

# 산업공학 개론

## 제 14 장. 재고물류관리

# 재고의 특징

- **재고 (Inventory, Stock)**
  - 재화의 저장품
  - 생산에 필요한 요소들의 저장
    - 사람, 자본, 에너지 시설, 원자재, 완제품, 공정중재고(Work In Process)
  - ...
- **재고 분석**
  - 언제, 얼마나 주문 또는 생산을 할 것인가를 결정
- **재고의 목적**
  - 작업의 독립성을 유지
  - 불확실성의 극복 : 수요의 변화에 적응
  - 운영의 편의 : 생산 계획 수립에 융통성 부여, 원자재 배달 시간이 일정치 않은 경우에 대처
  - 규모의 경제 : 경제적인 구입주문의 결정에 필요

# 조직체가 재고를 보유하는 이유

- **근본적 이유**
  - 정확히 필요한 시간대에 정확한 양을 취득하는 것이 불가능
  - 정확히 필요한 시간대에 정확한 양을 취득하는 것이 비경제적임
- **2차적 이유**
  - 투자에 대한 만족할 만한 수익: 재고 투자
  - 불확실성을 줄이기 위한 완충효과: 재고 고갈에 대한 대책
  - 작업을 분리함: 공정중 재고, 각 작업의 독립성
  - 유연한 생산: 총괄계획에서 재고를 둠으로써 생산율, 노동력 변동시 발생하는 높은 비용 회피
  - 자재 취급 비용의 감소: 작업 사이에 부품 쌓아 둠
  - 부품 패밀리 생산의 허용: 유사 부품 생산에 유용
  - 가격 변화 이용
  - 대량 구입: 규모의 경제
  - 고객에 대한 전시

# 재고의 기능적 분류

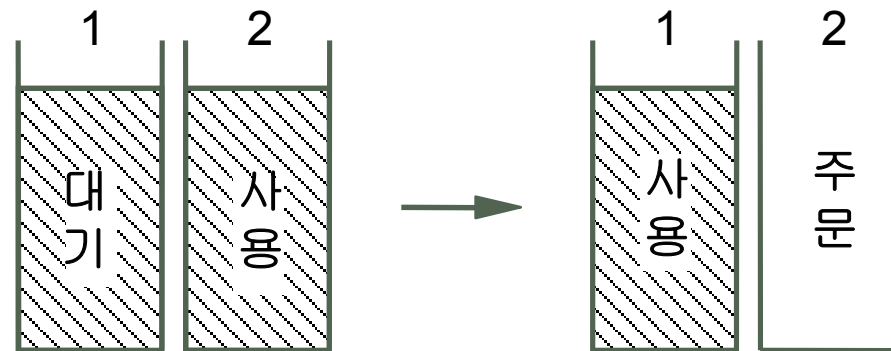
- **Cycle Stock**
  - 규모의 경제(Economy of scale : lot size )
  - 대량 구매 시 가격 할인(Quantity Discount)
- **Safety Stock**
  - 불확실성
- **Anticipation Inventory**
  - 대량 수요 발생 기대
- **Pipeline Inventory (WIP)**
  - 가공품(Work In Process) 재고
  - 조립공장의 경우
- **Decoupling Stock**
  - 완충재고 : 생산 편의를 위한 buffer stock

# 재고관련 의사결정

- 재고시스템의 결정 변수
  - 일정주문주기(T), 재주문수준(r)
  - 일정주문량(Q), 보충주문량(S)
- 대표적 주문 시스템
  - Q/r 재고시스템: 재주문점(r) 도달시 일정량(Q) 주문
  - 정기 주문 재고 시스템: 정해진 시간 간격(T)에만 재고조사, 정해진 수준을 채울 수 있는 양(S)만큼 주문하여 보충
- 영향을 주는 요인들
  - Cost Factors : 단위당 가격, 재고 유지비용, 주문비용 or setup cost, 재고고갈비용, expediting cost, spoilage cost, 재고시스템 운영비
  - Demand Patterns : 가용성, 계절성(seasonality), 광고의 영향(promotions), 예측가능성, 종속적 수요, 대체품, ...
  - Service Requirements: 고객 수요 예측치, 경쟁상황, 인도기간, 주문처리, 대량 구매 고객에 대한 서비스
  - Ordering Characteristics : 주문시간, 주문량, 대량 주문에 대한 정보, 주문처리
  - Supply Situations : 인도기간(lead times), 신뢰도, 유연성, 제품상태(perishable), 최소주문량, 가격할인, 가용성
  - Other Issues : ABC pattern, 재고의 위치

# 재고관리 : 경험적 방법

- Two-Bin System



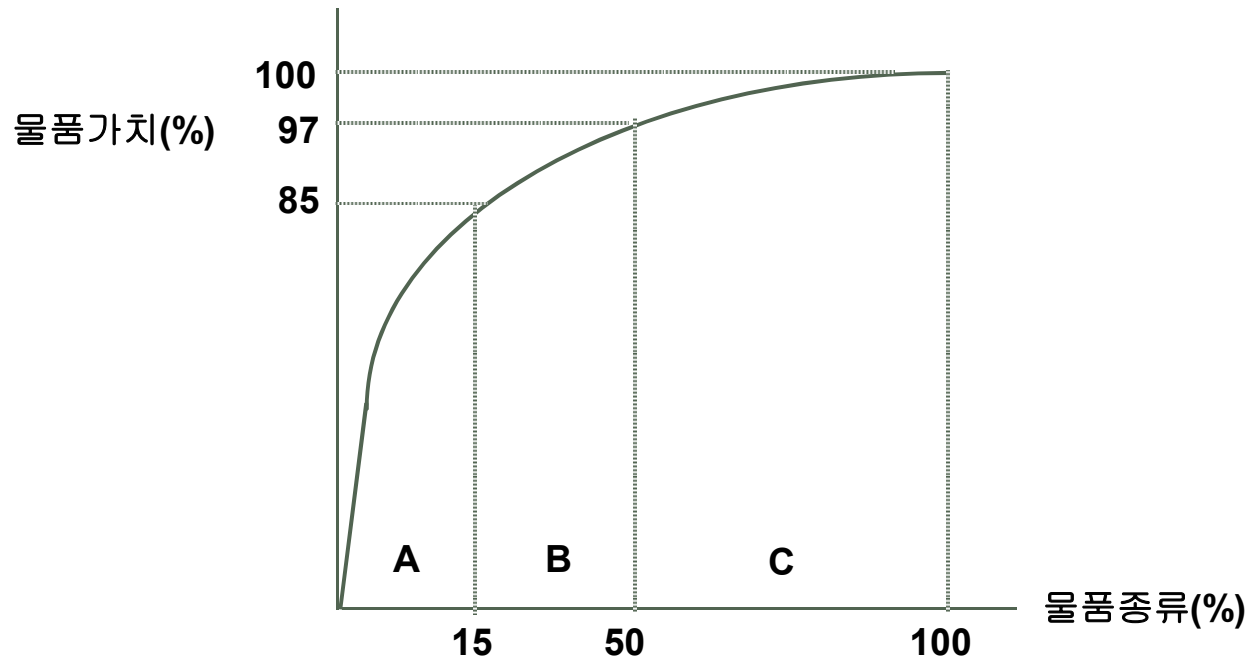
- Kanban System
- Visual Review System

- 적용 대상

- 소품종 대량생산
- 안정적 수요 및 가격 상황

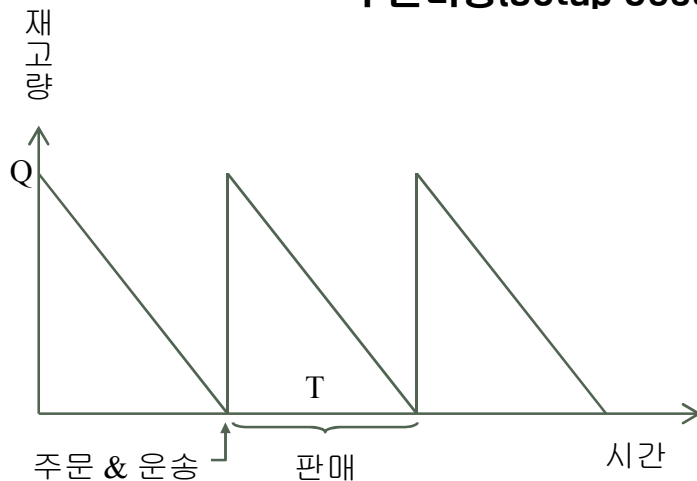
# 재고관리 : ABC 재고분류

- A품목 : 고가품 (매출은 크나, 수량은 적다)
- B품목 : 일반 제품 (관리대상 : 매출, 수량 적절)
- C품목 : 저가품 (매출은 적으나, 수량은 많다)



# 재고관리 : 경제적 주문량 (EOQ)

- 수리적 재고 모형 : 확정적 모형, 확률적 모형
- Economic Order Quantity 모형
  - Harris, "How Many Parts to Make at Once.", 1913.
    - 대표적인 확정적 모형
    - 주문비용(Setup Cost)과 재고유지비용(Holding Cost)의 균형



## • 생산시스템에 대한 가정

### 1. 순간적인 주문(생산)

□ 전 로트를 주문해서 창고를 채우는데 용량, 시간 제한 없음

### 2. 즉시 배달

□ 생산과 주문은 시간지연(time lag) 없이 즉시 만족된다.

### 3. 확정적 수요

### 4. 시간에 따라 균등하게 배분된 수요

### 5. 한 번의 생산에는 한 번의 준비비가 필요.

□ 준비비는 로트의 크기나 공장의 상태와 무관하게 일정하다.

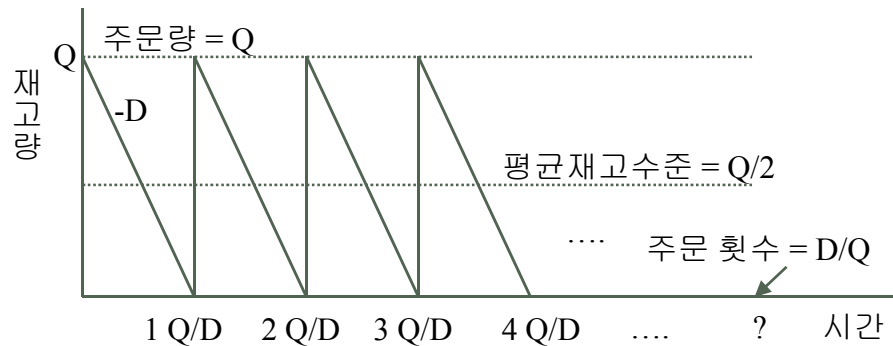
### 6. 단일 제품, 혹은 구분 가능한 제품군(생산은 동일하게 분석 가능)

□ 단 하나의 생산뿐이거나 생산들을 확실히 구별지을 수 있는 조건이 존재함



# EOQ의 유도

## EOQ 모형의 유도



- D : 수요율(연간 수요 단위)
- c : 단위 생산 비용(단위당 비용, 준비비와 재고 비용은 제외)
- A : 한 로트의 생산(구매)에 드는 고정 준비비(주문비)
- h : 유지비(단위당 연간 비용) : 재고에 묶인 자금을 대한 이자가 유지비를 구성한다고 하고, 연 이자율이  $i$ 라고 하면, 유지비  $h = ic$ 가 된다.
- Q : 로트 크기

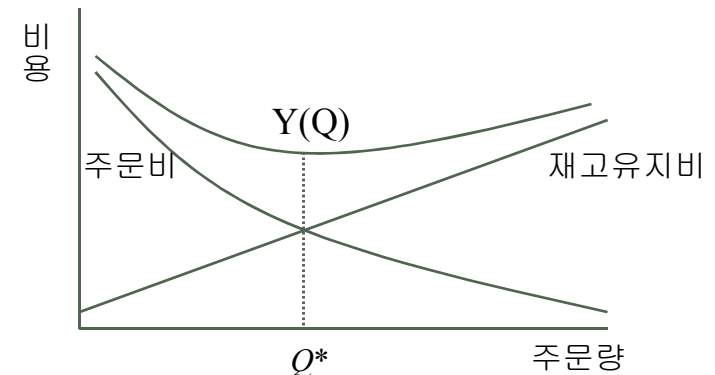
연간 총비용 = (재고유지비)+(주문비)+(생산비)

$$\text{연간 총비용} = D \cdot Y(Q) = \frac{Q}{2} \cdot h + \frac{D}{Q} \cdot A + D \cdot c$$

$$\text{단위당 총비용} = Y(Q) = \frac{Q}{2} \cdot h \cdot \frac{1}{D} + \frac{A}{Q} + c = \frac{hQ}{2D} + \frac{A}{Q} + c$$

$$\frac{dY(Q)}{dQ} = \frac{h}{2D} - \frac{A}{Q^2} = 0 \rightarrow Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}}$$

- 평균 재고량 =  $Q/2$
- 주문 주기 =  $Q/D$
- 연간 주문 횟수 =  $D/Q$  회



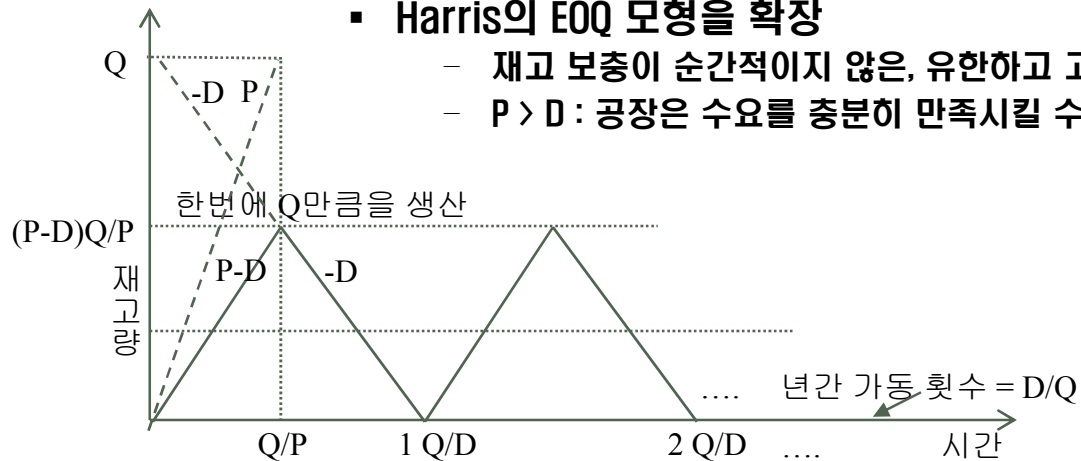
# 재고관리 : 경제적 생산량 (EPQ)

## ▪ Economic Production Quantity 모형

- Taft, 1913.

### ▪ Harris의 EOQ 모형을 확장

- 재고 보충이 순간적이지 않은, 유한하고 고정된 생산률(P)을 가정.
- $P > D$ : 공장은 수요를 충분히 충족시킬 수 있는 생산 능력을 가짐.



- 평균 재고량 =  $(P-D) \cdot \frac{Q}{P} \cdot \frac{1}{2} = \left(1 - \frac{D}{P}\right) \cdot \frac{Q}{2}$
- 주문 주기 =  $Q/D$
- 연간 주문 횟수 =  $D/Q$  회

$$\text{연간 총비용} = T(Q) = h \left(1 - \frac{D}{P}\right) \frac{Q}{2} + \frac{AD}{Q} + Dc$$

$$\frac{dT(Q)}{dQ} = h \left(1 - \frac{D}{P}\right) \frac{1}{2} - \frac{AD}{Q^2} = 0 \rightarrow Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h \cdot (1 - D/P)}}$$

-  $P \rightarrow \infty$ 로 할 경우,  
EOQ 모형과 동일해짐.

# 인도기간이 있는 확정적 모델

- 재고량이  $R^*$  지점이 되는 때에  $Q^*$  만큼의 제품을 주문한다.

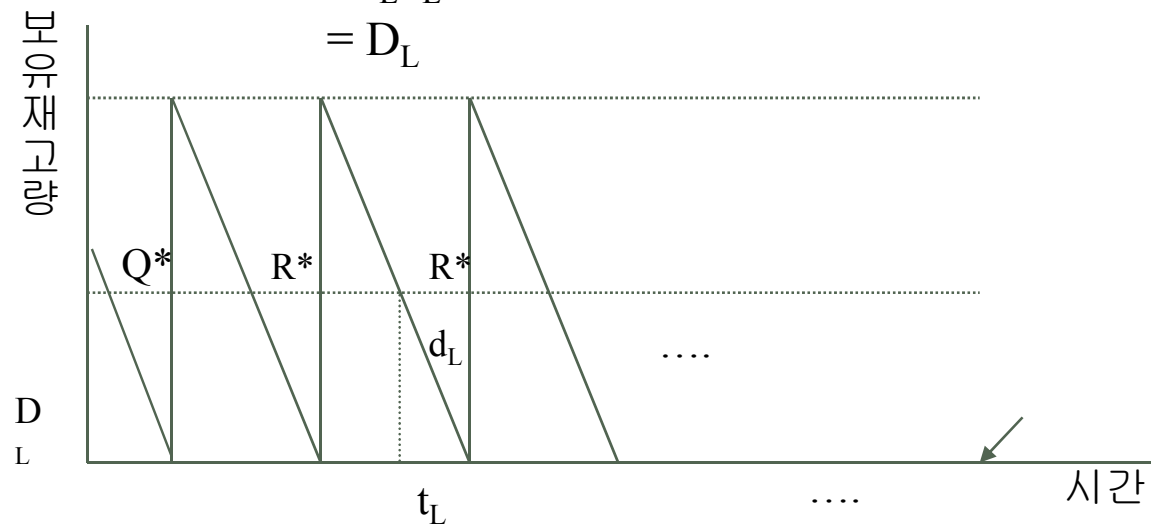
$R^* = \text{안전재고} + \text{인도기간중의 수요}$

*이 경우, 안전재고는 없으므로,*

$R^* = \text{인도기간} * \text{단위시간당 수요}$

$$= t_L d_L$$

$$= D_L$$



# 가격할인 모형

- **상황**

- 주문량이 많을 수록 싸게 살 수 있는 경우
- 수요가 확정적, 물품 인도 즉시 수행

- **해법**

- 스케치

- 가장 낮은 비용곡선에서 최소 비용을 찾아 내고, 이 해의 가능성을 확인
- 가능하지 않으면, 가격 분기점에서의 비용 계산
- 높은 비용 곡선에 대해서 같은 식으로 비용을 계산하는 과정을 반복함.

# 재고관리 : 확률적 모형

## ▪ (Q,r) 모형

- Q : 재주문량, r : 재주문점
- 재고수준이 r에 도달하면, Q만큼 주문한다. 주문시점부터 인도기간 l 후, 재고 도착
- 재고주문 후, l 후기간 동안, 재고고갈이 발생할 확률에 대한 대처

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D \cdot (A + b \cdot n(r))}{h}} \quad b: \text{재고고갈에 따른 손실비용}$$

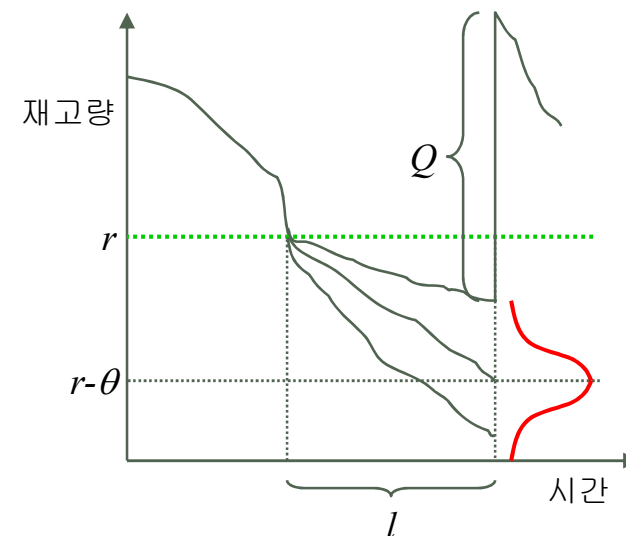
$$G(r^*) = 1 - \frac{h \cdot Q}{b \cdot D}$$

재고고갈이 일어날 확률을 얼마에 맞출 것인가? -> r 결정

- l 기간동안 안전재고(s)의 결정

$$s = \hat{x}_L + k\sigma_L$$

$$(k = \sqrt{2 * \ln \left[ \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} \left( \frac{b}{A} \right) \left( \frac{\sigma_L}{Q} \right) \left( \frac{EOQ}{\sigma_L} \right)^2 \right]})$$



# 재고관리 : MRP, JIT

- **자재소요계획법 (MRP; Material Requirement Planning)**
  - 원자재 수준의 재고관리, 종속수요
  - 다품종 소량생산 및 다단계 생산
  - 불규칙 수요 및 가격 상황
- **JIT (Just in Time)**
  - 계획과 동일한 결과를 달성하기 위해 필요한 시기에 필요한 양만큼 필요한 제품을 정확히 생산하는 것.
    - 필요 없는 한 단위를 더 생산한 것은 한 단위가 부족한 것과 마찬가지로 비효율적이고, 낭비다.
    - 반복적인 제조활동에 JIT 개념의 적용이 가능
    - 이상적인 로트 크기는 1단위이다.
      - 재고 투자액을 최소화한다.
      - 생산 인도기간을 줄인다.
      - 수요 변화에 보다 빨리 대응한다.
      - 품질에 대한 모든 문제를 발견한다.
    - 재고에 대한 부정적인 인식 : 재고는 자산이 아니라 “모든 악의 근원이다” .
    - [높은 상호 신뢰를 바탕으로] 우발 상황을 전혀 고려하지 않는다.
      - 수취할 때 모든 부품의 정확하고, 생산할 필요가 있을 때 모든 기계를 이용할 수 있으며, 납기도 정시에 정확히 이루어 진다.