Journal of the KSQC
Vol. 16, No. 1, 1988

數量割引下의 統合生産在庫모델에 關한 研究

A Study on the Integrated Production-Inventory Model Under Quantity Discount

韓 榮 燮*
李 相 鎔*

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop the algorithm applicable to the integrated production inventory model under quantity discount.

To achieve this purpose, the integrated production inventory model which unifies the inventory problem of raw materials and the finished product for a single product manufacturing system is considered.

The product is manufactured in batches and the raw materials are obtained from outside suppliers but some of the raw materials are discounted according to the purchasing quantity.

The intergrated production inventory problem considered in this study is formulated by the nonlinear mixed integer programming model, and the optimal solution is obtained by using the algorithm developed by Goyal.

Then, the algorithm developed by this study is applied to the quantity discount problem, and the optimal solution is revised by this results.

The quantity discount algorithm of the integrated production inventory model developed by this study gives a systematic procedure to obtain the optimum policy to minimize the total cost in any case.

The numerical example involving 20 raw materials and 5 raw materials among them are discounted according to the purchasing quantity is given to verify the mathematical model and the algorithm developed in this study.

*建國大學校 産業工學科

1. 緖　論

在庫管理는 在庫로 因하여 發生되는 諸般費用을 極小로 하며, 生產에 必要한 資材를 所要時期까지 確實하게 供給하는데 있다.

그러나 在庫管理에 대한 大部分의 研究에서는 生產에 必要한 原資材가 가장 經濟的으로 調達됨을 默示的으로 假定하고 있으며 最終製品과 原資材의 關係를 考慮하지 않고 있다.

따라서 本 研究에서는 보다 實際的인 單一生產品目의 EPQ(Economic Production Quantity)모델과 生產에 必要한 資材들의 EOQ(Economic Ordering Quantity)모델을 合한 統合生產在庫모델과 이의 解法으로 合同調達問題(Joint Replenishment Problem)모델의 非線型 混合整數計劃法(Nonlinear Mixed Integer Programming Problem)을 活用하였다. (Goyal 1974)

그리고 여기에 實務上 많이 發生되는 數量割引을 添加함으로써 보다 包括的인 在庫모델의 解法을 考案하여 보았다.

2. 假定 및 記號의 定義

統合生產在庫모델을 定立하기 위한 假定과 記號는 아래와 같이 定義하였다.

(1) 記號의 定義

X : 製品의 年間需要量(個/年)

P : 製品의 年間生產量(個/年)

S : 生產準備費(원/回)

h : 製品 單位當年間在庫維持費(원/個/年)

T : 製品의 生產周期(年)

N : 製品의 年間生產回數($N=1/T$)

Q_0 : 經濟的生產量(EPQ)

n : 資材의 種數

S_j : j 番째 資材의 注文費

X_j : j 番째 資材의 年間需要量

h_j : j 番째 資材의 單位當 年間在庫維持費

N_j : j 番째 資材의 年間調達回數

K_j : j 番째 資材가 $K_j \cdot T$의 周期를 갖고 調達됨을 意味하는 正의 整數

Q_j^* : j 番째 資材의 經濟的 注文量(EOQ)

Cd_j : j 番째 資材의 價格割引率

QDP : j 番째 資材의 割引基準量(價格變更点)

P_j : j 番째 資材의 單價

(2) 假定

가) 最終製品에 대한 需要率은 X로 一定하다.

나) 最終製品의 生產率은 P로 一定하다.

다) 資材들은 外部의 각기 다른 供給者로부터 注文 即時 調達되며, 資材의 到着은 항상 製品生產의 始作과 一致한다.

라) 各 資材는 製品生產期間 동안에만 使用된다.

마) 各 資材의 在庫不足은 許容되지 않는다.

바) 各 資材들은 同一한 時間間隔으로 調達되며, 調達되는 資材들 中 적어도 한 資材는 每 生產마다 調達된다.

3. 統合生產在庫모델의 數學모델

製品은 어떤 製品이든 그림1과 같은 部品과 組立品으로 構成되는 製品構成圖(Product Structure)로 表現할 수 있다.

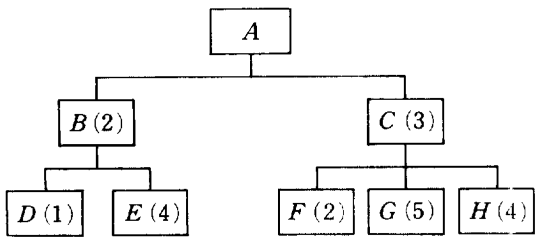

그림1. 一般的인 製品構成圖

그런데 製品의 構成이 이와 같이 되는 境遇, 最終製品인 A 製品은 獨立需要이기 때문에 E

PQ에 의해 回當發注量을 決定할 수 있지만 半製品, 部品등은 從屬需要이기 때문에 完製品의 需要量에 따라 EOQ 모델에 의해 回當發注量을 決定할 수 있다.

따라서 이와 같이 最終製品은 EPQ 모델, 그 構成品은 EOQ 모델에 依據 需要量을 補充한다고 假定하면 完製品과 構成品의 在庫量의 變化는 그림2 와 같이 나타낼 수 있다.(Goyal 1977)

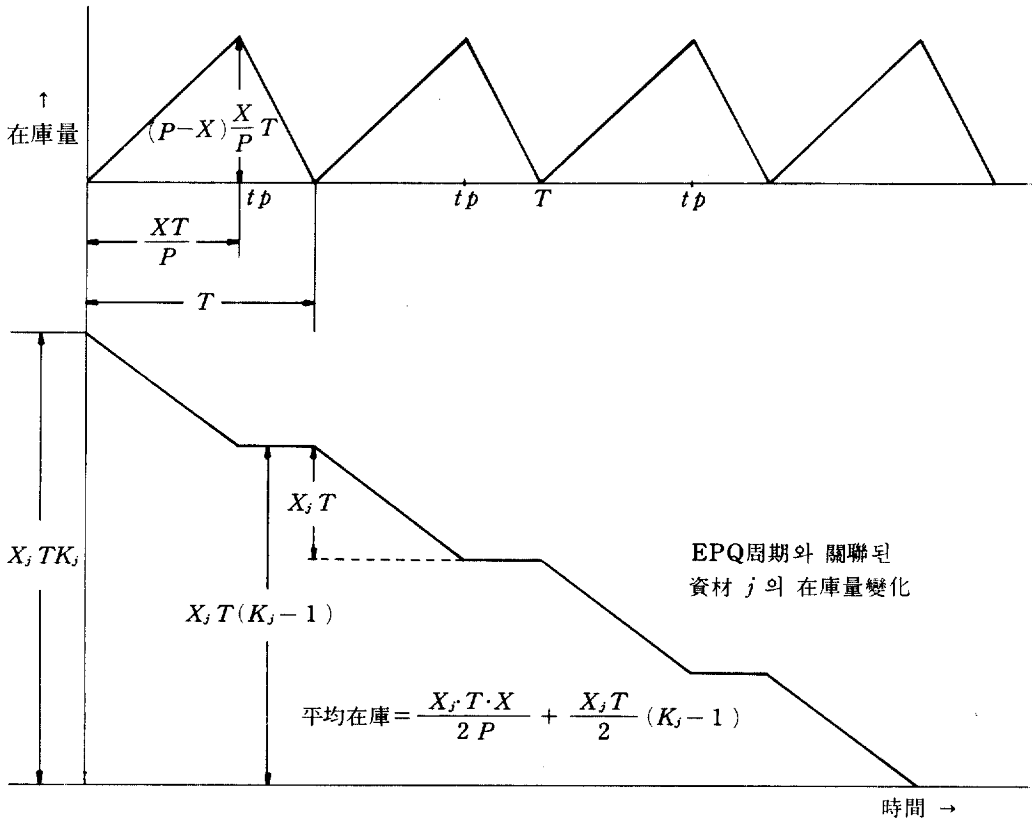

그림 2. $N=4$, $N_j=1$, $K_j=4$ 인 境遇의 最終製品과 j 番째 資材의 在庫量變化

그림 2 는 EPQ와 EOQ의 結合關係가 $K_j = N/N_j$ 의 形態로 構成되어 있음을 보여주며 K_j 의 意味는 EPQ의 周期가 EOQ의 周期보다 K_j 倍만큼 짧은 것을 나타낸다.

또한 K_j가 正의 整数임을 假定한 것은 總費用構成의 理論的 妥當性을 나타내기 위해서이며, 이것은 數量割引 適用에 가장 重要한 要素가 된다.

各 資材의 總費用合을 $R(N, K_j)$라 한다면 $R(N, K_j)$는 다음과 같이 된다.

$$R(N, K_j) = \sum_{j=1}^{n} \frac{S_j \cdot N}{K_j} + \sum_{j=1}^{n} \left\{ \frac{X_j \cdot X}{2 \cdot P \cdot N} + \frac{X_j(K_j-1)}{2 \cdot N} \right\} h_j \cdots (1)$$

여기서 發注費를 K_j로 나눈 것은 生産周期와 同一한 期間의 發注費로 만들기 위해서이다.

그리고 統合生産在庫모델의 總費用函數를 $TC(N, K_j's)$라 하면 이것은 다음과 같다. (Goyal, 1977)

$$TC(N, K_j{'}s) = F(N) + R(N, K_j)$$

여기서 $F(N)$은 EPQ모델로 假定된 最終製品의 總費用函數로서 이것은 一般的으로 다음과 같이 表現된다.

$$F(N) = S \cdot N + \frac{X}{2N} \cdot \frac{(P-X)}{P} \cdot h \cdots (2)$$

따라서 (1)式과 (2)式을 위式에 代入하면 다음과 같이 된다.

$$TC(N, K_j{'}s) = N \cdot S + \frac{X \cdot h}{2 \cdot N}\left(\frac{P-X}{P}\right) + \sum_{j=1}^{n} \left[\frac{S_j \cdot N}{K_j} + \left\{\frac{X_j \cdot X}{2 \cdot P \cdot N} + \frac{X_j(K-1)}{2 \cdot N}\right\} h_j\right] \cdots (3)$$

여기서 N, K_j만이 變數이므로 다음과 같이 常數項을 C로 놓는다.

$$C = h \cdot X - \frac{h \cdot X^2}{P} + \left(\frac{X}{P}\right) \sum_{j=1}^{n} X_j \cdot h_j - \sum_{j=1}^{n} X_j \cdot h_j$$

그리고 (3)式의 常數項을 C로 代置하면 다음과 같이 된다.

$$TC(N, K_j{'}s) = N\left(S + \sum_{j=1}^{n} \frac{S_j}{K_j}\right) + \frac{1}{2N}\left(C + \sum_{j=1}^{n} h_j \cdot X_j \cdot K_j\right) \cdots\cdots (4)$$

(4)式에서 變數 N는 連續變數(Continuous Variable)이고, 變數 K_j ($j = 1, 2, 3, 4 \cdots n$)는 離散變數(Discrete Variable)이다.

그리고 (4)式으로 表現되는 統合生產在庫모델의 總費用函數를 極小化하는 變數 N과 K_j를 求하는 것이 目的이기 때문에 이를 數學모델로 나타내면 다음과 같은 非線型 混合整數計劃모델이 된다.

$$極小化: TC(N, K_j{'}s) = N\left(S + \sum_{j=1}^{n} \frac{S_j}{K_j}\right) + \frac{1}{2N}\left(C + \sum_{j=1}^{n} h_j \cdot X_j \cdot K_j\right)$$

制限 : $K_j \geq 1$인 整數, $N > 0$

$j = 1, 2, 3, \cdots, n$

$\cdots\cdots$ (5)

4. 合同調達問題모델과 統合生產在庫모델의 關係

合同調達問題는 製品을 뱃치로 生產하는 境遇, 알고 있는 데이타인 生產發注費(S), 各品目(Item)의 包裝發注費(S_j : Packing Set-up Cost)과 在庫維持費(h_j)등이 주어졌을때 發注費用과 在庫維持費用의 合을 最小로 하는 製品의 經濟的 生產回數(N)와 各 品目의 經濟的 包裝回數(N_j)를 決定하는 問題이다.

合同調達問題에 關한 代表的인 論文으로는 Andres and Emmons(1976), Goyal(1973), Nocturn(1973), Shu(1971), Silver(1976) 등의 論文을 들수 있으며, 合同調達問題의 數學모델은 다음의 (6)式으로 모델化된 非線型 混合整數計劃모델이다.

$$極小化: N\left(S + \sum_{j=1}^{n} \frac{S_j}{K_j}\right) + \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^{n} h_j \cdot X_j \cdot K_j$$

制限 : $K_j \geq 1$인 整數,

$N > 0$, $j = 1, 2, 3 \cdots n$ $\cdots\cdots$ (6)

(5)式과 (6)式으로부터 統合生産在庫모델의 目的函數는 常數 C가 添加된 合同調達問題의 目的函數와 一致함을 알 수 있다. 따라서 統合生産在庫모델의 最適解를 求하기 위하여 Goyal(1974)이 考案한 合同調達問題의 限定된 明示的列擧法(Finite Explicit Enumeration Method)을 無理없이 應用할 수 있음을 알 수 있다.

5. 統合生産在庫모델의 最適解 알고리즘

統合生産在庫모델의 決定變數는 N과 K_j이다.

따라서 이것을 決定하기 위하여 Goyal(1974)에 의해 設計된 알고리즘을 要約하면 다음과 같다.

節次 1) 다음 公式을 使用하여 모든 組合의 最小값인 N_1을 計算한다.

$$N_1=\{(C+\sum_{j=1}^{n} h_j\cdot X_j)/2(S+\sum_{j=1}^{n} S_j)\}^{\frac{1}{2}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

節次 2) 各 資材에 대한 $n_j=(h_j\cdot X_j/2\cdot S_j)^{\frac{1}{2}}$를 決定하고 크기 順으로 羅列한後 이 中 가장 큰 값을 n_1이라 한다.

節次 3) 各 資材에 대한 $K_j(N)$의 값을 $(K_j(N)+1)$로 1씩 增加시키면서 計算하고 $N_1 \leqq N_0 \leqq n_1$가 되는 範圍 內에서 生産回數의 上限인 n_1을 決定한다.

節次 4) 各 組合에 대하여 (8)式 및 (9) 式에 依據 A_i와 B_i값을 求한다.

$$A_i=S+\sum_{j=1}^{n}\frac{S_j}{K_j(i^*)} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (8)$$

$$B_i=C+\sum_{j=1}^{n} h_j\cdot X_j\cdot K_j(i^*)$$

$$i=1,\ 2,\ 3,\ \cdots,\ z \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (9)$$

여기서 $K_j(i^*)$는 i番째 組合의 K_j값을 意味한다.

節次 5) i값을 1에서 z까지 變化시키면 A_i와 B_i의 積을 求한다. 그러면 A_i와 B_i의 積이 最少인 組合이 最適政策이 된다.

節次 6) 다음 (10)式에 依據 最適生産回數 N_0를 求한다.

$$N_0=\sqrt{\frac{B_x}{2\cdot A_x}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (10)$$

여기서 $A_x\cdot B_x$는 i를 1에서부터 z까지 變化시키면서 計算한 A_i와 B_i값을 곱한 값中 가장 작은 값을 意味한다. 즉 $A_x\cdot B_x \leqq A_i\cdot B_i$ for $i=1,\ 2,\ 3\cdots,\ z$

節次 7) N_0를 求한 後에는 이 N_0값에 相應하는 資材 j에 대한 $K_j(N_0)$값을 決定한다. 그러면 j番째 資材에 대한 最適發注回數는 $N_j=N_0/K_j(N_0)$에 의하여 決定된다.

6. 數量割引時의 알고리즘

그림 3은 數量割引 즉 價格變更点(Price Break)이 있는 境遇의 狀況을 나타낸 것이다.

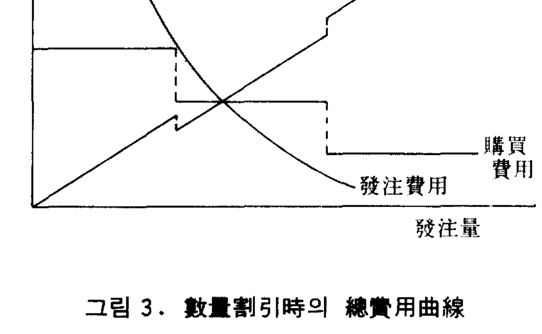

그림 3. 數量割引時의 總費用曲線

그림 3에서 알 수 있는 바와 같이 數量割引時의 經濟的發注量은 總費用曲線의 不連續点에 있거나 혹은 總費用曲線의 導函數가 0이 되는 点에 있게 된다.

그러나 統合生産在庫모델에서는 數量割引되는 資材를 不連續点에서 發注할 수 없을 뿐만 아니라 割引을 假定한 EOQ量의 發注周期와 統合生産在庫모델에서 決定된 生産周期가 一致하지 않기 때문에 數量割引時의 最適回當發注量을 바로 求할 수가 없다.

따라서 K_j가 正의 整數임에 着眼하여 發注量은 θ_j^*, $(\theta_j^*+\theta_j^*/K_j)$, $(\theta_j^*+2(\theta_j^*/K_j))$, …의 量으로 發注할 수 있다고 假定하고 價格變更点 以上의 $\theta_j^*+m\cdot(\theta_j/K_j(i^*))$에 대한 總費用(여기서 m는 1, 2, 3…인 正의 整數이다.)과 數量割引이 없는 最適政策에 따른 最適組合에 의해 求한 θ_j^*에서의 總費用을 比較하여 작은 값을 選擇하면 된다.

一般的으로 數量割引時의 總費用은 아래와 같다.

總費用＝購買費用＋發注費用＋在庫維持費用

이를 數式化하면 數量割引이 안되는 發注量의 總費用은 (11)式이 되며, 數量割引이 되는 發注量의 總費用은 (12)式이 된다.

$$TC_j = X_j\cdot P_j + X_j\cdot S_j/\theta_j^* + \theta_j^*\cdot h_j/2 \quad \cdots\cdots(11)$$

$$TC_{jm} = X_j\cdot P_j(1-Cd_j) + \left[X_j\cdot S_j/\left\{\theta_j^*+m\left(\frac{\theta_j^*}{K_j(i^*)}\right)\right\}\right] + \left[\left\{\theta_j^*+m\left(\frac{\theta_j^*}{K_j(i^*)}\right)\right\}\cdot\left\{(1-Cd_j)\cdot h_j\right\}/2\right] \quad \cdots\cdots(12)$$

이제 以上과 같은 理論에 根據하여 數量割引時의 統合生産在庫모델에 대한 最適發注回數와 發注量을 求하기 위한 알고리즘을 設計하면 다음과 같다.

節次 1) 各 資材의 年間需要量을 앞에서 說明한 統合生産在庫모델의 最適解를 求하는 節次에 의하여 求한 N_j로 나누어 回當發注量 θ_j^*를 求한다.

節次 2) 數量割引時의 EOQ를 (13)式에 의해 計算한다.

$$\mathrm{EOQ} = \sqrt{\frac{2\cdot X_j\cdot S_j}{h_j(1-Cd_j)}} \quad \cdots\cdots(13)$$

위 式에 의해 求한 數量割引時의 EOQ 点이

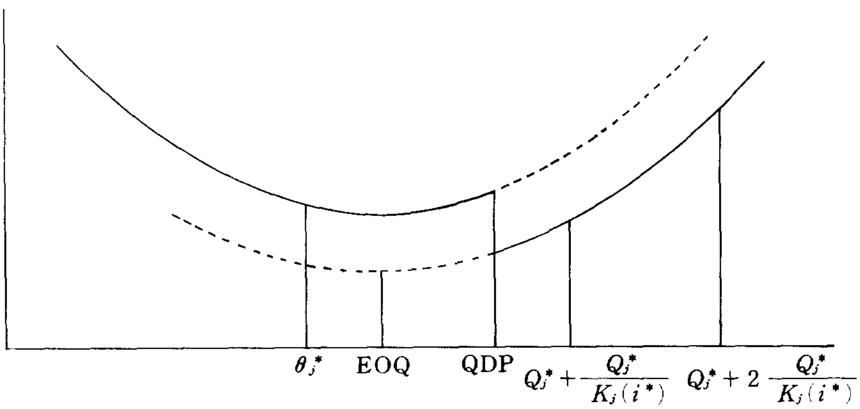

그림 4. 境遇 1의 總費用曲線

만일 그림4 (境遇1)과 같이 價格變更点의 左側에 있게 되면 價格變更点에서 가장 가까운 $\theta_j^* + m\cdot\theta_j^*/K_j(i^*)$에서의 總費用 TC_{jm}의 값을 (12)式에 의해 求한다.

그러나 만일 그림5(境遇2)와 같이 數量割引時의 EOQ点이 價格變更点의 右側에 있게 되면 이 EOQ点에 가장 가까운 $Q_j^* + m\cdot Q_j^*/K_j(i^*)$点을 左側에서 1個, 右側에서 1個를 選擇하고 이 두点에서의 總費用 TC_{jm}의 값을 (12)式에 의해 計算한다.

節次 3) 最適組合에 의한 Q_j^*에서의 總費用 TC_j의 값을 (11)式에 의해 計算한다.

節次 4) 節次 3)에서 求한 Q_j^*에서의 總費用 TC_j값과 節次 2)에서 求한 數量 割引時의 總費用 TC_{jm}값을 比較하여 最小값을 選擇한다. 그리고 總費用이 最小값이 되는 發注回數로 最適發注回數를 變更한다.

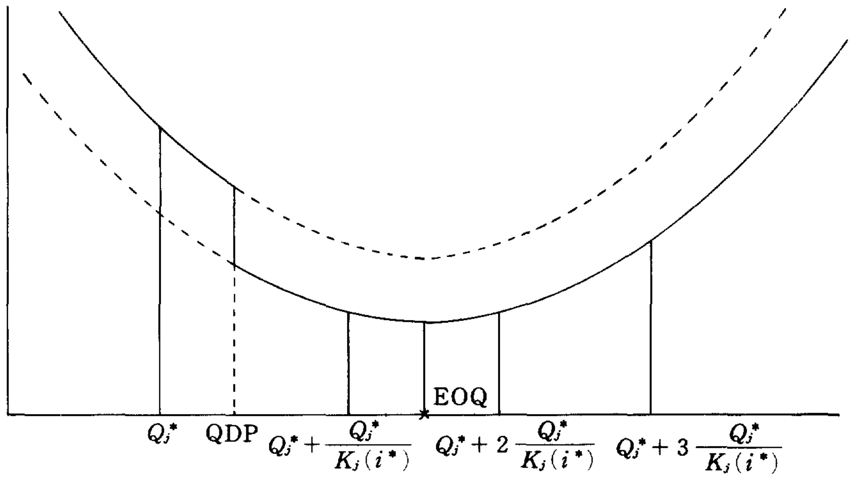

그림 5. 境遇 2의 總費用曲線

7. 適用事例

統合生産在庫모델은 여러가지 種類의 部品을 組立生産하는 製造業에 適用할 수 있다.

따라서 이러한 事例로서 20個의 外注部品으로 構成되는 製品을 例로 들어 보겠다.

20個의 外注部品은 각기 다른 供給者로부터 供給되며, 이중 5個의 部品은 數量割引이 可能하다.

이 製品의 年間需要量은 15,000個이며, 年間生産能力은 20,000個이다. 또한 回當生産準備費는 45원, 單位當年間在庫維持費는 5원이다.

그리고 割引되는 部品은 表1과 같이 割引率과 價格變更点이 適用된다. 그리고 各 部品의 年間需要量과 發注費, 單位當年間在庫管理費는 表2와 같다.

表 1. 數量割引 데이타

數量割引되는 資材(i)	割 引 率 Cd_j	$1-Cd_j$	價格變更點 QDP
1	10%	0.9	500
2	5	0.95	1000
3	1	0.99	900
4	88	0.12	700
5	90	0.1	700

表 2. 製品 및 各 部品들의 데이타

製 品	$P=20{,}000,\ X=15{,}000,\ S=45,\ h=5$		
部 品	X_j	S_j	h_j
1	10,000	8	2.
2	12,000	5	1.
3	9,000	10	2.
4	10,000	10	1.5
5	8,000	7	1.25
6	6,000	6	1.
7	20,000	12	0.5
8	12,000	11	0.75
9	10,000	10	0.8
10	5,000	10	1.3
11	5,000	8	1.
12	10,000	12	0.75
13	1,500	3	1.2
14	2,500	5	1.
15	2,000	7	1.6
16	4,000	10	1.
17	2,000	8	1.5
18	350	4	2.
19	600	2	0.5
20	1,000	7	0.6

以上의 事例는 部品 1, 2, 3, 4, 5 에 대하여 數量割引이 適用되는 것을 除外하고는 Goyal (1974)이 適用한 事例와 同一하다.

그러므로 統合生産在庫모델의 最適解를 求하기 위한 알고리즘의 節次 5)까지를 適用해서 Goyal이 求한 最適政策을 決定하기 위한 最適組合을 引用하면 表 3 과 같다.

表 3의 結果에서 볼 수 있는 바와 같이 總費用이 가장 작은 最適政策은 $i=3$ 인 組合이다.

그러므로 $i=3$ 을 (10)式에 代入하여 最適生産發注回數 N_0 을 求하면 $N_0=20.38$ 이 되며, 各 部品의 最適發注回數는 아래와 같이 된다.

部品 $j=1, 2, 3 \cdots 15$는 $N_j=20.38$

部品 $j=16, 17, 18, 19$는 $N_j=10.19$

部品 $j=20$은 $N_j=6.79$

이제 以上의 結果에 대하여 數量割引이 適用되는 部品에 限하여 最適政策을 修正하면 다음과 같다.

즉 數量割引이 適用되는 部品 $j=1, 2, 3, 4, 5$ 는 相互獨立이므로 Q_j^* 의 TC_j 와 數量割引時의 $Q_j^*+m\cdot Q_j^*/K_j(i^*)$ 의 TC_{jm} 값을 比較하여 각기 작은 값들을 選擇하면 새로운 組合이 된다.

最適組合일때의 $Q_j^*=X_j/N_j$ 이므로 $j=1\sim 5$ 의 Q_j^*는 다음과 같이 된다.

$Q_1^*=491$, $Q_4^*=491$

$Q_2^*=589$, $Q_5^*=391$

$Q_3^*=442$

그리고 數量割引時 알고리즘의 節次 2)에 依據하여 數量割引이 可能한 部品의 EOQ를 (13)式에 의해 計算한 後, 境遇(1), (2)에 따라 數量割引이 可能한 部品發注量의 總費用을 (12)式에 의해 求하면 表 4 가 된다. (여기서 單價 P_j 는 計算의 便宜上 1원으로 놓고 計算하였다.)

表 3. 最適組合

i	$N_i - N_i+1$	$\frac{S_j}{K_j(i^*)(1+K_j(i^*))}$	$Q_j \cdot h_j$	A_i	B_i	$A_i \cdot B_i \times 10^{-3}$ (rounded off)
1	17.75－19.36			192.33	145300	27946
2	19.36－20	4	3000	188.33	148300	27929
3	20－21.21	5	4000	183.33	152300	27921*
4	21.21－21.36	0.32	300	183	152600	27926
5	21.36－22.35	3.5	3200	179.5	155800	27966
6	22.35－22.65	2.5	2500	177	158300	28019
7	22.65－22.9	0.58	600	176.42	158900	28033
8	22.9 －24.49	0.66	700	175.76	159600	28051
9	24.49－24.98	1.5	1800	174.26	161400	28126
10	24.98－25.48	10	12500	164.26	173900	28565
11	25.48－28.28	5	6500	159.26	180400	28731
12	28.28－28.59	5.0	8000	154.26	188400	29063
13	28.59－28.86	5.5	9000	148.76	197400	29365
14	28.86－29.24	6	10000	142.76	207400	29608
15	29.24－30	0.35	600	142.41	208000	29621
16	30－31.62	0.16	300	142.25	208300	29631
17	31.62－32.38	3.0	6000	139.25	214300	29841
18	32.38－33.53	0.33	700	138.92	215000	29868
19	33.53－34.63	1.33	3000	137.59	218000	29995
20	34.63－35.35	1.66	4000	135.93	222000	30176

表 4. 數量割引時 $Q_j^* + m \cdot Q_j^* / K_j(3^*)$에서의 TC_{jm} 값

$K_j(3^*)$	i	QDP	$1-Cd_j$	EOQ	m	$Q_j^*+mQ_j^* / K_j(3^*)$	TC_{jm}	備考
1	1	500	0.9	298	1	982	9965	境遇1에 該當
	2	1000	0.95	355	1	1178	12010	〃
	3	900	0.99	301	1	884	－	〃
					2	1326	10290	
	4	700	0.12	1054	1	982	1390	境遇2에 該當
					2	1473	1401	
	5	700	0.1	947	1	786	920	〃
					2	1179	921	

다음에는 節次 3)에 依據하여 數量割引이 안 되는 部品發注量의 總費用을 (11)式에 의하여 求하고(여기에서도 $P_j = 1$ 원으로 놓고 計算했음) 整理하면 表 5 가 된다.

表 5. 最適組合時 Q_j^*에서의 TC_j값

j	Q_j^*	QDP	TC_j
1	491	500	10,654
2	589	1000	12,396
3	442	900	9,646
4	491	700	10,572
5	393	700	8,388

그리고 節次 4)에 따라 各 部品別 數量割引 前後의 總費用을 比較하여 最小값을 選擇하기 위해 表4와 表5로 부터 部品別 總費用을 拔萃하여 다시 整理하면 表6과 같은 結果를 얻는다. 즉 部品 1, 2, 4, 5는 經濟的回當發注量이 變更된다.

8. 結 論

本 論文에서는 數量割引의 境遇를 考慮하여 Goyal의 統合生産在庫모델을 더욱 包括的으로 擴張시켜 實用性을 增大시켰다.

따라서 本 硏究의 알고리즘을 適用하면 製造企業에서 製品을 生産하는 最適發注回數와 數量割引이 可能한 境遇의 最適資材發注量 및 發注回數를 쉽게 求할 수가 있다.

表6. 部品(j)別 最適發注量

資材番號(j)	總費用	發注回數	回當發注量	變更如否 最適發注回數	變更如否 最適發注量
1	10654	20.38	491	變更됨	變更됨
	9965	10.19*	982*		
2	12396	20.38	589	〃	〃
	12010	10.19*	1178*		
3	9646	20.38*	442*	變更안됨	變更안됨
	10290	6.79	1326		
4	10572	20.38	491	變更됨	變更됨
	1390	10.19*	982*		
	1401	6.79	1473		
5	8388	20.38	393	〃	〃
	920	10.19*	786*		
	921	6.79	1179		

參 考 文 獻

1. Andres, F.N., and Emmons, H. (1976), *"On the Optimal Packaging Frequency of Products Jointly Replenished"*, Management Science, Vol. 22, No. 10, p. 1165-1166.
2. Goyal, S.K. (1973), *"Determination of Economic Packaging Frequency for Items Jointly Replenished"*, Management Science, Vol. 20, No. 2, p. 232-235.
3. Goyal, S.K. (1974), *"Determination of Optimum Packaging Frequency of Items Jointly Replenished"*, Management Science, Vol. 21, No. 4, p. 436-443.
4. Goyal, S.K. (1977), *"An Integrated Inventory Model for A Single Product Systems"*, Operation Research Quarterly, Vol. 28, No. 3, p. 539-545.
5. Nocturn, D.J. (1973), *"Economic Ordering Frequency for Several Items Jointly Replenished"*, Management Science, Vol. 19, No. 9, p. 1093-1096.
6. Shu, F.T. (1971), *"Economic Ordering Frequency for Two Items Jointly Replished"*, Management Science, Vol. 17, No. 6, p. 406-410.
7. Silver, E.A. (1976), *"A Simple Method of Determining Order Quantities in Joint Replenishments Under Deterministic Demand"*, Management Science, Vol. 22, No. 12, p. 1351-1361.