

第12回：納期改善と在庫システム

1. 生産期間の短縮
2. 在庫の種類と機能
3. 定量発注と定期発注
4. カンバン方式

東京大学経済学部

藤本隆宏

1. 生産期間の短縮

生産期間(スループットタイム)短縮の競争力効果

直接効果

(1) 受注生産 → 納期短縮

(2) 見込み生産 → 需要予測精度、
→ 品切れ防止、
在庫コスト

間接効果

ムダ、生産問題の顕在化 → 生産性・品質向上

生産期間(スループットタイム)とは？

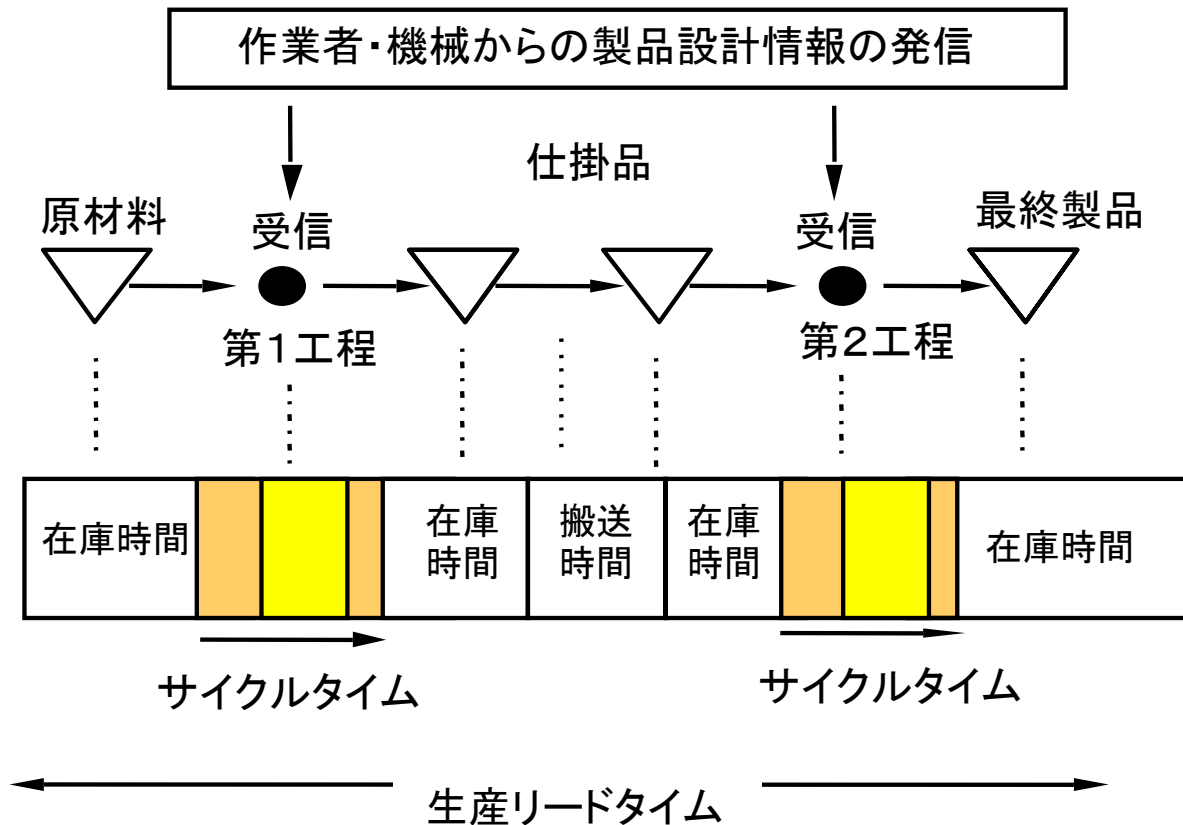
材料が、
工程内にストックされた製品設計情報を吸収(受信)して、
製品へと変換されるのに要する時間

生産期間 = 製品設計情報を受信している時間
+ 製品設計情報を受信していない時間

実際には、「受信していない時間」が圧倒的に大きいのが普通。
(典型的には、在庫となって滞留している時間)

→ 生産期間短縮の鍵は、在庫システムの改善にある。

情報受信(吸収)時間としての生産リードタイム(概念図)



- 凡例:
- 正味作業時間(情報受信時間)
 - 情報を受信していない時間
(在庫、運搬、など)

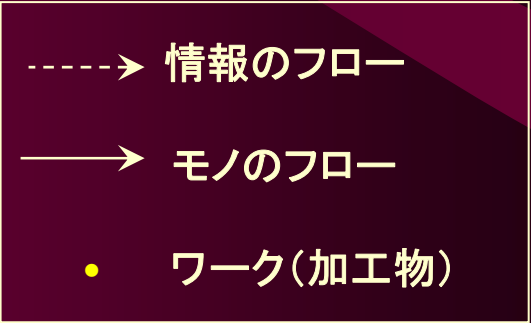
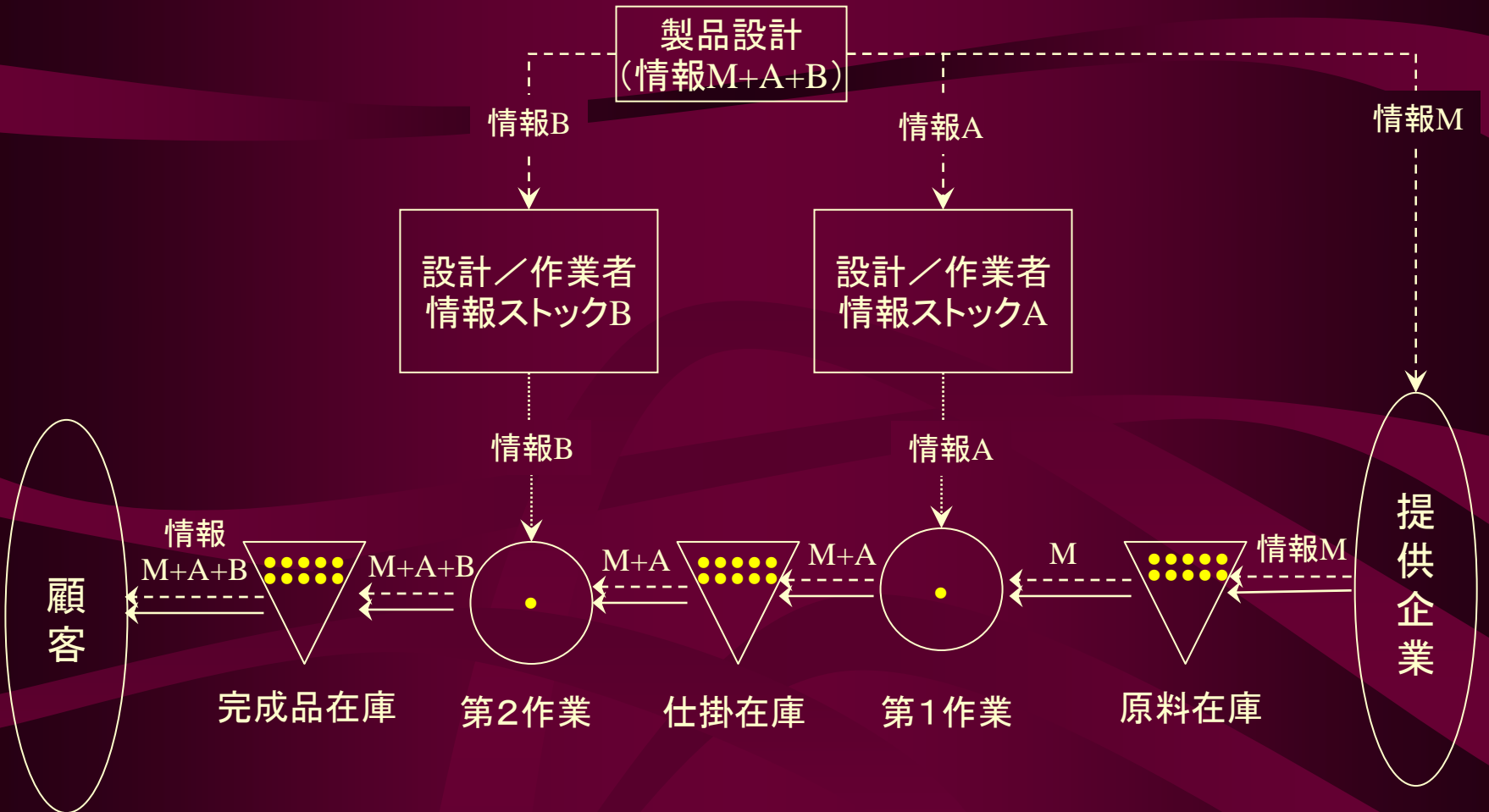
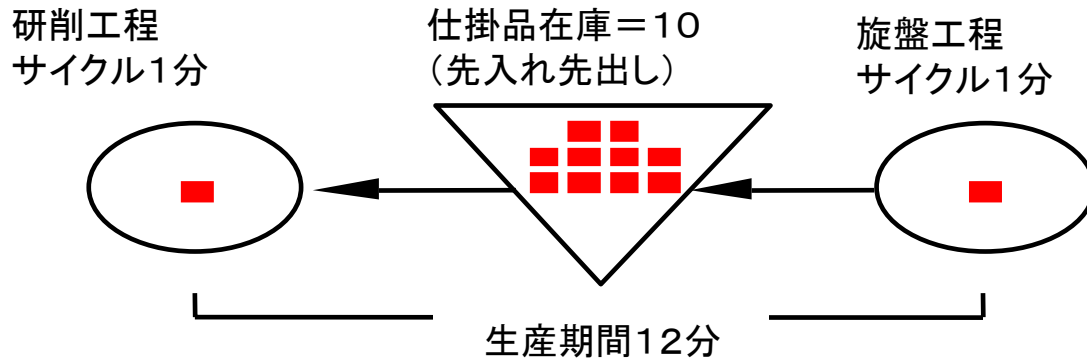
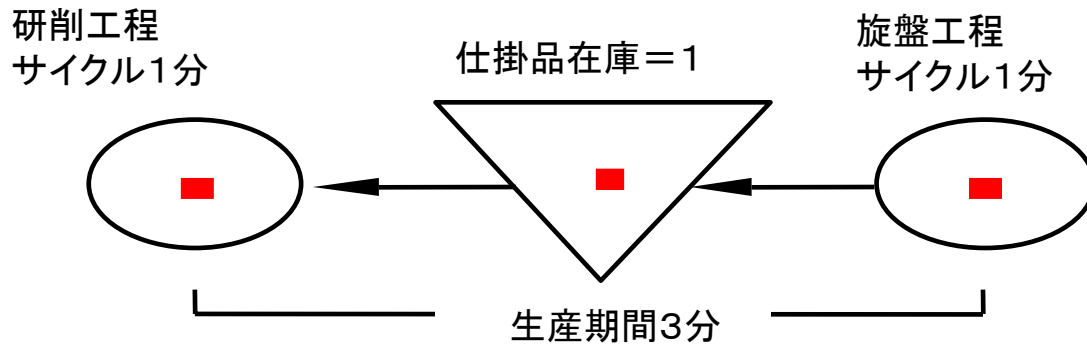
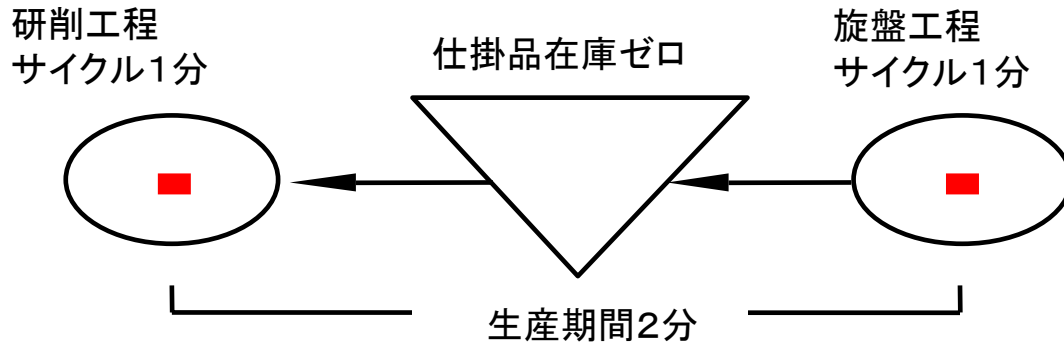


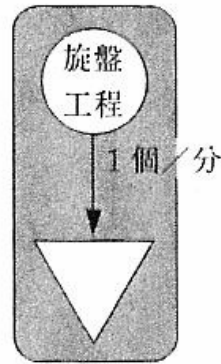
図6-14 仕掛品在庫量と生産期間



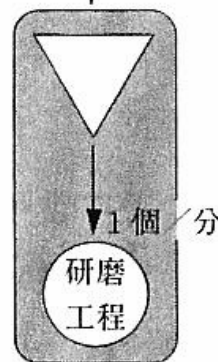
2. 在庫の種類と機能

- (1) パイプライン在庫 (倉庫、輸送中在庫など)
- (2) サイクル在庫 (ロットサイズに応じて発生)
- (3) バッファー在庫 (注文量の変動に対応。安全在庫)
- (4) 季節変動対応在庫 (季節変動と平準化生産のギャップ)
- (5) ディカップリング仕掛在庫 (工程間相互依存を緩和)

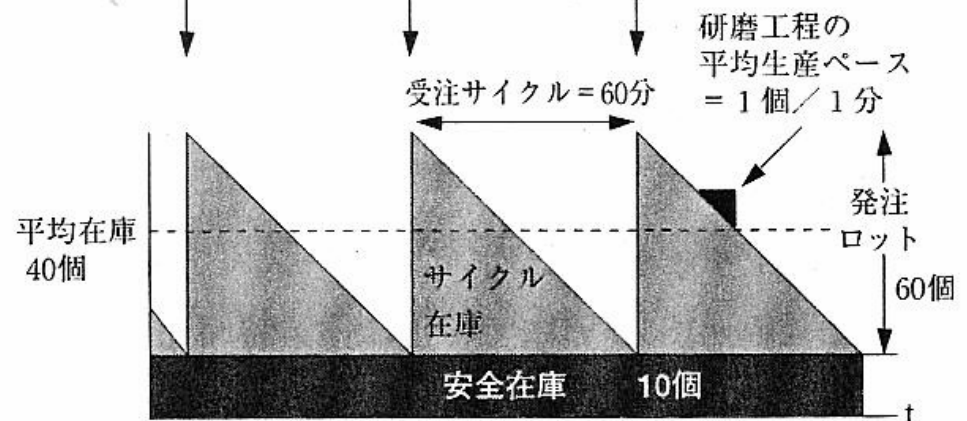
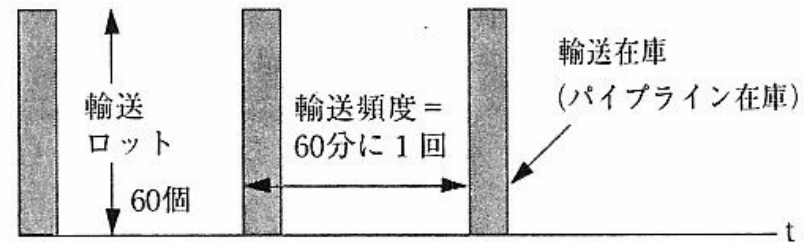
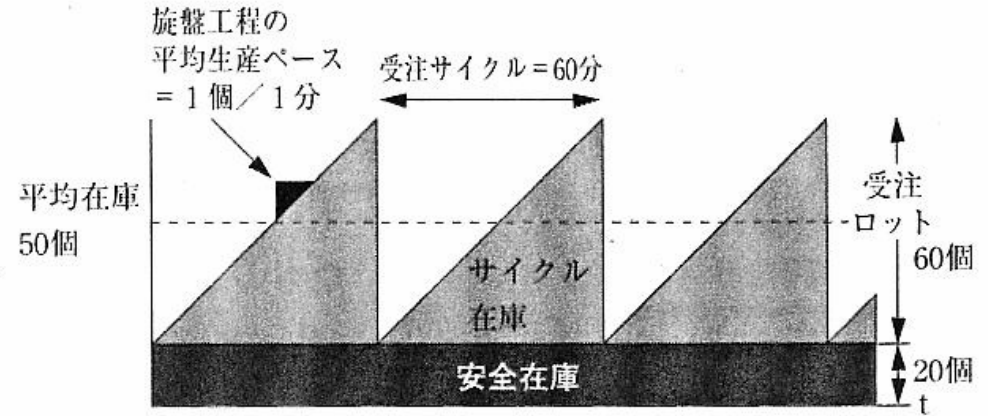
工程フロー
ダイアグラム



工程間 輸送時間
輸送 ○ = 10分



在庫量の時間的変化



在庫システムのタイプ

(1) 独立需要対応システム

定量発注システム

定時発注システム

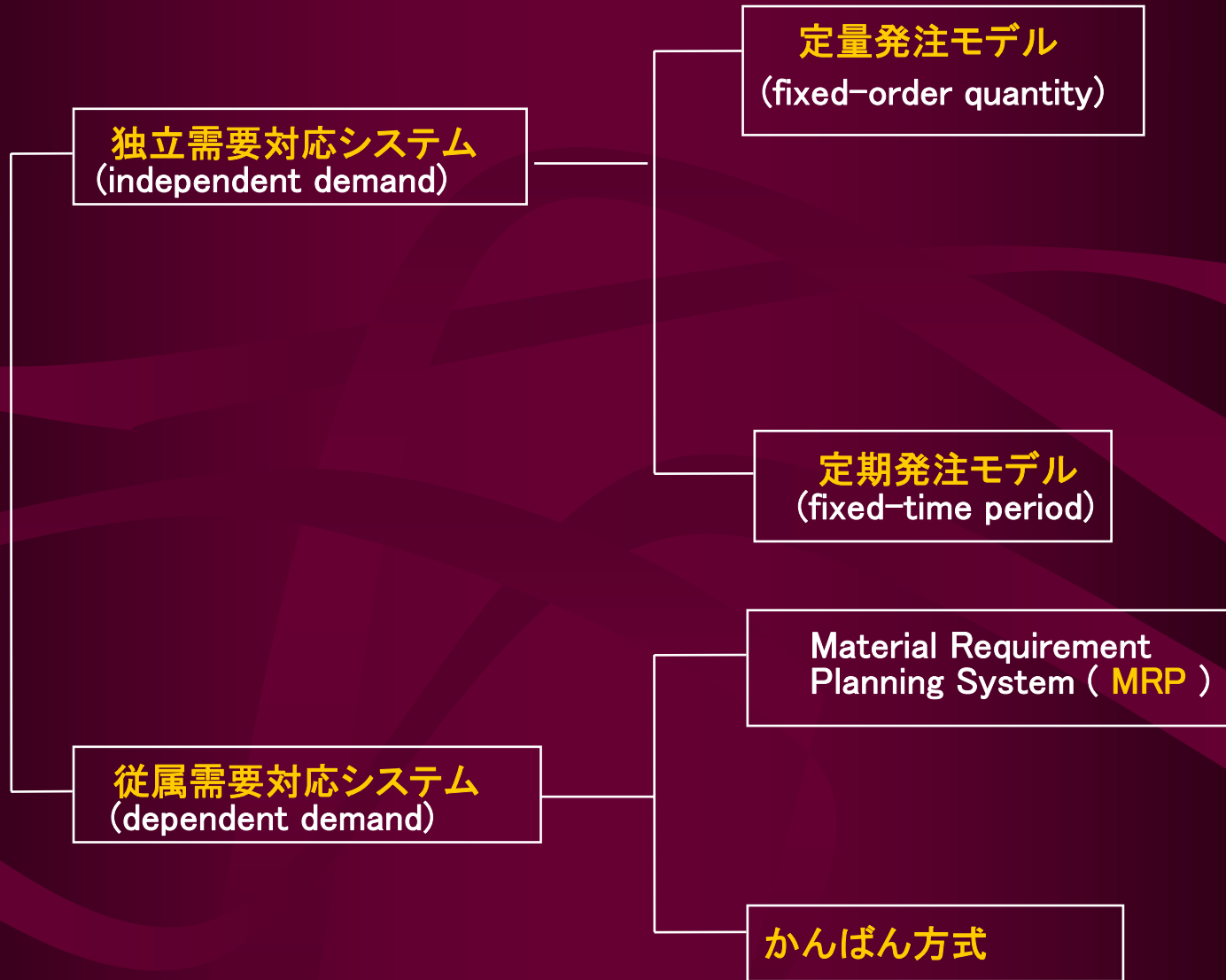
IPS (Inventory Planning System: MRPの独立需要版)
(省略)

(2) 従属需要対応システム

MRP, MRP II

かんぱんシステム

主な在庫システムのタイプ



3. 定量発注と定期発注

(1) 定量発注

注文ロットサイズが一定

在庫量は常時チェック

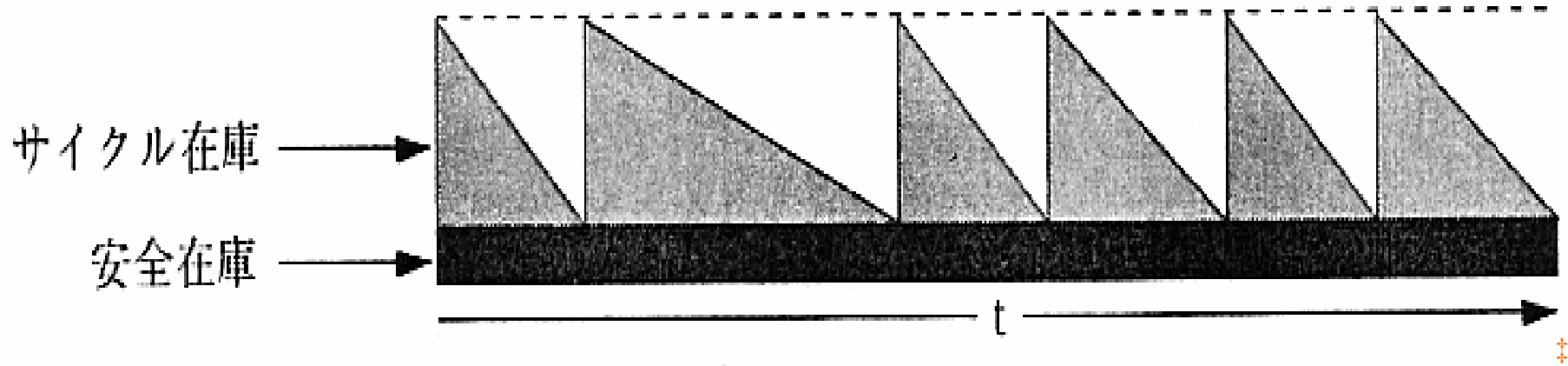
再発注点 (reorder point) まで下がったら自動的に発注

発注間隔は伸縮する

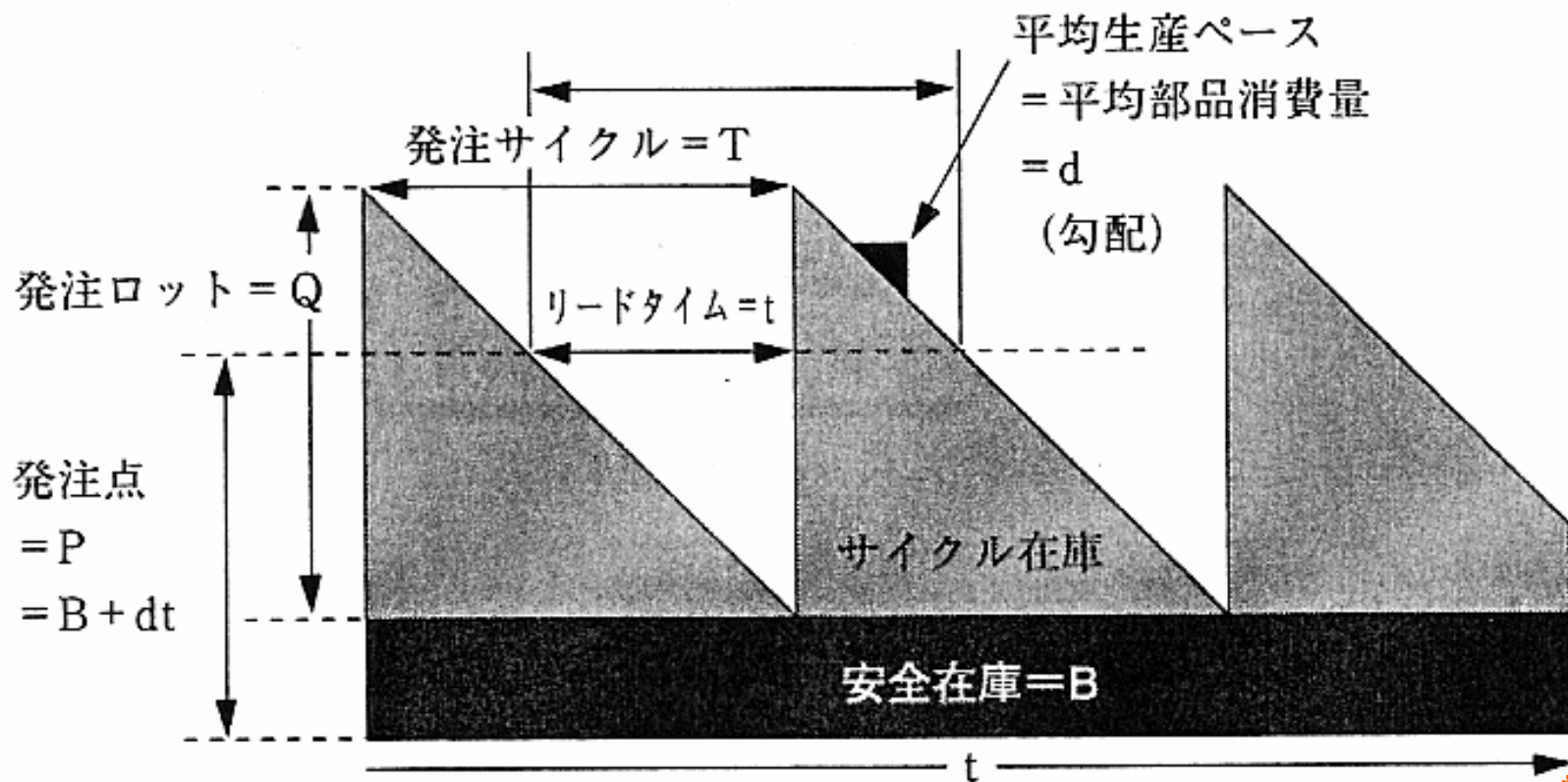
「2-bin System」が典型的

定量発注方式

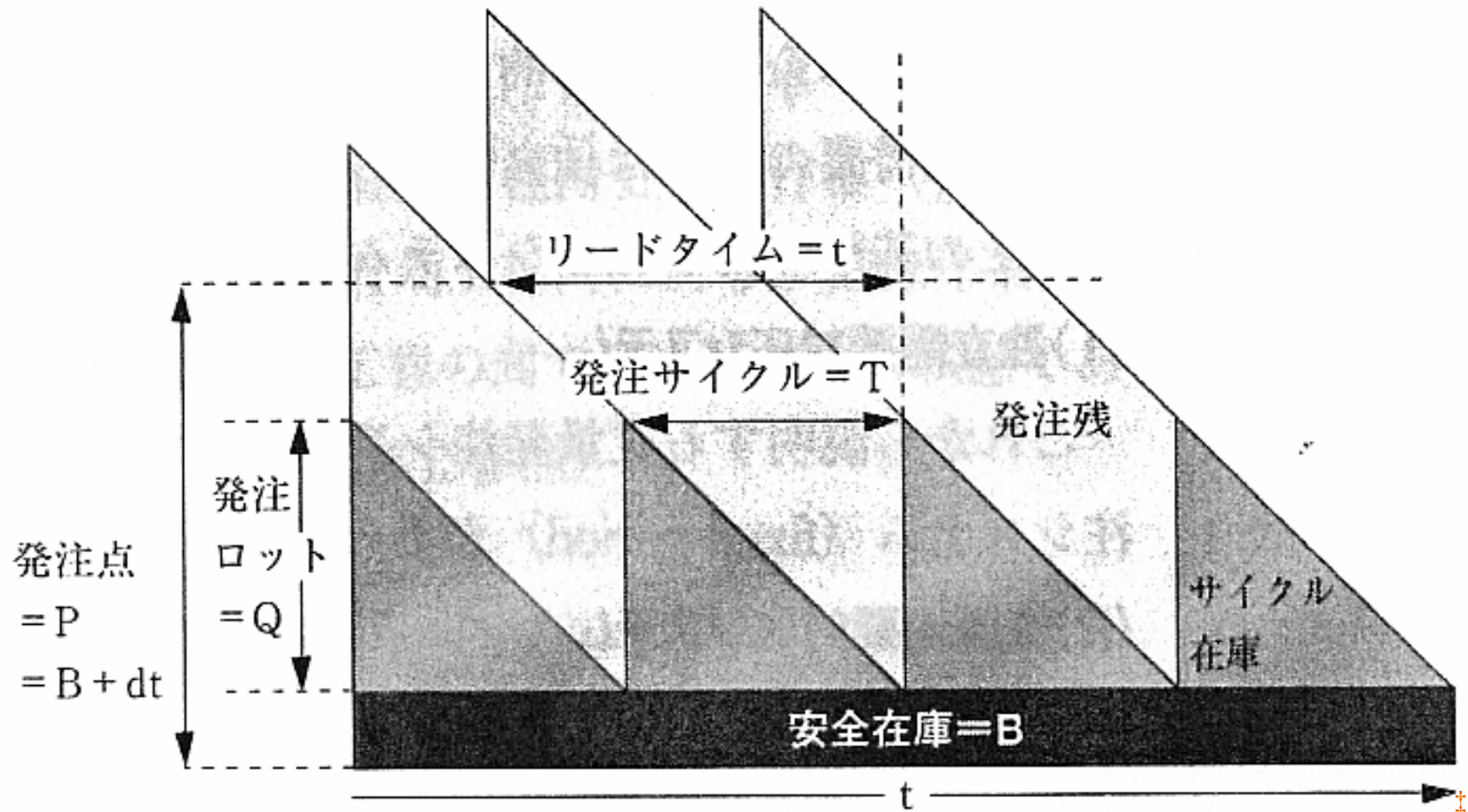
毎回の発注量は一定。発注サイクルは伸縮しうる



①発注サイクル>リードタイムのケース

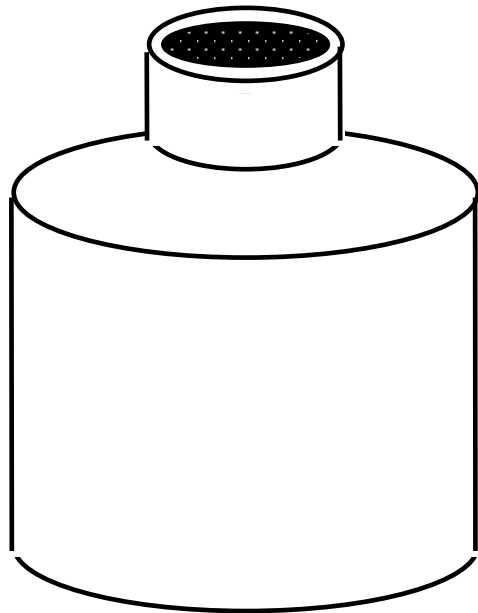


②リードタイム>発注サイクルのケース



2-ビン・システム

容器1



原料は容器1から先に消費していく。
容器1が空になったら、補充オーダーを出す。

容器2



在庫した原料は
容器2から先に満たす。

定量発注: バッファ在庫(安全在庫)の水準

在庫保有のコストと品切れコスト(機会費用)のバランス

ある期間に発生する需要量の確率分布を想定

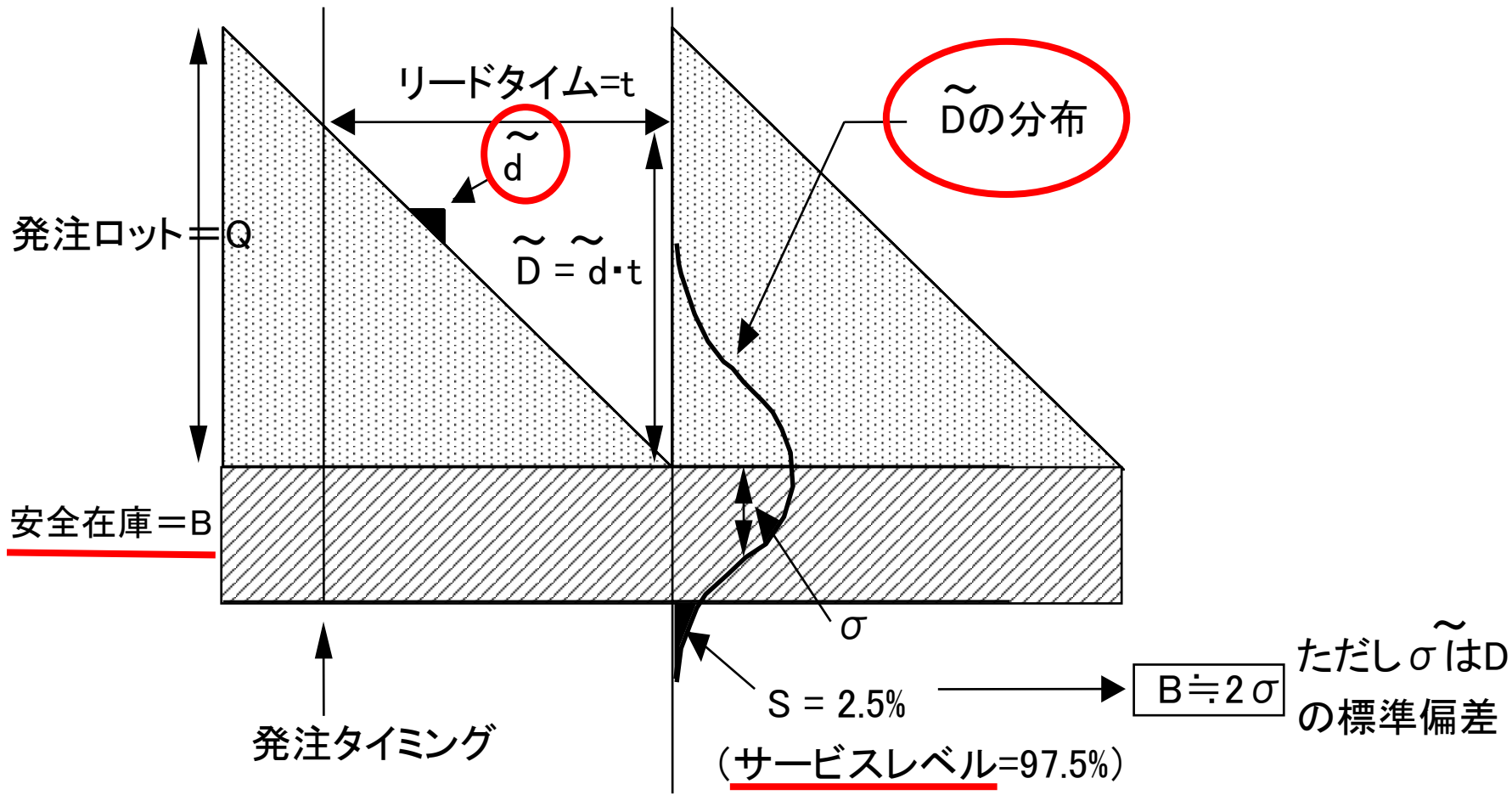
「望ましい品切れ確率」(サービス・レベル: $1 - s$)を設定

在庫量の底の点で品切れ確率が「 s 」となるように安全在庫設定

例えば、クリティカル・フラクティル法では

$$s = L / (G + L) \quad L = \text{変動利益、} G = \text{在庫費用等}$$

安全在庫の水準



定量発注:発注ロットサイズの決定(EOQ)

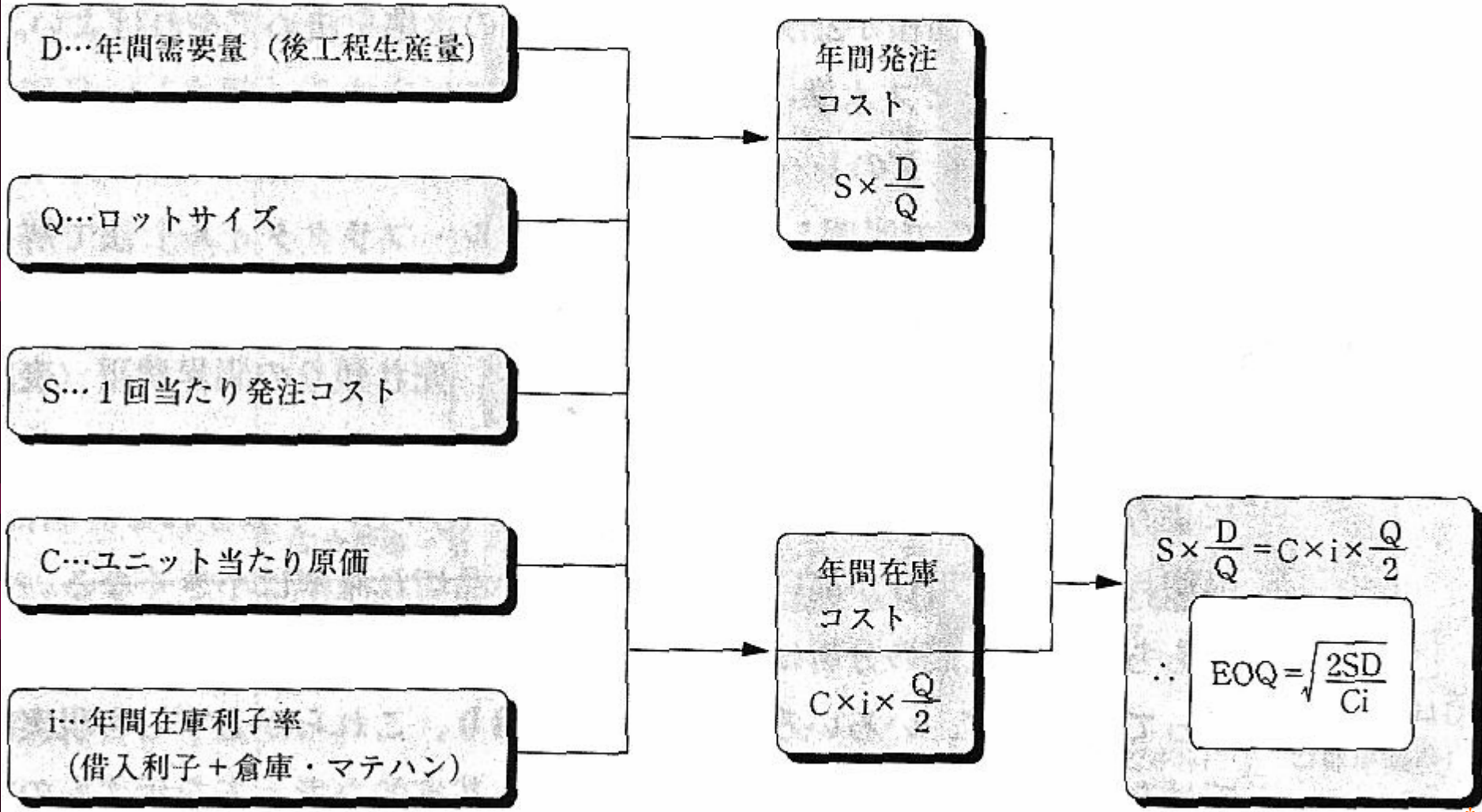
発注ロットサイズ=Q とすれば、平均サイクル在庫水準=Q/2

EOQ (Economic Order Quantity)

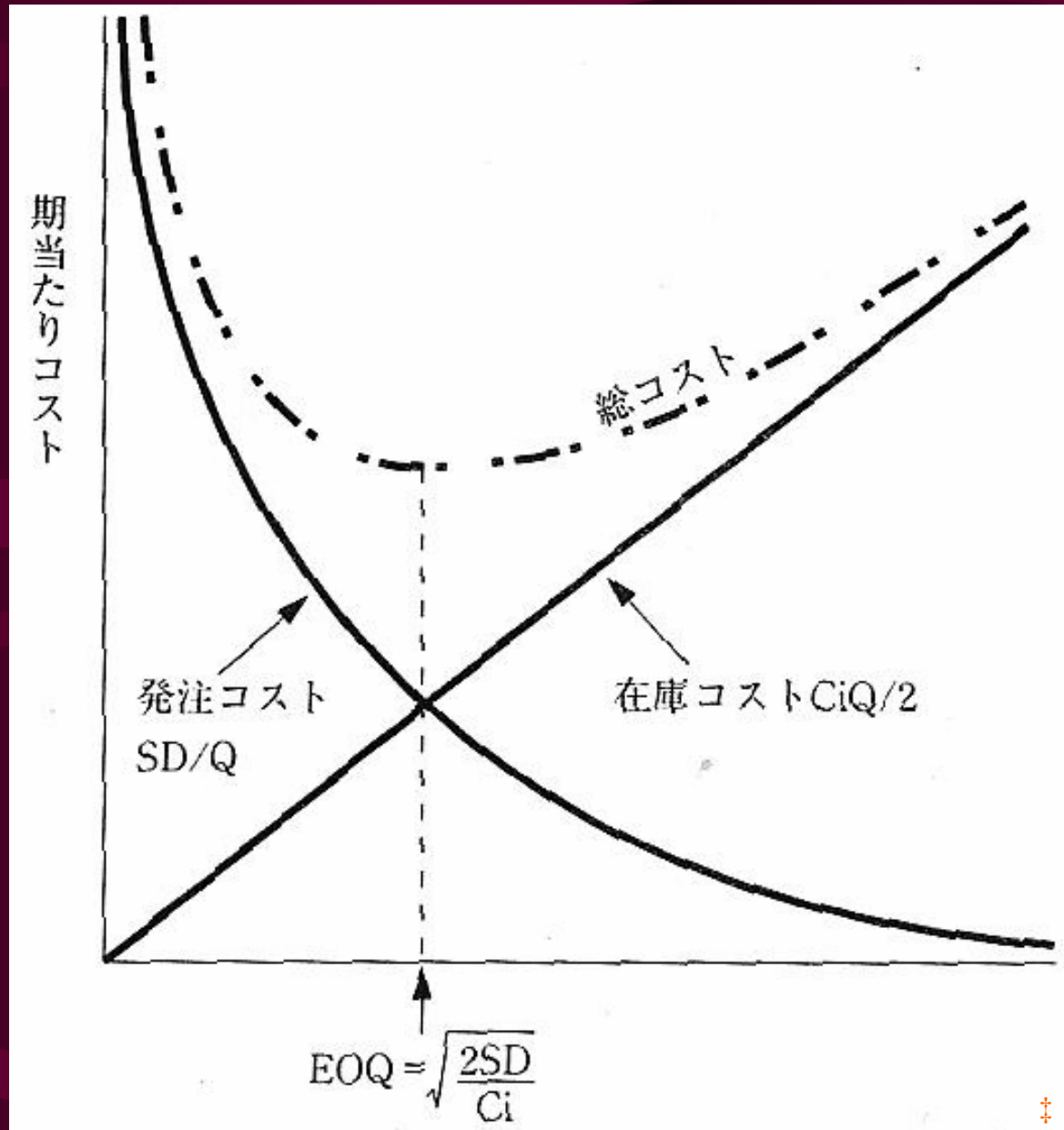
定量発注、バッファ在庫なし、不確実性なし、
を前提にしたときの、短期的にみて最適のロットサイズ

静態的な均衡概念 (⇔ かんぱんシステム)

EOQの概念



総コスト = 在庫コスト + 発注コスト … その最小化



(2) 定期発注システム

定期的に発注(発注間隔が一定)

1回あたりの発注量(Q_t)は伸縮する

安全在庫量、発注間隔、納入リードタイムより、

発注残 + 在庫量の上限値(M)を設定する。 →

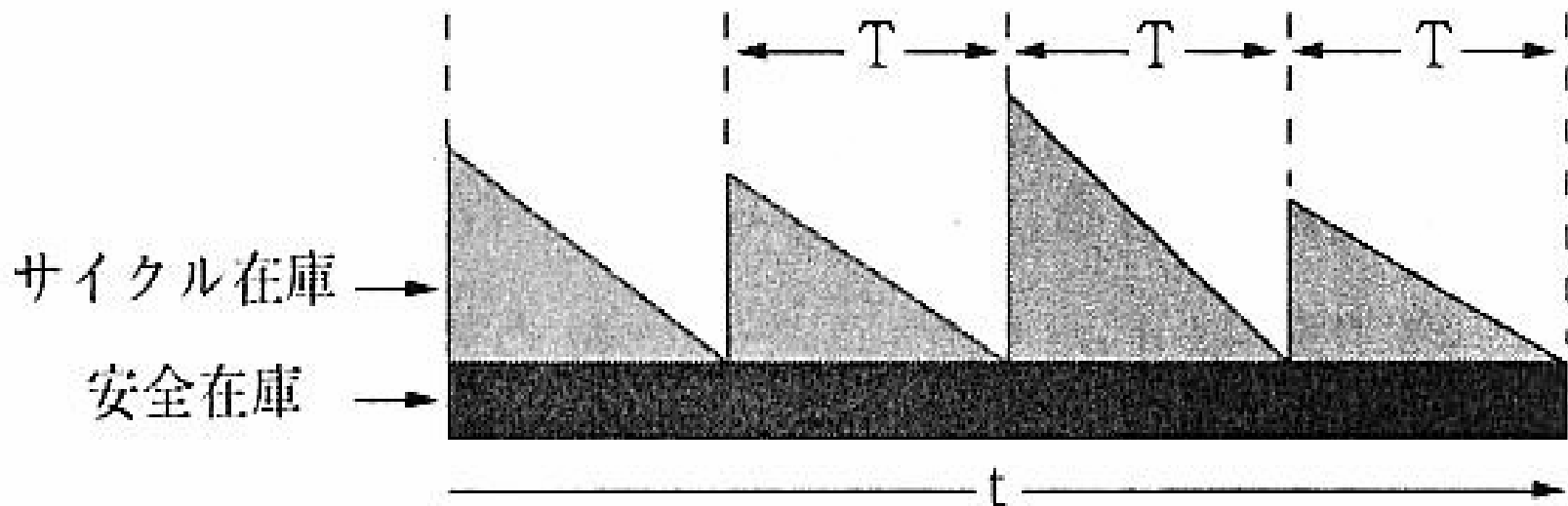
発注時点(t)での発注残(O_t)、在庫量(I_t)

として、 t 時の発注量は $Q_t = M - O_t - I_t$

安全在庫水準決定の基本的考え方は、定量発注の場合と同じ。

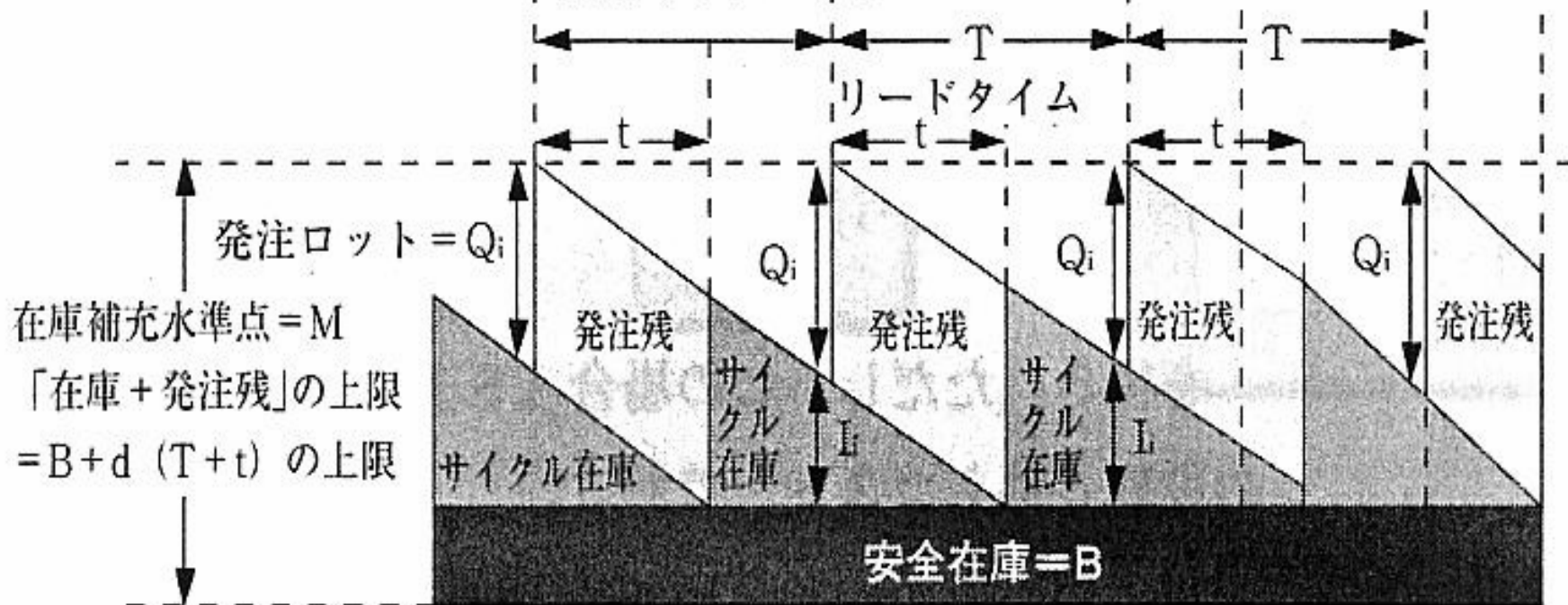
定期発注方式

発注サイクルは一定。毎回の発注量は伸縮しうる



納入リードタイム (t) < 発注サイクル (T) のケース $Q_i = M - I_i - B$

発注サイクル = T



ただし、 M = 在庫水準点 = 「安全在庫 + サイクル在庫 + 発注残」の上限

I_i = i 回目の発注時点での在庫量

O_i = i 回目の発注時点での発注残 = 0

4. かんばん方式

MRPと並ぶ、代表的な「従属需要対応システム」の一つ。

トヨタ自動車で、**大野耐一**氏を中心に構築された。

かんばんとは・・・

納入指示(発注)と**生産指示**に使われる、

繰り返し利用可能なカード(**循環伝票**)のこと。

(1) 引き取りカンバン

(2) 生産指示(仕掛り)カンバン

引き取りかんばん

部品納入場所

納入時間 9:15	2641-1 0001-0050	置場 N32 N00088 A95	TOYOTA 碧南 発行No. 50
264101000000006	000313751550100000000000216000050	737123101800016	
小田井鉄工 高岡	13751-55010-00	受入 N1	
整理 1-1-2	背番号 3	品名 リフター、ハルブ 使用車種 IN-T 1	箱種 02 0050 0050 収容数 216 90-05-08

サプライヤー

品名

1箱あたり収容数

カンバン方式の基本

「後工程引き取り」・・・下流工程が必要な部品を
必要なだけ上流工程に取りに行く。
つまり「引っぱり(プル)方式」

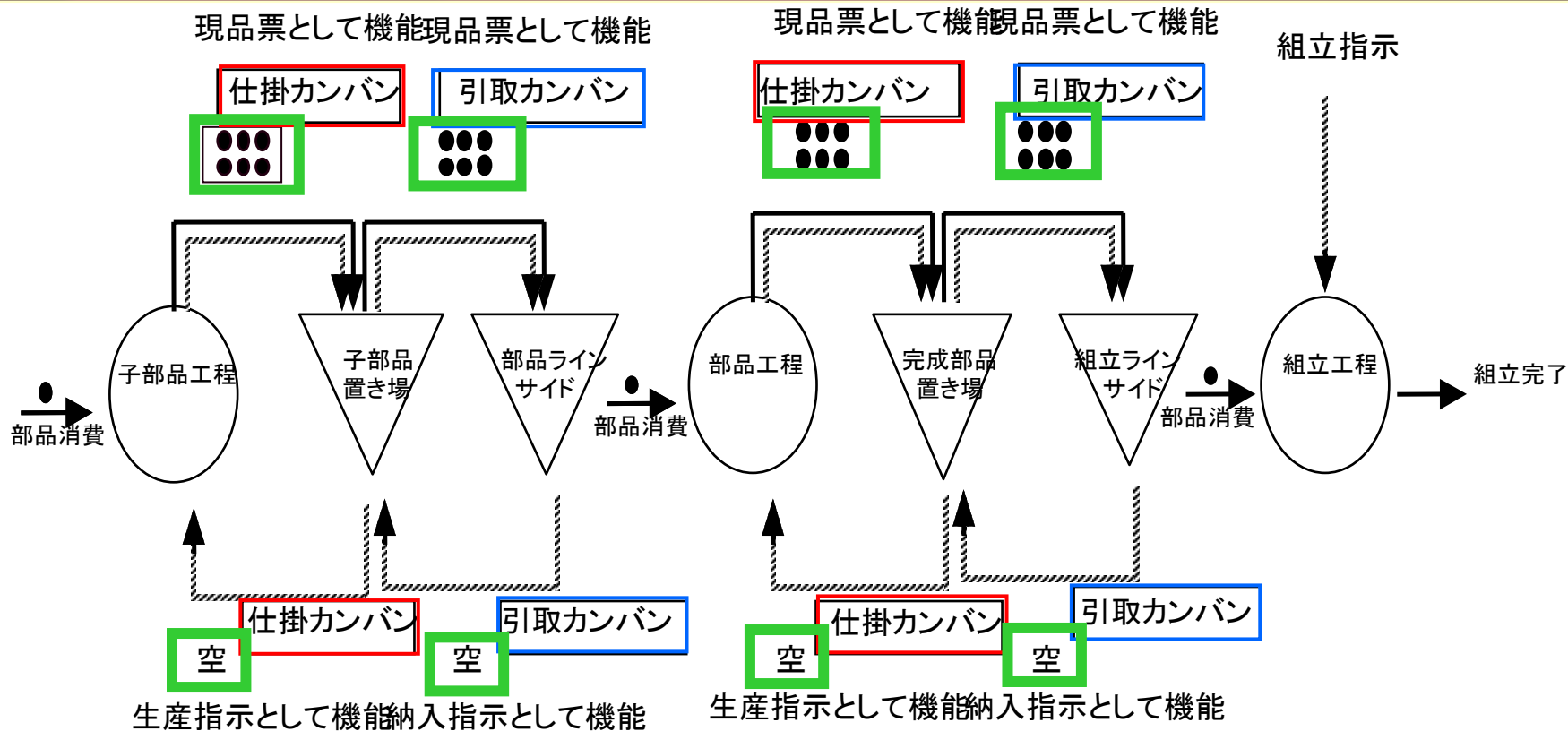
かんばんは、仕掛部品 n 個の入った
規格化されたコンテナと共に動く。(コンテナの影)

コンテナ数(N) = かんばん枚数

コンテナ(部品)の移動スピード = カンバンのスピード

(モノと情報の同期化)

カンバン、コンテナ、現品の流れ



資料:新郷重夫、前掲書を参考に筆者作成。

凡例: 部品箱 ●●●● 部品現物 現物の流れ 情報の流れ カンバン カンバン

カンバンの機能は、コンテナの状態によって変化する

(1) 部品満載のコンテナに付いている時(往路):

・・・カンバンは「現品票」

(2) 返りのカラ箱に付いている場合(復路)

・・・カンバンは「納入指示票」「生産指示票」

スキーリフトのアナロジー

スキーリフトのチェアをコンテナ、人を部品と考える
平準化した動き

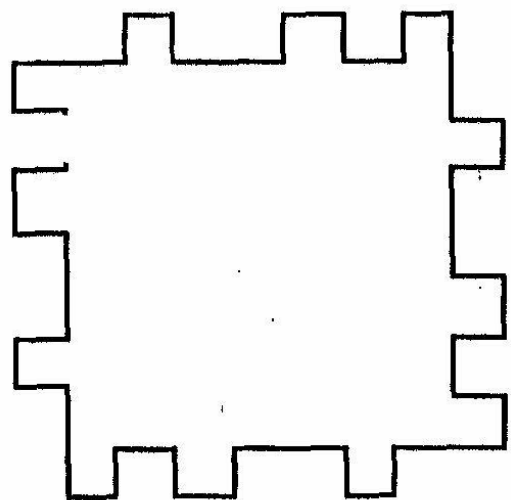
山頂で降りた人の分だけ、空き座席が出来る(空き箱の発生)

座席数(収容数)は決まっている(1座席、2座席、3座席・・・)

山腹で空き座席が来たら乗る。発車時刻は決めない(定量不定期)

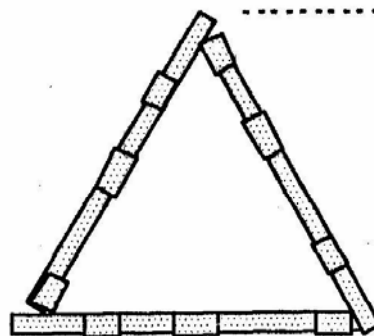
かんぱん実験・・・製品を設計図

部品図

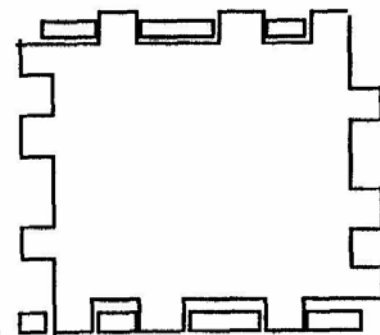


X3

製品組立図



正面図



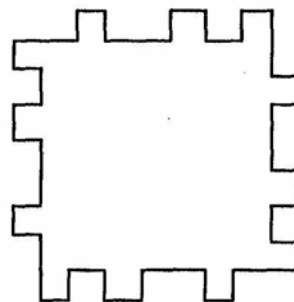
側面図

中空の三角柱

かんぱん実験・・・上流工程の作業標準

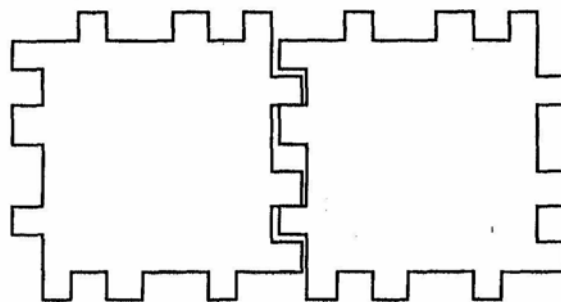
第1工程の作業標準

(1) プレート



を2枚用意する。

(2) 2枚を次の様に接合する。

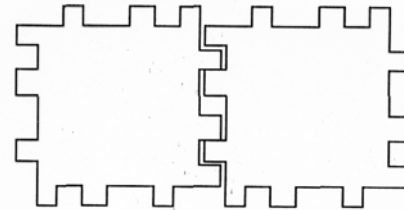


(3) 出来上がった部品 (サブアッセンブリー) を コンテナに入れる。

かんぱん実験・・・下流工程の作業標準

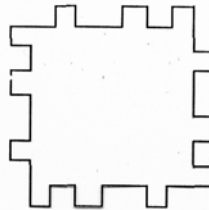
第2工程の作業標準

(1) 第1工程から来た部品

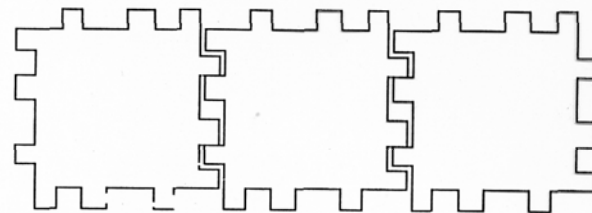


の品質をチェックする。

(2) これに手持ちの部品

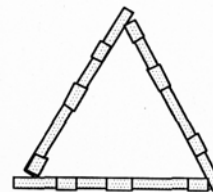


を接合して



を作る。

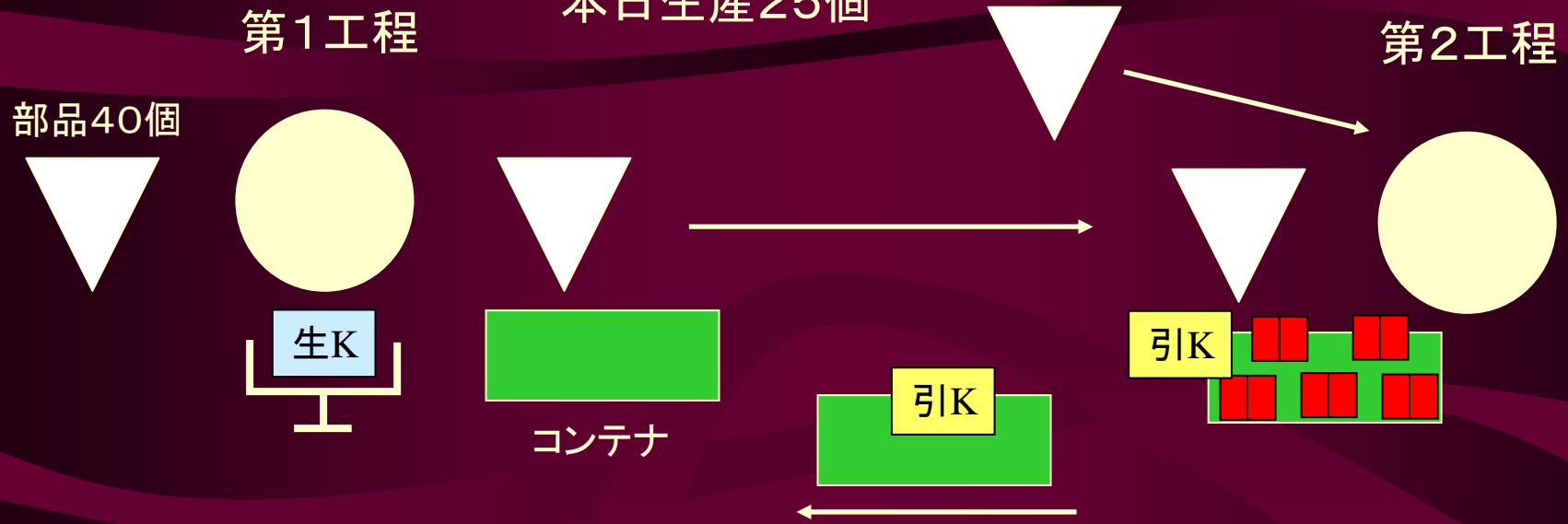
(3) さらに両端を接合して、中空の三角柱



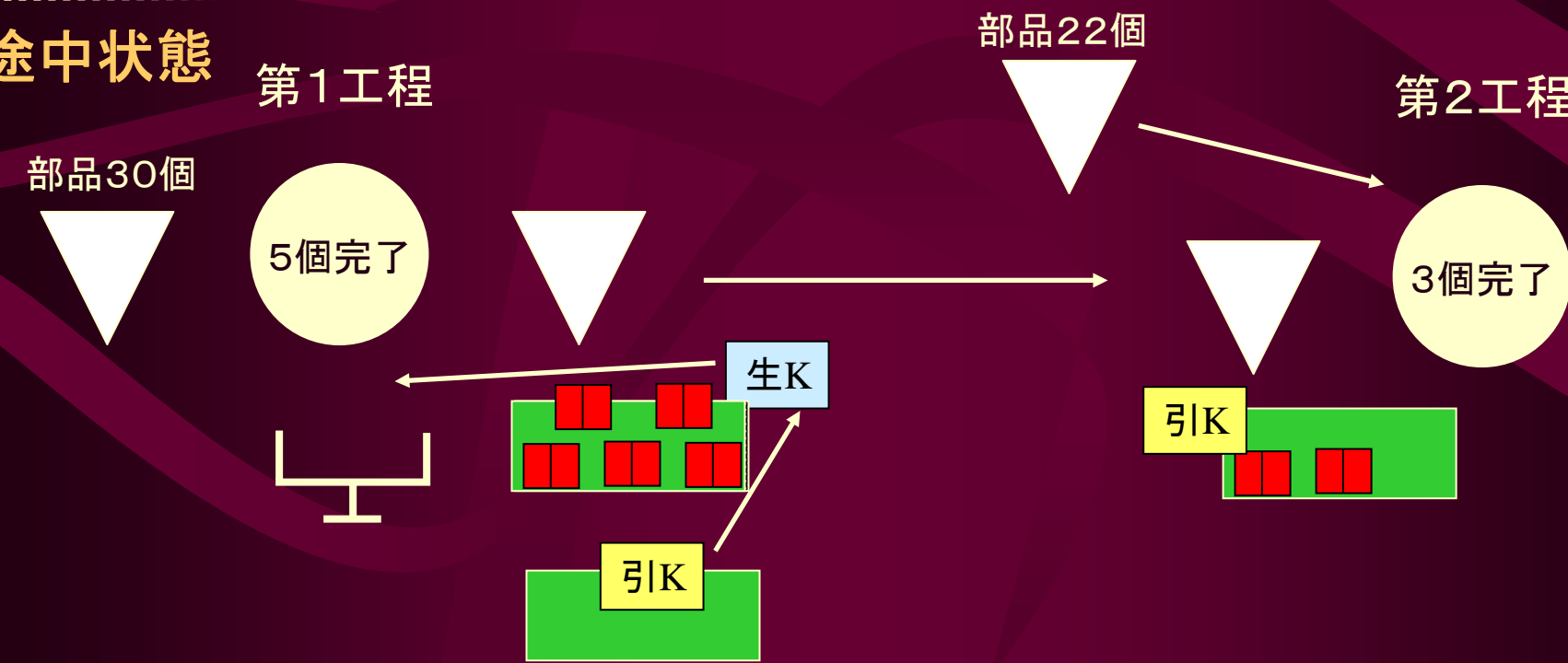
を作る。

(4) 出来上がった製品の品質をチェックし、良品をコンテナに入れる。

初期状態



途中状態



引き取りカンバン

部品名：サブアッセンブリー(2枚一組)

前工程＝第1工程

後工程＝第2工程

コンテナ収容数＝5

引き取りカンバン

部品名：サブアッセンブリー(2枚一組)

前工程＝第1工程

後工程＝第2工程

コンテナ収容数＝5

生産指示カンバン

部品名：サブアッセンブリー(2枚一組)

工程＝第1工程

生産個数＝5

カンバン枚数 N (=コンテナ数) の決定

$$N = (Q + B) / n$$

後工程の需要スピード(一定、确实) = d

納入即再発注(余裕時間ゼロ)とすれば

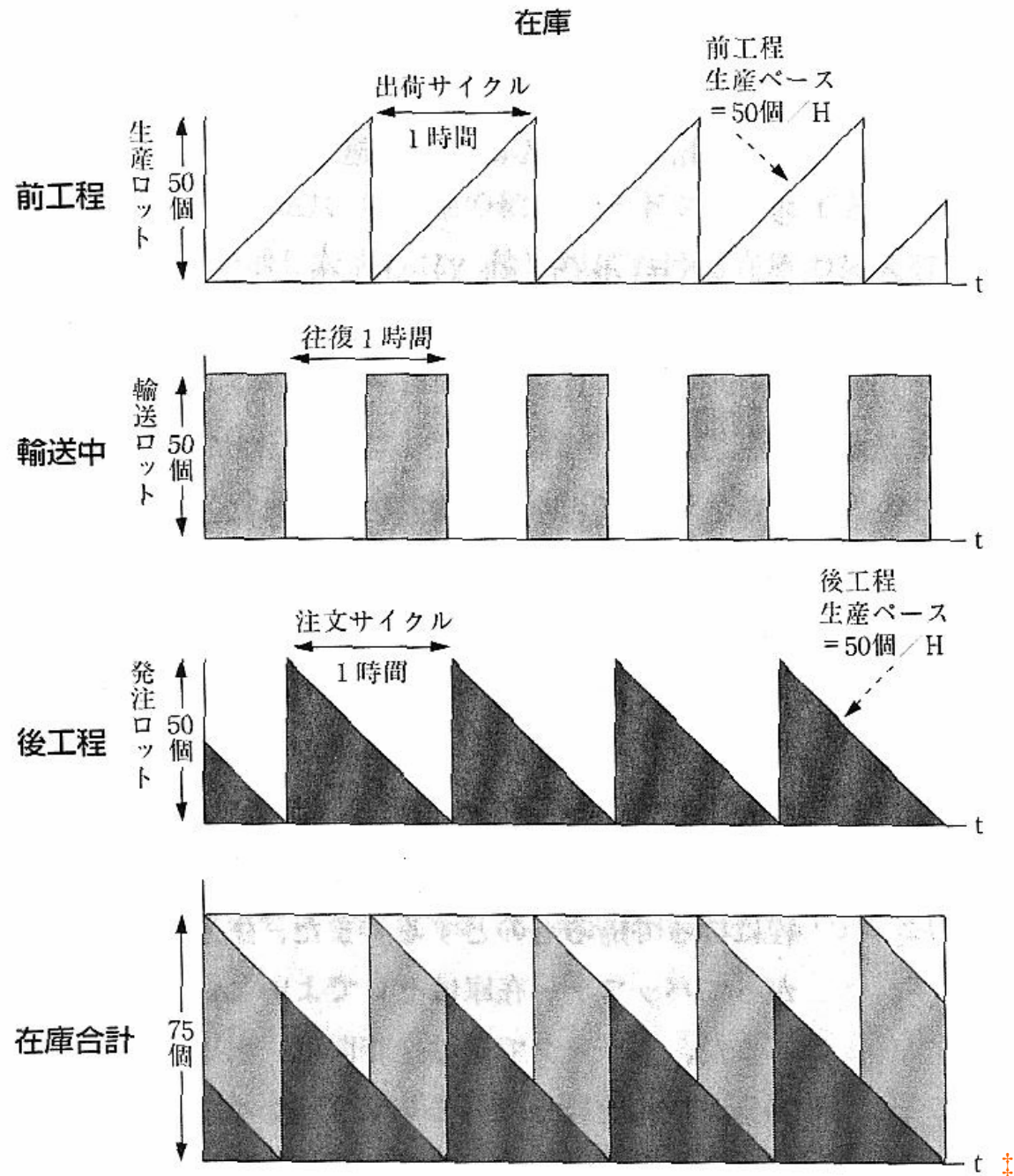
$$N = (d \cdot t + B) / n$$

ただし、 t = 前工程の納入リードタイム

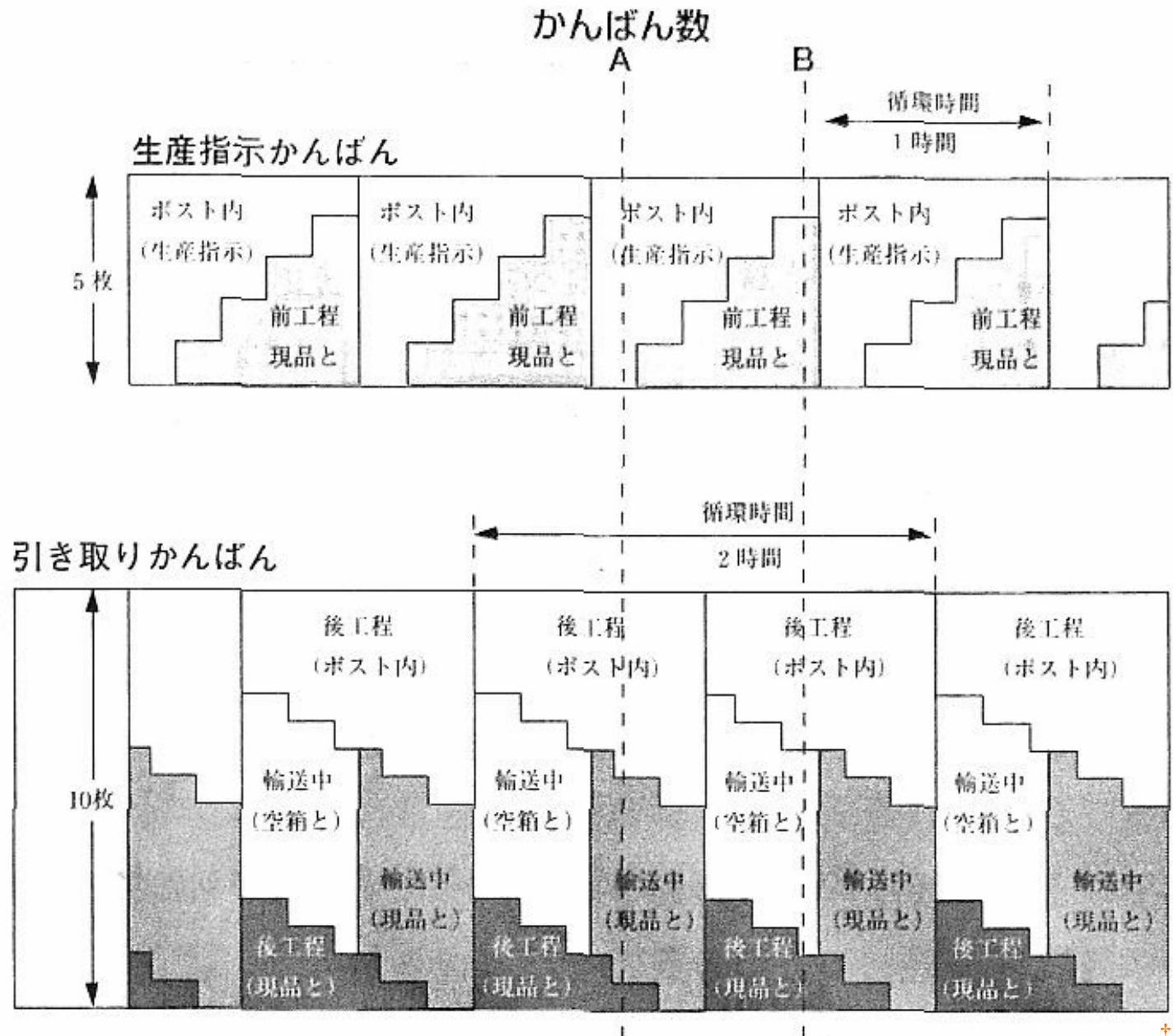
= コンテナが前工程 \leftrightarrow 後工程を一巡する時間

= 引取K循環時間 + 生産K循環時間

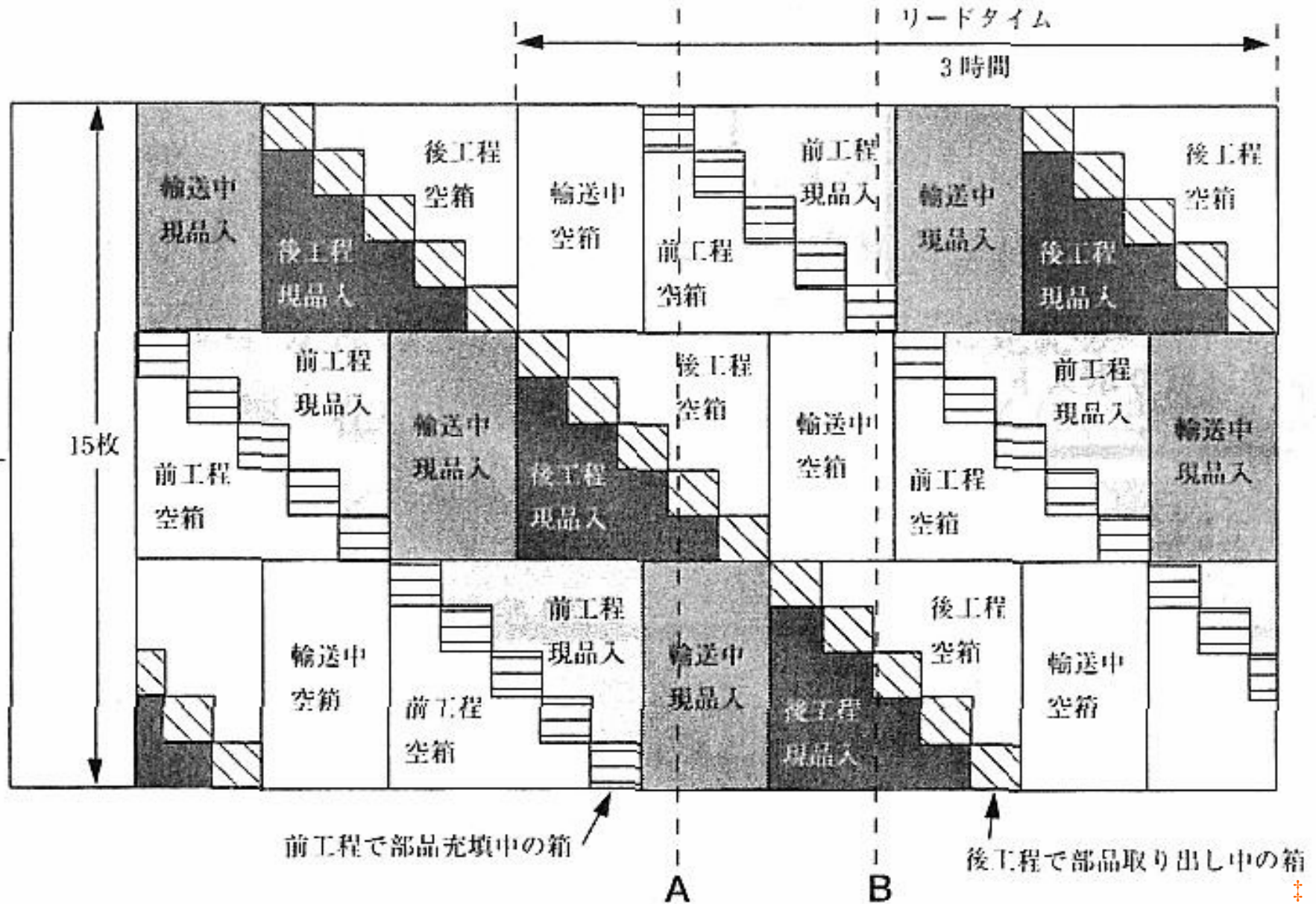
かんばんシステムの事例



(続き)

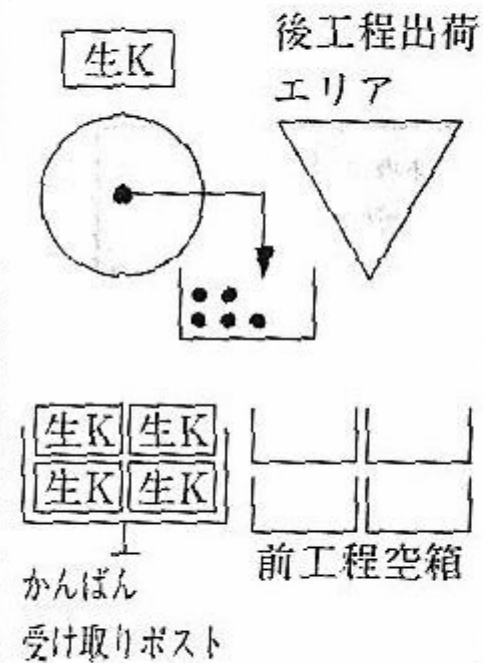


コンテナ数

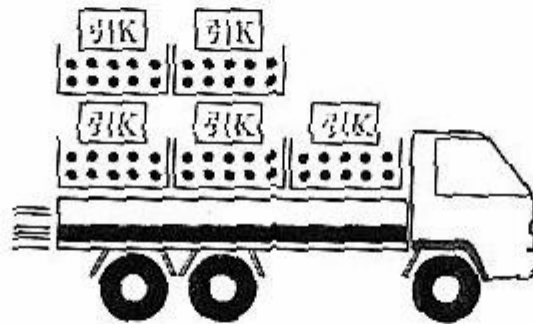
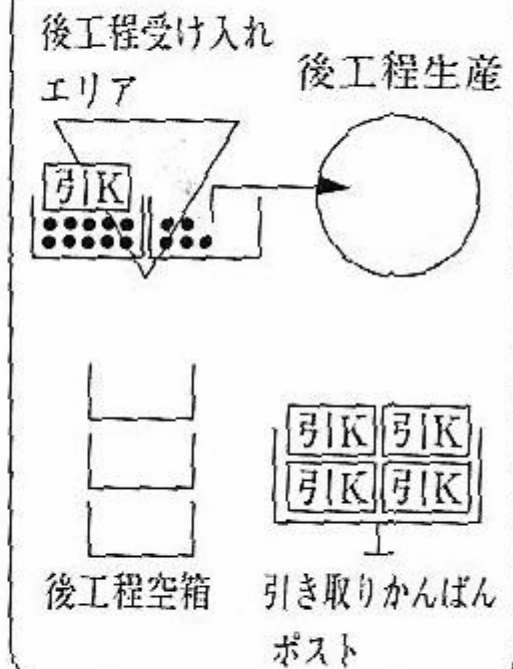


(a) かんぱんシステムのスナップショット (時点AA)

前工程



後工程



●●●●部品

☐コンテナ(10個収容)

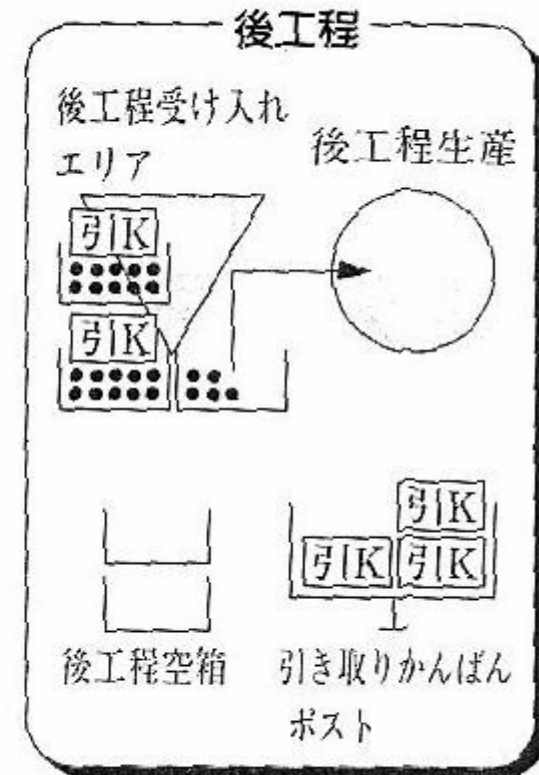
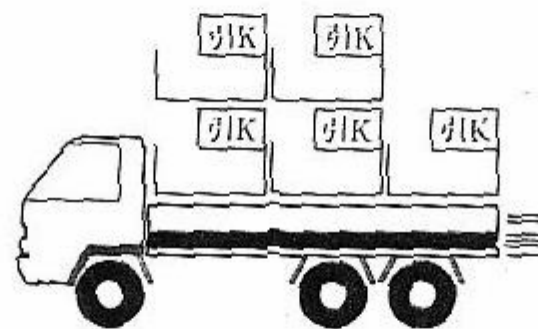
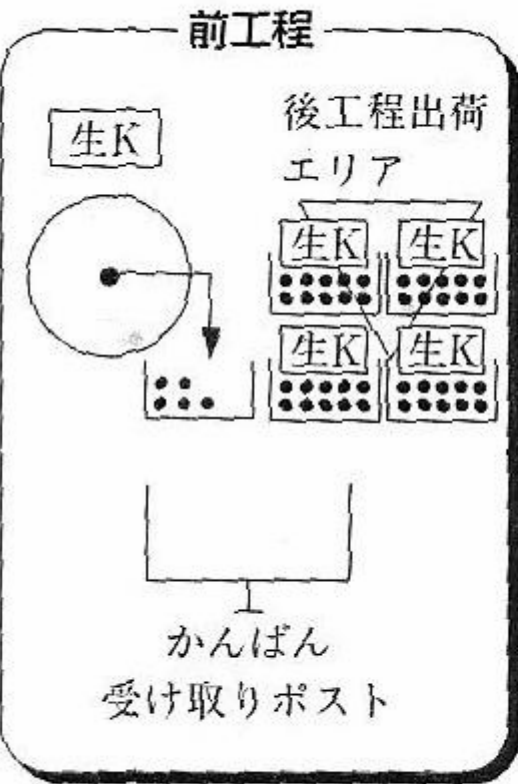
引K

引き取りかんぱん

生K

生産かんぱん

(b) かんぱんシステムのスナップショット (時点BB)



●●●●● 部品

☐ コンテナ (10個収容)

引K

引き取りかんぱん

生K

生産かんぱん

カンバン枚数の削減による生産改善

EOQ(最適経済ロット)で最適カンバン枚数を計算する？

$$N = (EOQ + B) / n \quad (\text{右辺} \rightarrow \text{左辺})$$

・・・しかしこれは静態的な均衡概念。改善の発想がない。

むしろ、**かんばん枚数の低減努力**を通じて、生産の改善を。
(左辺→右辺)

(1) 生産・物流の改善 → **リードタイム(t)短縮**

(2) **余裕時間の削減**

(3) 生産の平準化・安定化 → **安全在庫量(B)削減**

かんばん方式とMRPの対比

両者とも、**マスタースケジュール(基本生産計画)**に基づく
→ **部品展開(parts explosion)**して所要量を計算する

かんばんは、**平準化**、**均一なサイクルタイム**が前提。
そのかわり「**リードタイム相殺**」はしない。

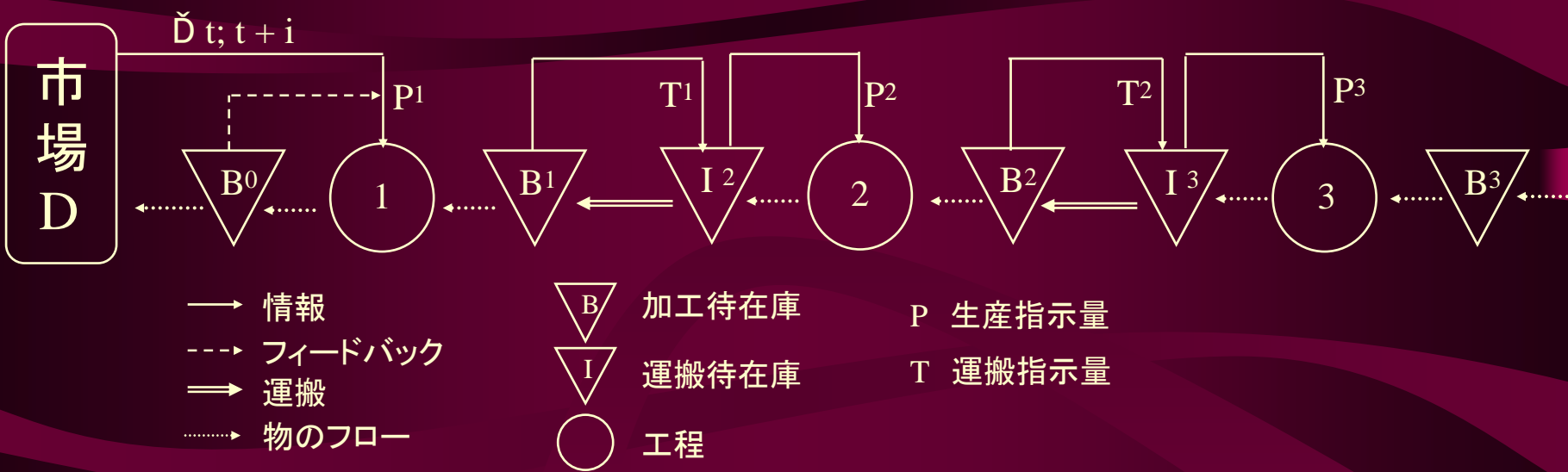
かんばんは「**引っぱり方式**」、MRPは「**押しだし方式**」。

MRPには、かんばんに相当する**生産指示**の手段が無い。

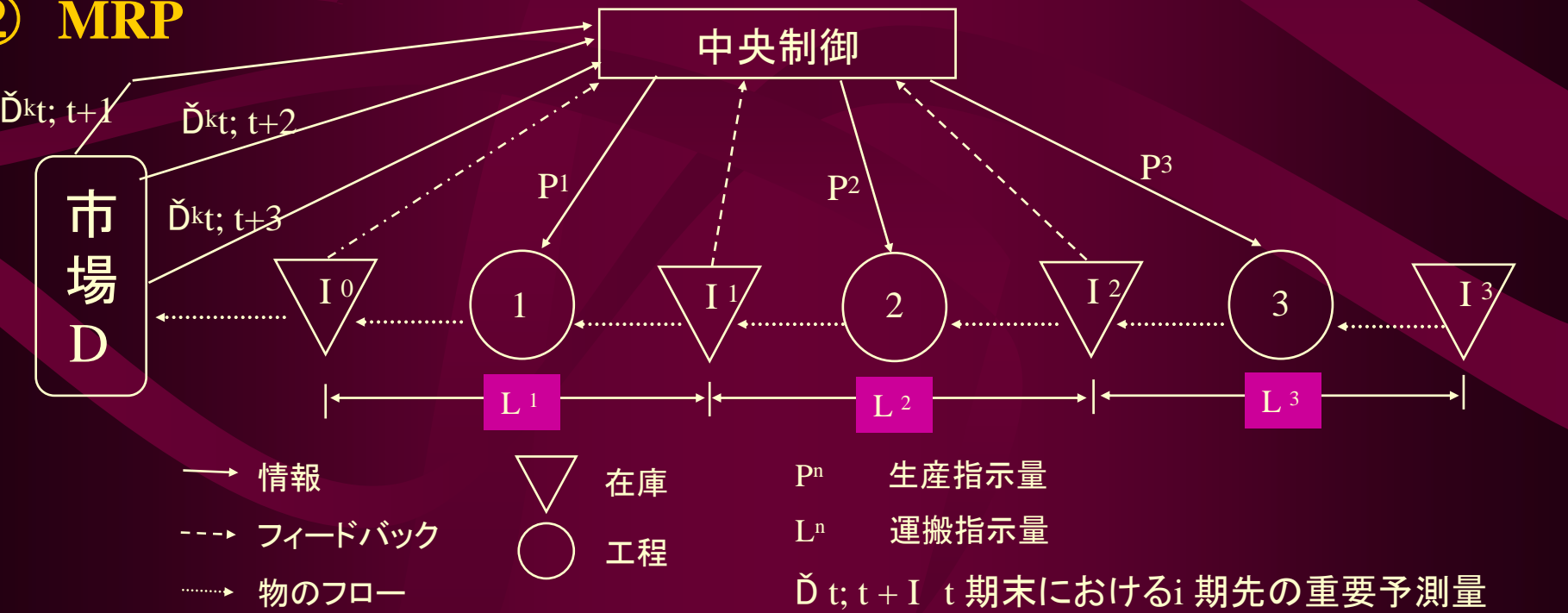
MRPには、計画からずれたときの**微調整手段**、**改善メカニズム**
が内蔵されていない。

MRP(計画)とかんばん(実施・微調整)は**補完的**に併用可能。

① カンバン方式



② MRP



参考：待ち行列問題と在庫問題の比較

	① インプット(到着)	② 待ち 停滞、在庫	③ アウトプット(処理)
① EOQ 問題 (オーダーロット決定)	<p>累積インプット</p> <p>在庫到着量は確定値 オーダーロット=Q</p> <p>t</p>	<p>在庫</p> <p>t</p>	<p>累積アウトプット</p> <p>在庫消費量は確定値</p> <p>t</p>
② EOQ 問題 (生産ロット決定)	<p>累積インプット</p> <p>在庫到着量は確定値 生産ロット=Q</p> <p>t</p>	<p>在庫</p> <p>t</p>	<p>累積アウトプット</p> <p>在庫消費量は確定値</p> <p>t</p>
③ 安全在庫 決定問題	<p>累積インプット</p> <p>在庫到着量は確定値</p> <p>t</p> <p>(オーダーロット問題のケース)</p>	<p>在庫</p> <p>B</p> <p>安全在庫水準=B</p> <p>t</p>	<p>累積アウトプット</p> <p>在庫消費量は確立分布に従う</p> <p>t</p>
④ 待行列問題	<p>累積到着人数</p> <p>(到着)</p> <p>$\tilde{A}(t)$</p> <p>t</p> <p>到着ペースは確率分布に従う</p>	<p>待ち行列</p> <p>t</p> <p>伸縮する</p>	<p>累積処理人数</p> <p>〈サービス・レシオ〉</p> <p>t</p> <p>処理ペースは確率分布に従う</p>