り時間として使用できることになるので、1日の段取り回数は、

$$H = (P_c - D) \cdot C_t / T_d \quad (4)$$

H：1日当り段取り回数

T_d ：1回の段取り時間

となる。ロットサイズ Q は、

$$Q = D / H \quad (5)$$

により求められる。

したがって、1回の段取り時間 T_d を小さくして段取り回数 H を増やすことにより、小ロット化が図られることになる。

このロットサイズ Q は、(1)式との関係でみると、

$$Q = D \cdot (T_q + T_p) \quad (6)$$

となるので、(1)式は次のようにも表すことができる。

$$Y = (Q + D \cdot T_s) / a \quad (7)$$

なお、信号かんばんを使用する場合には、それ1枚のみを生産指示かんばんとして用いる方法と、コンテナごとに生産かんばんを付け、信号かんばんと共用する方法の2通りがある。生産能力が大きく、リードタイムが短くできる工程では、コンテナごとにかんばんを付ける必要もないので、前者の方法をとることが多い。

2 運搬かんばん

運搬かんばんは、後工程が前工程から部品を引き取る際に用いられるものである。外注工場に対する外注かんばんも運搬かんばんであるが、それについては次節で述べる。

工場内での引き取りに使用される運搬かんばんは、後工程で必要とする部品を各工程をまわって一定量ずつ引き取る「水すまし」方式の

10) かんばん受け取りポストと生産指示かんばんポスト。

ように定量で引き取られることもあるが、かんばんを運ぶときの便宜上、定期的な引き取りが行われることが多い。

さて、後工程の運搬かんばん（外注かんばんも含む）は、前節と同様にその置かれている状況から区別すると、

- ① かんばんの回収サイクル中にはずされたもの（引き取りかんばんポスト¹¹⁾に入れているもの）
- ② 後工程で使用前の在庫につけられているもの
- ③ 前工程に保有されているもの（発注残に相当する）

に分けられる。

したがって、発注量はかんばんの回収サイクル中（かんばんサイクルという）にはずされたかんばん枚数分と等しくなる。発注量はこの枚数を数えるだけでよいから、定期発注方式で行われているような、需要予測に基づく発注量の計算の必要はない。

従来の定期発注方式では、発注量は次のように決められる。

$$\text{発注量} = (\text{リードタイム} + \text{発注サイクル}) \text{中の需要推定量} - \text{発注残} - \text{在庫量} + \text{安全余裕} \quad (8)$$

運搬かんばんによる引き取りも基本的には定期発注方式であるところから、(8)式に対応して上の①、②、③を考えれば、かんばんの総枚数は、発注量、在庫量、発注残の合計、すなわち、前工程での生産リードタイムとかんばんサイクル中の需要推定量に安全余裕分を加えたものに等しくなる。すなわち、

$$Y = D \cdot (T_c + T_p + T_s) / a \quad (9)$$

T_c : かんばんサイクル時間

T_p : 生産リードタイム

T_s : 安全余裕時間

である。

かんばんの総枚数は、通常、1ヵ月間に変更しないので、たとえば、日次需要量が増加する

11) 図2の説明部分の②で外されたかんばんは、とりあえず引き取りかんばんポストに入れられる。

と ($D \rightarrow$ 大)、かんばんの回転率をあげてかんばんサイクルを小さくするか ($T_c \rightarrow$ 小)、リードタイムを短縮させる ($T_p \rightarrow$ 小) ことにより対応することになる。いずれにしても、多能工化や配置換え、残業体制など柔軟な工程能力がないと対応できない。

3 外注かんばん

外注かんばんは運搬かんばんの種類であり、基本的には同じように考えられる。もし、親工場が外注工場から発注点方式のような形で引き取ると、各下請に対する発注時点がそれぞれ異なってしまう、輸送費用の面でムダが多い。また、下請工場側では、生産指示を受ける時点が不定期になり対応がとれないなど問題があるので、定期的な引き取りにならざるをえない。そこで、定期的に各下請をまわって引き取りが行われる。これが、巡回混載方式である。実際には、引き取るというより、各外注工場が交代で親工場に部品を運び込む。そして、この輸送費用も請負単価に含まれ、下請が負担している。

なお、車のシートやトランスミッションなどのように部品のサイズが大きく、その種類も多い場合には、外注かんばんによらず、自動車の最終組立ラインへの投入順序が記載された順序計画表（ユニットオーダーテーブル）が指示され、それに従って納入が行われる¹²⁾。

さて、外注かんばんの総枚数は、運搬かんばんのそれ ((9)式) と同じように表されるが、外注工場と親工場との距離を考えると、工場内の運搬かんばんのように頻りに引き取りが行われることはない。かんばんサイクルは、部品の種類や外注工場の立地によっても異なるが、親工場との輸送時間が1日以内の場合¹³⁾、

$$T_c = 1 / N \quad (10)$$

N : 1日当り輸送回数

となる。また、外注工場の生産リードタイムは

12) コンピュータを利用した納入指示が行われている。VAN (Value Added Network) の発達などにより、より即時的な指示ができるようになる。

13) 輸送時間が一日以上かかることはほとんどない。

次のようになる。

$$\begin{aligned} T_p &= T_c \cdot M \\ &= M/N \end{aligned} \quad (11)$$

M：輸送間隔

ここで、輸送間隔とは、かんばんが運ばれてから、そのかんばんに指示された量が完成してから、そのかんばんとともに引き取られるのは、何回目のかんばん輸送のときかを示す。

したがって、かんばんの総枚数は、(9)式に(10)、(11)式を代入して次のように表せる。

$$Y = \frac{D}{a} \cdot \left(\left(\frac{1+M}{N} \right) + T_s \right) \quad (12)$$

外注かんばんには、1日当りの輸送回数、輸送間隔が記されており、外注工場はそれに従って納入しなければならない。

かんばんの枚数は、親工場によって決められ、あらかじめ、1ヵ月前に外注工場に内示される。外注工場ではこの内示に従って、材料や人員の手配を行うことになる。内示された量と実際の日次需要量に大きな差があると、また、1回の引き取り量のバラツキが大きいと、外注工場の対応が困難になるので、引き取り量の平準化が絶対条件といえる。

IV 外注かんばんと工場の立地

Ⅲでは、かんばんを在庫管理の観点から考察してきた。はじめにも触れたように、トヨタの工場やそこに部品や資材を供給している外注工場は、立地的に近接、集中していることが特徴的である。これは、かんばん、特に外注かんばんの運用上重要な鍵となるものである。ここでは、トヨタとその外注工場の立地、また、それと対比する意味で日産自動車の親工場、外注工場の立地について述べ、立地的にみた生産体系の考察を行う。そして、外注かんばんによる多回納入と立地の関係について論述する。

親工場と外注工場の関係をみた場合、外注かんばんの枚数、すなわち、親工場の在庫量を減らすには輸送回数を増やし、輸送間隔を小さくすればよいが、その場合、Ⅲの(11)式から外注工場の生産リードタイムも短くならざるをえず、

また一方で、輸送費用も増加し、外注工場にとって大きな負担になる。

外注工場の立地を前提とすると、輸送費用は生産工程での段取り費用の低減のように改善活動によって簡単に下げることが不可能である。

いま、1日当りの輸送回数とその関連費用の関係をグラフに表すと、図3のようになるであ

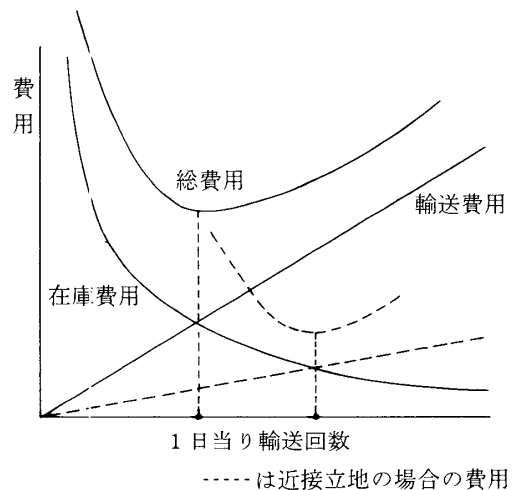


図3 輸送回数と関連費用

ろう。先に触れたように、かんばん方式の考え方においては、従来のような経済的ロットサイズ概念がないので、ここでも、1回の輸送ロットを最小化することにより小ロット化を図り、在庫費用を削減しなければならない。すなわち、輸送回数を増やさなければならないが、輸送回数が増えれば輸送費用も増加してしまうので、これを避けるために外注工場を親工場の近傍に立地させる必要がある。この点は、かんばん方式の考え方からみれば、必然性を持つことなのである。そこで次に、トヨタの親工場、外注工場の立地を調べ、近接立地の実態を日産自動車の場合と対比させながら検証してみよう。

1 立地的にみた生産体系

自動車の生産には、既に述べたように膨大な部品点数を加工し、組立てることが必要である。そのため、親メーカーを最上位とし、親メーカーに直接部品を納入する一次下請、一次下請に納入する二次下請、以下三次、四次と続く下請企業群を下層とするピラミッド形の階層構造を

もった生産組織を形成している。これらの下請企業は、親メーカーを中心とする協力会組織に加入し、その結束を強めている。表1は、自動車メーカー11社を中心とした一次部品メーカーの協力会組織である。この他、一次部品メーカーを親とする協力会、工場別の協力会など多数の組織が存在する。複数の親メーカーの協力会組織に重複して加入している企業も少なくないし、反対に全く加入していない独立系の企業もあるが、いずれにしても協力会はピラミッド形階層構造を強固なものにする役割を果たしてい

る。

トヨタの場合、自動車生産における関連企業をその関連の内容からみていくと、次の三つに分けることができる。

一番目は、歴史的にも資本的にも、トヨタと密接な関係を持つトヨタグループ12社と提携2社。すなわち、豊田自動織機、愛知製鋼、豊田工機、トヨタ車体、豊田通商、アイシン精機、日本電装、豊田紡織、関東自動車、豊田合成、東和不動産、豊田中央研究所、および提携のダイハツ自動車、日野自動車である。これらは豊田自動織機から枝分かれしたものが多く、相互に人脈上のつながりも強い、いわば身内の関係にある企業である。その何社かは自動車組立の受託も行っている。

これらのグループ企業をトヨタの工場を含めて立地的な観点からみてみよう。表2、表3は、トヨタの工場および自動車関連製品を生産、販売しているグループ各社の立地その他のデータを示している。トヨタの11工場のうち6工場が豊田市にあり、他の5工場も西三河地域に集中している。また、グループ各社も関東自動車を除いて、刈谷市を中心とした愛知県内に分布していることがわかる。地域的には、これに、関東自動車とともに関東の拠点である日野自動車、関西のダイハツ自動車加わることになる。

また、これらグループ企業は、そのほとんどがトヨタを筆頭株主とし、トヨタへの依存度も

表 1 自動車メーカーと協力会組織

親 会 社	協 力 会 組 織	加入社数
トヨタ自動車	東海協豊会	136
	関東協豊会	62
	関西協豊会	25
日産自動車	宝晶宝会	105
	弥生会	58
日産ディーゼル工業 マツダ	西日本洋光会	55
	関東洋光会	59
	関西洋光会	62
三菱自動車工業	柏会	57
	協和会	333
いすゞ自動車	三鷹協力会	281
	群馬協力会	73
富士重工業	群馬協力会	156
	鈴自協力協同組合	156
鈴木自動車工業	協友会	99
	日野協力会	166
ダイハツ工業	日野協力会	238
日野自動車工業	主要取引先	約150
本田技研工業		

(注) 1. 加入社数は昭和60年末現在(文献〔7〕による)。
2. 本田技研工業には協力会組織はない。

表 2 トヨタ自動車の工場概要

工場名	所在地	従業員数	生産品目
◎ 本社工場	豊田市	2,300	トラック、バス、住宅
◎ 元町工場	豊田市	5,100	クラウン、マークII、クレスト
上郷工場	豊田市	3,500	エンジン、トランスミッション
◎ 高岡工場	豊田市	5,200	カローラ、スプリンター、コルサ
三好工場	西加茂郡三好町	1,900	足まわり、小物部品
◎ 堤工場	豊田市	5,900	カムリ、ビスタ、コロナ、カーリーナ
明知工場	西加茂郡三好町	900	鋳物部品
下山工場	西加茂郡三好町	1,600	エンジン、排ガス対策部品
衣浦工場	碧南市	2,400	トランスミッション、駆動関係部品
◎ 田原工場	渥美郡田原町	4,800	ソアラ、セリカ、スプリンター、カローラ
貞宝工場	豊田市	1,500	金型・工機部門

(注) 1. データは昭和61年7月末現在(トヨタ会社概況による)。
2. ◎印は自動車の組立工程のある工場。
3. 操業開始順になっている。

表 3 トヨタグループ各社の状況

	企業名	本社所在地	工場所在地	トヨタへの依存度(%)	持株比率(%)
トヨタグループ	豊田自動織機	刈谷市	刈谷市, 高浜市, 大府市, 碧南市	69.9	23.1
	愛知製鋼	東海市	東海市, 刈谷市	30.0	21.4
	豊田工機	刈谷市	刈谷市, 岡崎市, 額田郡	—	24.9
	トヨタ車体	刈谷市	刈谷市	97.5	40.4
	豊田通商	名古屋市		—	24.1
	アイシン精機	刈谷市	刈谷市, 西尾市, 豊田市, 碧南市	80.0	21.0
	日本電装	刈谷市	刈谷市, 安城市, 西尾市, 三重県員弁郡, 広島県広島市	60.0	21.8
	豊田紡織	刈谷市	刈谷市, 岐阜県羽島郡, 丹羽郡	11.0	8.0
	関東自動車	神奈川県横須賀市	神奈川県横須賀市, 静岡県裾野市	100.0	49.1
	豊田合成	西春日井郡	西春日井郡, 名古屋市, 稲沢市, 尾西市	56.5	47.2
提携	日野自動車	東京都日野市	東京都日野市, 東京都西多摩郡, 群馬県新田郡	42.8	11.3
	タイハツ工業	大阪府池田市	大阪府池田市, 滋賀県蒲生郡, 京都府乙訓郡, 兵庫県川西市	19.6	14.6

(注) 1. データは文献〔7〕による。
 2. 地名に都道府県名のないものはすべて愛知県。
 3. 豊田通商は販売のみで工場はない。
 4. トヨタへの依存度欄の—は公表してないことを意味する。

高く、いわゆるトヨタファミリーを構成している。

二番目は、トヨタに鋼材などの素材を供給する独立メーカー、および、協力会（協豊会）に属してはいるものの、トヨタとは資本その他の面で全く独立している大規模のメーカー。これらの企業はトヨタと対等に近い関係をもつ独立メーカーであり、トヨタとは水平的な分業関係にあるといえる。

立地に際しても、トヨタの工場とは基本的には独立しているといえる。ただ、素材メーカーからみれば、自動車産業はその需要量のかなりの部分を占めるわけで、新日鉄名古屋、旭ガラス武豊、ブリジストン彦根工場などのようにトヨタの立地を意識して立地選択が行われた例がないわけではない¹⁴⁾。

三番目は、トヨタグループまたはその下請企業への依存度が高く、それらとは被支配の関係にある企業で、トヨタとは、垂直的な分業関係にあるといえる。その数は、文献〔9〕によると一次下請171、二次下請4700、三次下請31600事業所などとされている¹⁵⁾。

表4は東海協豊会所属の工場の立地分布を県別にまとめたものである。協豊会には、二番目のグループに属するトヨタとは水平的分業関係にある独立系のメーカーも含まれているので、表4ではそれらを除き、トヨタへの依存度の高い企業の工場のみをかかげている。

協豊会は納入部品の種類により三つの部会に分かれているが、部会別にみると、鋳・鍛・プレス系を中心とする第1部会の三河地域集中が著しく、反対に、特殊部品系の第2部会が比較的分散している。しかし、これとて、愛知県に56%が立地している。

なお、トヨタの下請企業の組織には、この他、治工具・施設・機械関係の企業の集まりである栄豊会（67社）がある。

さて、トヨタの工場分布と対比する意味で、日産自動車についても同様にみてみよう。

表5は日産グループ各社の立地その他のデータである。日産グループはトヨタのように歴史的な経緯から結束しているのとは異なり、必ずしも明確になっていない部分もあるが、表5では、日産グループの中核的企業の集まりである「火曜会」のメンバー11社をとりあげた。トヨタグループの分布（表3）と比較して、本社も工場も分散していることがわかる。また、依存度、持株比率がトヨタグループに比べ高い企業

14) 文献〔8〕p.119.

15) 文献〔9〕には、このようなトヨタに関する一般的なデータの他、トヨタにおける工場労働者の労働と生活の実態についての社会学的調査および研究の成果が掲載されている。

表 4 東海協豊会所属工場の立地分布

	第1部会 (鑄・鍛・プレス)	第2部会 (特殊部品)	第3部会 (車体部品)	計
宮城		1		1
埼玉	1	4		5
東京		1		1
神奈川		3		3
富山	1	1		2
山梨			1	1
長野		3	2	5
岐阜	8	3	1	12
静岡	6	6	3	15
愛知	60(77%)	46(56%)	43(77%)	149(69%)
三重		3		3
滋賀		2	1	3
京都	1	2	1	4
大阪		4	1	5
兵庫		3	1	4
岡山			1	1
広島			1	1
熊本	1			1
	78	82	56	216
(愛知県の内訳)				
名古屋市	8	6	6	20
名古屋以外の尾張	7	2	10	19
豊田市	14	11	10	35
刈谷市	5	4	1	10
豊田・刈谷以外の三河	26	23	16	65
	60	46	43	149

(注) 1. 文献〔7〕をもとに集計し作成した。
 2. 本表では、トヨタへの依存度の低い企業および、依存度が高くても、生産品目からみてトヨタへの納入が考えられない工場は除外している。

表 5 日産グループ各社の状況

企業名	本社所在地	工場所在地	日産への依存度(%)	持株比率(%)
日産ディーゼル工業	上尾市	群馬, 埼玉		44.6
日産車体	平塚市	神奈川, 京都	100.0	45.7
愛知機械工業	名古屋市	愛知, 三重	100.0	38.0
日本ラジエーター	中野区	栃木, 群馬, 神奈川, 大分	80.0	39.5
厚木自動車部品	厚木市	秋田, 神奈川, 福岡	89.6	39.2
関東精器	大宮市	埼玉, 福島, 大分	91.9	40.9
鬼怒川ゴム工業	千葉市	千葉, 栃木, 大分	55.4	34.4
桐生機械	桐生市	群馬, 栃木	54.5	59.3
日産工機	神奈川県高座郡	神奈川	99.9	100.0
日本電子機器	伊勢崎市	群馬	90.0	54.2
日本自動変速機	富士市	静岡	60.0	65.0

(注) データは文献〔10〕による。

が多いが、これはトヨタグループの企業が多業種にわたっているのに対し、日産グループはあくまで自動車生産のためだけのグループという観が強く、親企業とは垂直的な分業関係で結びついているからであろう。

日産には、宝会、晶宝会という協力会組織があるが、前者には日産と垂直的分業関係にある企業、後者には水平的分業関係にある独立系のメーカーが多く含まれている。

宝会の工場分布を表6に示したが、協豊会の分布(表4)とは明らかな差が見られる。

これは、日産の親工場が神奈川、東京、栃木、静岡、福岡と分散し、これに伴い、宝会所属企業も分散してきたことがあげられる。また、日産ではトヨタのように徹底したかんばん方式をとっておらず¹⁶⁾、トヨタほど外注工場が集中することを必ずしも条件としないこともその理由の一つになっている。

宝会は五つの部会からなっているが、部会別にみると、歴史的な経緯からいずれも神奈川が多く、特にプレス系でそれが目立つが、ユニット加工では、エンジン、トランスミッションの工場のある静岡にも集中していることがわかる。

トヨタ、日産ともにプレス系の下請が親工場に近いことが特徴的である。それに対し、電装部品関係は比較的分散しているといえよう。親

16) 日産では、APMというかんばん方式と基本的に同様の方式を、部分的に採用している。この点については、Vで再述する。

表 6 日産自動車の協力工場(宝会)の立地分布

	第1委員会 (電装・補機)	第2委員会 (ユニット加工)	第3委員会 (プレス)	第4委員会 (内外装)	第5委員会 (鋳・鍛造・ネジ)	計
秋田		1				1
山形		1				1
福島	3	1	1	1	1	7
茨城	4			1	3	8
◎栃木	3	3	5	7	2	20
群馬	4	2	1	6	3	16
埼玉	5	2		7	2	16
千葉		2		3	2	7
◎東京	2	4	5	3	2	16
◎神奈川	4	15	26	15	5	65
新潟	1			1	1	3
石川					1	1
山梨	1	1				2
長野		1	1		2	4
岐阜				1		1
○静岡	4	12	2	1	2	21
愛知		1		2		3
大阪					1	1
兵庫	1			1		2
島根				1		1
広島			1			1
◎福岡	1	1	5	3	1	11
佐賀					2	2
大分	2	1	1	2		6
	35	48	48	55	30	216

- (注) 1. 文献〔10〕をもとに集計し作成した。
 2. 本表では、日産への依存度の低い企業および依存度が高くても、生産品目からみて日産への納入が考えられない工場は除外している。
 3. ◎印は日産の自動車組立工場のある県、○は吉原、蒲原工場のある静岡県で、両工場ではユニット、粗形材生産を行っている。

工場への依存度もプレス系や鋳造、鍛造系、ユニット加工系で高く、反対に電装、内外装用品などはやや低くなっており、これが親工場への近接の度合にも表れているといえる。

2 多回納入と立地

前節でみたように、トヨタと日産では明らかに立地的な相違があることがわかる。トヨタでは親工場間、親工場—外注工場間の距離が、一部の例外を除き極端に接近している。しかし、外注工場との距離の完全な克服は、すべての外注工場が親工場に接していない限り不可能である。外注工場の立地は、かんぱん方式といえども、それを前提にしなければならない。したがって、外注工場からの引き取りについては、経済

的ロットサイズの考え方をとらざるをえなくなる。

そこで、輸送回数と輸送費用および保管費用の関係(図3)から、その合計を最小化するという意味での最適な輸送回数を求めることができる。すなわち、総費用は次のようになる。

$$TC = C_d \cdot N + (1/2) \cdot C_r \cdot (D/N) + C_r \cdot S \quad (13)$$

TC：総費用

C_d ：輸送費用(日・回)

C_r ：保管費用(日・個)

S：安全余裕

N：輸送回数

D：日次需要量

(13)式の第1項は1日の総輸送費用、D/Nが平均輸送ロットを表しているところから第2項

と第3項は親工場の保管費用を表している。前にも述べたように、輸送費用は外注側の負担であるが、かんばん方式がそれらを含んだ一体としてのシステムであることを考えれば、それらを合計したかたちで最適解を求めることに問題はない。

これを最小化する輸送回数は、(13)式を N で微分し 0 とおいて解くと、

$$N = \sqrt{\frac{C_r \cdot D}{2 C_d}} \quad (14)$$

となる。また、(10)式から、この逆数が最適かんばんサイクルを表している。

輸送回数は外注工場の生産品目の特性により異なってくるのは当然であるが、(14)式から、需要の大きなもの ($D \rightarrow$ 大)、輸送費用に対し保管費用のかかる高級品やかさのあるもの ($C_r/C_d \rightarrow$ 大) などは多く、反対に、輸送費用に対し保管費用の安いもの ($C_r/C_d \rightarrow$ 小) は少なくなることがわかる。

また、輸送距離が輸送費用に比例するものとするれば、輸送距離と輸送回数には、図4のような関係が見いだせよう。実際には輸送回数は整数値をとるので、図の点線のようになる。外注工場の立地が親工場からある一定距離以上離れると、輸送回数の減少の割合は小さくなり、最終的には1回になる。上述したように、これは品目の特性により異なるので、図4のように何

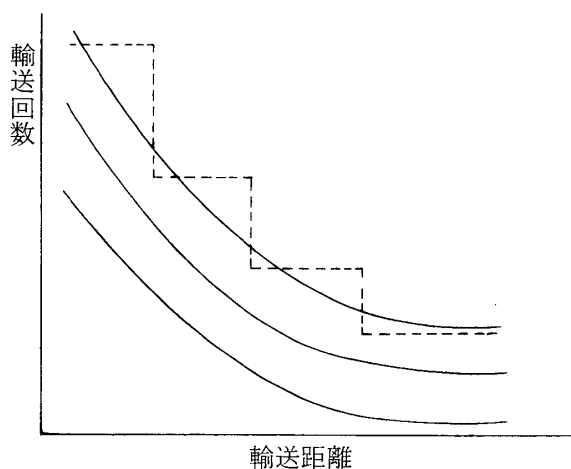


図 4 最適輸送回数と親工場との輸送距離

本ものの線が描けると思われる。

このように、かんばん方式では親工場と外注工場の距離が極めて重要な問題になってくることがわかる。かんばん方式の考え方からみると、多回納入を可能にするため、外注工場の立地は親工場と近接していなければならない。特に、海外に進出する場合、トヨタとGMの合弁企業である NUMMI (New United Motor Manufacturing Inc.) の例にあるように、外注工場との距離が、何日もかかるときには、かんばん方式を変則的なものにせざるをえない¹⁷⁾。

さて、(14)式は、外注工場1社からの引き取りの場合であるが、外注工場各社とも輸送回数、輸送間隔が同じ巡回混載方式をとる場合には、同様の方法で求めることができよう。

(14)式は、伝統的なロットサイズ理論の应用到過ぎないが、このような求め方には次のような問題点が含まれていることに注意しなければならない。

- 対象品目の消費速度が一定であるという仮定
- 輸送回数 N は実際には整数値しかとらない
- 輸送費用と保管費用が線形であるという仮定
- それらの費用を正確に見積ることができるという仮定

はじめの点は、かんばん方式では、生産量の平準化が前提であり、需要が期間をとおしてほぼ一定になるように努めているので問題はないであろう。

二番目は、 N が整数であるという条件を入れ、さらに、輸送間隔や外注工場の生産リードタイムをも考慮して、

$$M = T_p \cdot N \quad (15)$$

という関係を制約式として加えれば、(15)式のもとで(13)式を最小化する整数計画問題として扱うことができる。

残りの2つの点については、使用することのできるトラックの積載量や台数の問題もから

17) 文献 [11] p.179.

み、現実の適用に際してはなお問題として残る。

現実には、ロットサイズ理論のような公式によらず、1日に使用できるトラックの条件、親工場、外注工場の生産リードタイムなどから経験的に輸送回数や輸送ロットが決められる場合が多い。

V ま と め

本稿では、近年産業界で広まっているかんばん方式について、まず、その概要、機能を述べ、なかでも重要な在庫管理の面を中心に理論的な考察を行った。かんばん方式は在庫ゼロをめざしつつも、本来的には工程間に在庫を置く方式である。かんばんの動きをみると、管理の基本として、発注点方式や定期発注方式を採っていることがわかる。そこでここでは、在庫量をかんばん枚数により把握し、各種かんばんについて、いくつかのモデルを提示した。

かんばん方式では、在庫を削減するため、常に小ロット化がはかられる。そのため、生産に関しては段取り時間やリードタイムの短縮、部品の納入に関しては多回納入が必要とされる。前者の点については、現場の改善活動によりできる限りのことが行われているが、後者は輸送費用の増加につながるので外注工場が親工場に近接していることが絶対条件になる。この条件がどの程度のものなのか、トヨタとその下請工場の分布を日産自動車のそれと対比させながら検証した。

その結果、トヨタの立地分布が三河地域を中心に集中していることは明らかであり、特にプレス系部品の下請工場ではそれが顕著であった。しかし、親工場との距離の完全な克服は、立地の差が存在する限り不可能である。距離の離れた外注工場に与えられるかんばんが厚目になることは避けられない。その分、在庫量も増えることになる。したがって、そこには何らかの意味で適正なロットサイズが存在せざるをえない。そこで最後に、外注かんばんによる多回納入について、工場の立地との関係を論じ、親工場からの輸送距離と最適輸送回数の関係など

について述べた。

かんばん方式はそれ自体、コンピュータや高度な機械を用いる必要もなく、設備投資も少なくすむ。この方式を定着させるための条件を整えば低原価の実現に大きく寄与するものである。トヨタでは、社内およびグループ各工場に対する教育、指導に長い時間をかけ定着させた。

生産管理の発展の上で、フォードシステムは大きな影響を及ぼしたが、その流れ作業による同期管理方式は、かんばん方式でも変わることはない。かんばん方式のすぐれた点は、中枢統制を行うことなく、最終工程にのみ生産指令をだし、前工程から部品を引き取ること、また、混合ライン生産で同期化を実現した点などⅡで述べたとおりである。

このようなかんばん方式にも問題点がないわけではない。本論をまとめるにあたり、最後にそれを述べておこう。

まず、外注工場にかんばん方式を適用するに際し、十分な指導を行い徹底させたといわれているが、一次下請はまだしも、二次、三次、あるいはそれ以下の下請となると上位からのかんばんによる注文に対して、あらかじめ在庫を置くことなく、その生産もかんばん方式により行うことができるかどうか。かんばん方式では生産の平準化が前提になるが、これが親、一次、二次といくなかで果たして可能かどうかはなほ疑問である。実際に、二次、三次以下の下請では上からの注文に対してあらかじめ生産しておいて在庫で対応する現実もみられる。また比較的遠距離の業者の中には、豊田市内に倉庫を借り、かんばんによる注文があると、倉庫の在庫で対応している例もある。この場合、トヨタにしてみれば距離が克服されることになるが、下請は在庫をかかえる結果になる。

二番目は、車種の多様化に付随してくる問題である。かんばん方式では、次の指示があるまでの需要があることを見越してかんばんを出す。したがって、需要が間欠的な部品に対しては、必要がないのに補充してしまうことにもなる。車種の多様化などで需要が間欠的にしか発

生しない構成部品が増加していることを考えれば、かんばんによらない外注部品も増えてくるかもしれない。かんばん方式は、ある程度需要の多い製品や部品の繰り返し生産において威力を発揮するのである。

三番目は、通信回線が公開され、これだけコンピュータが発達している今日、外注に対するかんばん指示も即時性のあるコンピュータによる指示に置き変わるのではないかということ。かんばん方式とともに、現在、普及しているMRPは、コンピュータの即時性を生かした生産指示を行い、在庫ゼロをめざすものである。

日産自動車では、部分的にAPM (Action Plate Method) という基本的にはかんばん方式と同じ方式を採用しているが、二番目の問題点や外注工場の立地分布の関係、また、コンピュータの積極的な利用という従来からの考え方から¹⁸⁾、APMの適用は減ってきている。

外注かんばんと立地の関係でみたように、適正な在庫水準は、特定の時点や特定のシステムでは存在することは事実である。在庫ゼロに対する努力は、いわばスローガンのような要素をもっており努力目標といえる。かんばん方式では、これが当然に実現するように考えているような面が見られる¹⁹⁾。

また、小ロット多回納入による交通の煩雑化や交通量の増大は、社会システムの立場からみたととき、多大な社会的費用を発生させることになるだろう。

最後に、かんばん方式を取り巻く職場環境や特異ともいえる組織風土の問題がある。これは、工場労働者の人間性の問題を含んでおり、また、価値観によっても意見の分れるところである。

かんばん方式を海外の進出先で適用したり、他企業で適用する場合には、特に注意を要する点になるだろう。

参 考 文 献

- [1] Schonberger, R. J. : "Just-In-Time Production Systems : Replacing Complexity With Simplicity In Manufacturing Management", Industrial Engineering, pp. 52-63, 1984.
- [2] 大野耐一 : 「トヨタ生産方式」, ダイヤモンド社, 1978.
- [3] 門田安弘 : 「トヨタシステム」, 講談社, 1985.
- [4] 門田安弘編 : 「トヨタ生産方式の新展開」, 日本能率協会, 1983.
- [5] Cusumano, M. A. : The Japanese Automobile Industry, The Harvard University Press, Cambridge, 1985.
- [6] Sugimori, Y., et al. : "Toyota Production System and Kanban System", International Journal of Production Research, Vol. 15, No. 6, pp. 553-564, 1977.
- [7] インダストリー リサーチ システム編 : 「トヨタ自動車グループの全貌 '86年版」, インダストリー リサーチ システム, 1986.
- [8] 北村嘉行, 矢田俊文編著 : 「日本工業の地域構造」, 大明堂, 1977.
- [9] 小山陽一編 : 「巨大企業体制と労働者」, 御茶の水書房, 1985.
- [10] インダストリー リサーチ システム編 : 「日産自動車グループの全貌 '86年版」, インダストリー リサーチ システム, 1986.
- [11] 大槻憲昭 : 「トヨタの新かんばん方式」, 中経出版, 1985.
- [12] 小川英次 : "トヨタ生産方式の現代生産管理理論における意義について", IE レビュー, Vol. 20, No. 1, pp. 4-11, 1979.

18) コンピュータの導入やロボット化に関してはトヨタ自動車より積極的で、たとえば、トヨタのロボット導入台数1300台に対して、日産は1700台と大きく上まわっている (文献 [10] p. 60).

19) 文献 [12] p. 9.