韓國經營科學會誌
第21巻 第1號
1996年 4月

指數 負在庫比率을 갖는 確率的 部分負在庫시스템에 관한 연구

이강우*

A Stochastic Partial Backorder Inventory System With a Exponential Backorder Ratio

Kang Woo Lee

Abstract

This paper presents a stochastic partial inventory model for the situation in which demand is deterministic, lead time follows normal distribution and backorder ratio during the stockout period decreases exponentially according to the length of backorder period. In this situations, an objective function is formulated to minimize the average annual cost, which is the sum of the ordering, carrying, time-proportional backordering, quantity-proportional backordering and lost sales costs. And then the procedure of iterative solution method for the model is developed to find optimal reorder point and order quantity and a numerical example to illustrate the proposed method is presented.

1. 서 론

재고시스템에서 경제적 발주량을 구하는 연구는 무수하게 많지만 그 중에서 품절기간중의 수요를 負在庫(backorders)와 遺失販賣(lost sales)로 구분하여 경제적 발주량을 구한 초기의 연구로는 Hadley 와 Whitin[1]의 부재 고모형과 유실판매모형을 들 수 있다. 이들은 확정적 수요와 확률적 수요하에서의 각각 재고모형을 개발하고 발주점과 발주량을 구하는 반복적인 해법을 제시하였다. 그후 부재고와 유실판매를 동시에 고려한 부분 부재고모형은 많은 학자들에 의해 연구되어 왔다[2-10]. 그러나 이들의 연구는 부재고비용이 부재고기간과는 무관하거나, 부재고비율이 부재고기간의 길이에 의존하지 않고 일정하다는 가정하에 부분 부재고모형을 개발하여 해법을 제안하고 있다. 최

* 부산수산대학교 경영학과

근 수요와 조달기간이 확정적 상황하에서 시간비례 부재고비용과 부재고비율을 부재고기간 의존함수로 정의하여 개발한 부분 부재고모형에 관한 연구가 金과 春日井[11]에 의해 수행되었다.

본 연구는 金, 李 및 春日井[10]와 李 및 李[11]에 의해 수행된 수요가 확정적이고 조달기간이 불확실한 상황하에서 품절기간중 수요의 일부만 부재고되고 나머지의 수요가 유실판매되는 확률적 재고시스템에 대한 기존연구를 기초로 하여 수행하였다. 이 기존연구에서는 부재고비율을 부재고기간과는 무관하게 일정하다고 가정하고 모형을 구축하고 있으므로 그 적용가능성이 제약되어 있다. 본 연구에서는 품절발생시의 소비자의 구매행동을 고려하여 부재고비율을 부재고기간 의존함수로 정의하여 모형을 구축하였다. 또한 품절기간중 발생하는 부재고비용을 시간비례 부재고비용과 부재고발생시의 고정 벌과비용(fixed penalty cost)인 수량비례 부재고비용으로 구분하여 정식화함으로써 현실에의 적용가능성을 제고하였다.

본 연구에서는 재고관련비용으로 발주비용, 재고유지비용, 시간비례 부재고비용, 수량비례 부재고비용, 유실판매비용을 고려하여 조달기간이 연속적인 확률분포에 따른다는 가정하에 연간 기대재고비용을 유도하고 이를 최소화하는 단일단계 재고모형을 개발하고 발주점과 발주량을 구하는 반복적인 해법을 제시하였다.

한편 본 연구에서 제시한 재고모형은 누적 기대부재고비율(cumulative expected backorder ratio)이 1과 0인 양극단에서는 통상의 부재고모형과 유실판매 재고모형으로 환원된다.

2. 모형의 정식화

2.1 모형의 가정과 기호

가정

가) 제품의 단가는 발주량에 무관하고 일정하다.

나) 未決注文(outstanding order)은 하나를 초과하지 않는다.

다) 조달기간은 평균이 μ인 연속적인 확률분포에 따른다.

라) 단위시간당 수요는 일정하다.

마) 부재고비율 $\beta(x)$는 負의 지수함수, 즉 $\beta(x) = exp(-\lambda x)$에 따른다. 여기서 $\lambda \geq 0$ 이고 x는 부재고기간을 나타낸다.

기호정의

A : 주기당 발주비용(원/주기)

B : 주기당 기대누적부재고비율, $0 \leq B \leq 1$

C_1 : 단위당 연간 부재고비용(원/개・년)

C_2 : 단위당 부재고비용(원/개)

D : 연간 평균수요량(개)

$f(t)$: $t \geq 0$ 에서 정의되는 연속적 확률밀도함수

H : 단위당 연간 재고유지비용(원/개・년)

K_d : 확정적 상황하에서 연간 총재고비용(원)

$K(R, r)$: 연간 기대재고비용(원)

P : 단위당 유실판매비용(원/개)

Q : 주기당 발주량(개)

R : 주기당 기대수요량(개)

r : 발주점(개)

t : 조달기간(년)

T : 기대주기의 길이(년)

x : 부재고기간(년)

y_1 : 주기당 기대품절수량(개)

$\beta(x)$: 부재고기간이 x일 때의 부재고비율, $0 \le \beta(x) \le 1$

λ : 부재고비율의 기울기, $\lambda \ge 0$

μ : 조달기간의 평균(년)

σ : 조달기간의 표준편차(년)

* : 최적해를 표시하는 첨자

2.2 모형의 정식화

〈그림 1〉은 수요가 일정하고 조달기간이 불확실한 상황하에서의 재고시스템을 도식화한 것이며, 〈그림 2〉는 부재고비율이 부재고기간에 따라서 지수함수적으로 감소하는 추세를 나타낸 것이다.

조달기간 t가 평균이 μ인 연속적인 확률분포에 따르므로 주기당 기대품절 수량 y_1은 다음과 같다.

$$y_1 = \int_{r/D}^{\infty}(tD - r)f(t)dt$$

여기서 주기당 총기대품절수량중 부재고로 남는 비율을 누적 기대부재고비율(B)이라 정의하면, $\lambda > 0$ 인 경우 주기당 기대부재고량 By_1은 다음과 같다.

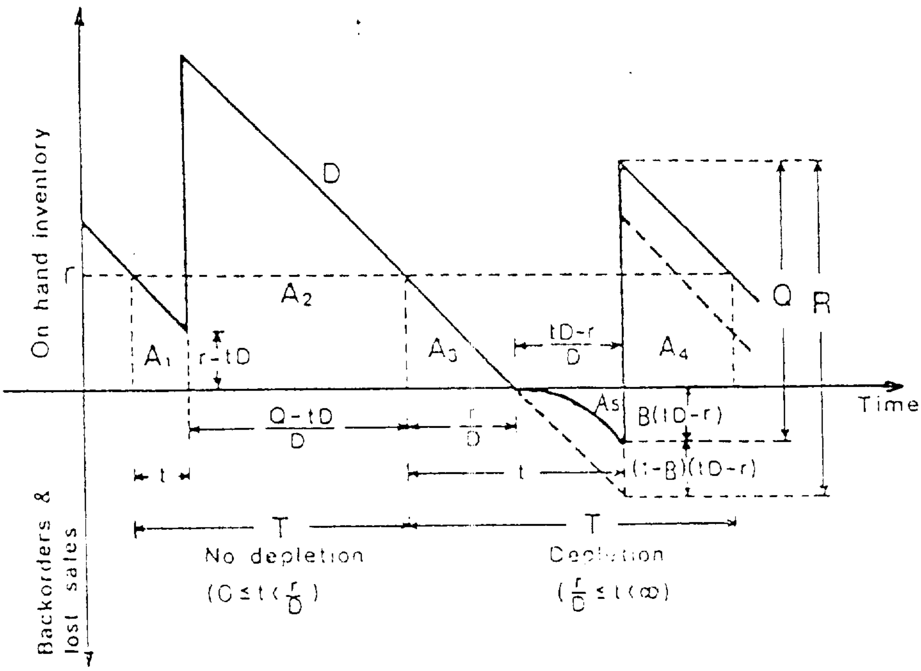
$$\begin{aligned} By_1 &= \int_{r/D}^{\infty}\int_{0}^{t-r/D} D\,exp(-\lambda x)f(t)\,dxdt \\ &= \frac{D}{\lambda}\int_{r/D}^{\infty}[1-exp\{-\lambda(t-r/D)\}]\,f(t)dt \\ &= \frac{D}{\lambda}(F - G_0) \end{aligned}$$

단, $F = \int_{r/D}^{\infty} f(t)dt$

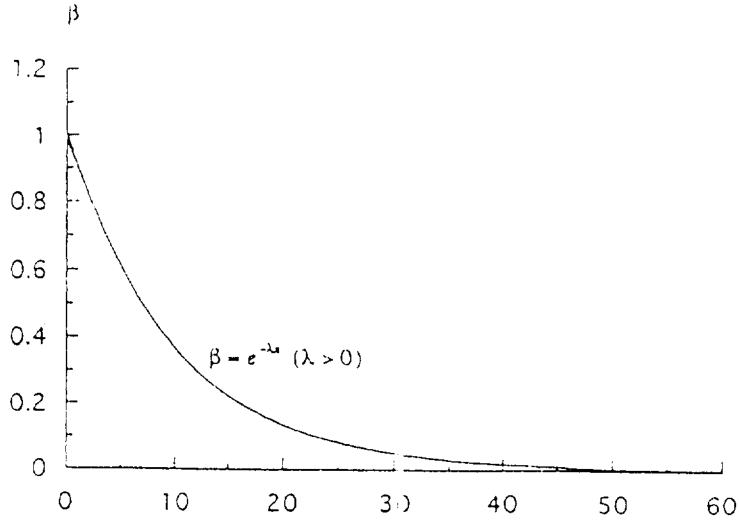
$$G_0 = \int_{r/D}^{\infty} exp\{-\lambda(t-r/D)\}\,f(t)dt$$

따라서 $\lambda > 0$ 인 경우의 주기당 누적기대부재고비율 B는 다음과 같다.

$$B = \frac{D}{\lambda y_1}(F - G_0) \qquad (1)$$



〈그림 1〉 부분 부재고시스템의 도식모형



〈그림 2〉 부재고기간과 부재고비율

한편, λ=0인 경우의 주기당 누적기대부재고량 By_1은

$$By_1=\int_{r/D}^{\infty}\int_0^{t-r/D} Df(t)\ dxdt = y_1$$

이 됨으로 B=1 이 된다.

먼저 〈그림 1〉로부터 주기당 기대수요량 R과 기대주기의 길이 T를 유도하면 아래와 같다.

$$R=\int_0^{r/D}\left(t+\frac{Q-tD}{D}\right)Df(t)dt + \int_{r/D}^{\infty}\left[t+\frac{Q-r-B(tD-r)}{D}\right]Df(t)dt$$
$$=Q+(1-B)y_1 \tag{2}$$

$$T=\int_0^{r/D}\left(t+\frac{Q-tD}{D}\right)f(t)dt + \int_{r/D}^{\infty}\left[t+\frac{Q-r-B(tD-r)}{D}\right]f(t)dt$$
$$=\frac{R}{D} \tag{3}$$

여기서 λ=0 인 경우는 식(1)에 의해 B 를 구할 수 없으므로 λ>0 인 경우와 λ=0 인 경우로 구분하여 주기당 재고관련비용을 유도하면 다음과 같다.

a) λ > 0 인 경우

(1)주기당 기대재고유지비용

〈그림 1〉에서 품절이 없는 주기(0 ≤ t ≤ r/D)의 주기당 기대재고량은 면적 A_1과 A_2의 합의 기대치와 같고, 품절이 있는 주기(t > r/D)의 주기당 기대재고량은 면적 A_3와 면적 A_4의 合의 기대치와 같으므로 주기당 기대재고유지비용은 다음과 같다.

$$\frac{HQ}{D}\int_0^{r/D}(Q/2+r-tD)f(t)dt + \frac{H}{2D}\int_{r/D}^{\infty}(Q-BtD+Br)^2 f(t)dt$$
$$=\frac{H}{D}\left[Q\{Q/2+r-\mu D+(1-B)y_1\}+\frac{B^2}{2}y_2\right]$$

단, $y_2=\int_{r/D}^{\infty}(tD-r)^2 f(t)dt$

위식에서 Q를 식(2)에 의하여 $R-(1-B)y_1$으로 변환하면 식(4)를 얻는다.

$$\frac{H}{D}\left[\frac{R^2}{2}+(r-\mu D)R-(1-B)y_1\{r-\mu D + \frac{(1-B)y_1}{2}\} + \frac{B^2y_2}{2}\right] \tag{4}$$

(2)주기당 기대유실판매비용

$$P(1-B)y_1 \quad (5)$$

(3)주기당 기대부재고비용

조달기간이 t 가 $t \le r/D$ 일 경우는 품절이 없으므로 부재고비용은 발생하지 않는다. 그러나 $t>r/D$ 일 경우는 품절이 발생하게 되며 이때 품절이 발생하는 기간은 $(t - r/D)$ 이 됨으로 품절기간중의 시간비례 기대부재고비용 및 수량비례 기대부재고비용은 다음과 같다.

$$C_1\int_{r/D}^{\infty}\int_0^{t-r/D} Dx\ exp(-\lambda x)f(t)dxdt + C_2By_1$$
$$=\frac{C_1}{\lambda^2}\int_{r/D}^{\infty}[D-(D+\lambda tD-\lambda r)exp\{-\lambda(tD-r)/D\}]\ f(t)dt + C_2By_1$$
$$=\frac{C_1}{\lambda}(By_1 + rG_0 - DG_1) + C_2By_1 \quad (6)$$

단, $G_1 = \int_{r/D}^{\infty} t\ exp\{-\lambda(tD-r)/D\}\ f(t)dt$

(4) 연간 기대재고비용

연간 기대재고비용은 이상에서 유도된 주기당 기대재고유지비용, 주기당 기대부재고비용 및 주기당 기대유실판매비용에 주기당 발주비용을 합한 후 $1/T$을 곱하여 연간 기대재고비용을 구하면 다음과 같다.

$$K(R,\ r)=\frac{1}{2R}[2AD+HR(R+2r-2\mu D)$$
$$+H(1-B)\{2\mu D-2r-(1-B)y_1\}y_1$$
$$+HB^2y_2+\frac{2C_1D}{\lambda}(By_1+rG_0-DG_1)$$
$$+2D\{C_2B+P(1-B)\}y_1] \quad (7)$$

단, $R > r > 0$

b) $\lambda=0$ 인 경우

(1)주기당 기대재고유지비용

$\lambda=0$ 인 경우 $B=1$ 이 되며 식(2)에 의해 $Q=R$이 되므로 주기당 기대재고 유지비용은 다음과 같다.

$$\frac{HQ}{D}\int_0^{r/D}(\frac{Q}{2}+r-tD)f(t)dt$$
$$+\frac{H}{2D}\int_{r/D}^{\infty}\{Q-(tD-r)\}^2f(t)dt$$
$$=\frac{H}{D}\left[Q(\frac{Q}{2}+r-\mu D)+\frac{y_2}{2}\right]$$
$$=\frac{H}{D}\left[\frac{R^2}{2}+(r-\mu D)R+\frac{y_2}{2}\right] \quad (8)$$

(2) 주기당 기대부재고비용

$$C_1\int_{r/D}^{\infty}\int_0^{t-r/D}Dxf(t)dxdt=\frac{C_1}{2D}y_2+C_2y_1 \quad (9)$$

(3) 연간 기대재고비용

$\lambda=0$ 의 경우에는 $B=1$ 이므로 주기당 기대유실판매비용은 발생하지 않으므로 식(8)의 주기당 재고유지비용과 식(9)의 주기당 기대부재고비용에 주기당 발주비용을 합한 후 연간 기대주기회수 $1/T$를 곱하여 연간 기대재고비용을 구하면 다음과 같다.

$$K(R,\ r)=\frac{1}{2R}[2AD+HR(R+2r-2\mu D)$$
$$+(H+C_1)y_2+2C_2Dy_1] \quad (10)$$

단, $R > r > 0$

3. 기존의 모형과의 관련성

여기서는 본 연구에서 정식화한 부분 부재고모형과 기존의 부분부재고모형과의 관련성에 대하여 검토하기로 한다. $\lambda > 0$ 인 경우의 연

간 기대비용함수인 식(7)의 괄호내의 연간 시간비례 기대부재고비용항이 $\lambda \to 0$ 일 때 $B=1$ 이므로

$$2C_1 D \lim_{\lambda \to 0} \frac{(By_1 + rG_0 - DG_1)}{\lambda} = C_1 y_2$$

가 된다. 따라서 부재고비율의 기울기 $\lambda \to 0$이면 식(7)로부터 직접적으로 식(10)을 얻는다. 식(10)은 姜錫昊와 朴光泰[9]가 제안한 조달기간이 불확실한 상황하에서 부재고만을 고려한 (Q, r)재고모형의 연간 기대비용함수와 일치함을 알 수 있다. 단, 본 연구에서는 부재고비용에 수량비례 부재고비용을 고려하고 있으므로 식(10)에는 수량비례 부재고비용의 항이 추가되어 있다.

한편, $\lambda \to \infty$ 일 때 $B=0$ 이 되므로 식(7)로부터 조달기간이 불확실한 상황하에서 유실판매 재고모형의 연간 기대비용함수인 식(11)을 얻는다.

$$K(R, r) = \frac{1}{2R}[2AD + HR(R + 2r - 2\mu D) + H\{2\mu D - 2r - y_1\}y_1 + 2DPy_1] \quad (11)$$

만일 식(11)에서 t가 일정하다면 $(\mu D - r) \to S$, $y_1 \to S$가 되므로 식(11)로부터 식(12)를 얻는다. 식(12)는 확정적 상황하에서의 유실판매만을 고려한 연간비용함수가 된다.

$$K(R, r) = \frac{1}{2R}[2AD + H(R-S)^2 + 2DPS] \quad (12)$$

또한 식(7)에서 조달기간 t가 일정하다면 $B = D\{1 - exp(-\lambda S/D)\}/\lambda S$ 이 되고 조달기간의 수요량은 $(r+S)$가 될 것이다. 따라서 식(7)에서 $(tD - r) \to S$, $y_1 \to S$, $y_2 \to S^2$, $(\mu D - r) \to S$로 변환하면 다음의 식(13)을 얻는다.

$$K(R, r) = \frac{D}{R}\Big[A + \frac{H(R-S)^2}{2D} + PS + \frac{C_1}{\lambda} S\, exp(-\lambda S/D) + \frac{D}{\lambda}\Big(\frac{C_1}{\lambda} + C_2 - P\Big)\{1 - exp(-\lambda S/D)\}\Big] \quad (13)$$

위의 식(13)은 金과 春日井[11]에 의하여 유도된 수요와 조달기간이 확정적 상황하에서의 부분 부재고모형의 연간비용함수와 일치한다. 단, 본연구에서는 단위당 부재고비용을 고려하고 있으므로 식(13)에는 단위당 부재고비용인 C_2의 항이 추가되어 있다.

4. 반복해법 절차

a) $\lambda > 0$ 인 경우

먼저 연간 기대재고비용함수인 식(7)의 R은 식(2)에 의해 Q와 r의 함수이므로 식(7)의 연간 기대재고비용함수 $K(R, r)$을 Q와 r로 편미분하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial K}{\partial Q} = \frac{\partial K}{\partial R}\frac{\partial R}{\partial Q} + \frac{\partial K}{\partial r}\frac{\partial r}{\partial Q} = \frac{\partial K}{\partial R} = 0$$

$$\frac{\partial K}{\partial r} = \frac{\partial K}{\partial R}\frac{\partial R}{\partial r} + \frac{\partial K}{\partial r}\frac{\partial r}{\partial r} = 0$$

위의 첫번째 식에서 $\partial K/\partial R = 0$ 이므로 위의 두번째 식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial K}{\partial r} = 0$$

따라서 R과 r이 최적이 될 필요조건(necessary condition)을 구하기 위하여 식(7)의 연간 기대비용함수 $K(R, r)$을 R과 r로 편미분하여 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial K}{\partial R}=-\frac{1}{2R^2}\Big[2AD-HR^2+H(1-B)\{2\mu D-2r-(1-B)y_1\}y_1+HB^2y_2+\frac{2C_1D}{\lambda}(By_1+rG_0-DG_1)+2Dy_1\{C_2B+P(1-B)\}\Big]$$

$$\frac{\partial K}{\partial r}=\frac{H}{R}\Big[R-(1-B+B^2)y_1+\frac{C_1(rG_0-DG_1)-C_2DG_0}{H}-(F-G_0)(r-\mu D+(1-B)y_1-DP/H\}+B(BF-G_0)y_2/y_1\Big]$$

위의 R과 r로 편미분한 두식을 0으로 놓고 정리하면 각각 다음과 같다.

$$R^2=\frac{1}{R}\Big[2AD+H(1-B)\{2\mu D-2r-(1-B)y_1\}y_1+HB^2y_2+\frac{2C_1D}{\lambda}(By_1+rG_0-DG_1)+2D\{C_2B+P(1-B)\}y_1\Big] \quad (14)$$

$$R=(1-B+B^2)y_1+B(G_0-BF)y_2/y_1+\frac{C_1(DG_1-rG_0)+C_2DG_0}{H}+(F-G_0)\{\mu D-r-(1-B)y_1+DP/H\} \quad (15)$$

b) λ=0 인 경우

λ=0 인 경우 R과 r이 최적이 될 필요조건을 구하기 위하여 λ>0의 경우와 같이 식(10)을 R과 r로 편미분하여 0 으로 놓고 정리하면 다음과 같다.

$$R^2=\{2AD+2C_2Dy_1+(H+C_1)y_2\}/H \quad (16)$$

$$R=\{1+C_1/H\}\, y_1+C_2DF/H \quad (17)$$

이상에서 λ>0 인 경우는 식(14)와 식(15), λ=0 인 경우는 식(16)과 식(17)을 동시에 만족하는 R^*와 r^*가 구해지면 최적발주량 Q^*와 최적 기대주기의 길이 T^*는 식(2)와 식(3)으로부터 다음과 같다.

$$Q^* = R^*-(1-B)y_1(r^*) \quad (20)$$

$$T^* = R^*/D \quad (21)$$

이상의 결과를 이용하여 연간 기대재고비용함수 $K(R, r)$을 최소화하는 최적해 R^*와 r^*를 구하는 반복적인 해법절차를 제시하면 다음과 같다.

(1) 최적해의 허용오차 ε을 설정한 후($\varepsilon>0$), 확정적 상황하에서의 경제적 발주량의 산출공식인 $Q=(2AD/H)^{1/2}$을 이용하여 R 의 초기 추정치를 구하고, 이 값을 R_1이라 한다.

(2) λ>0 인 경우는 식(15)의 R에 R_1을 대입하고, λ=0 인 경우는 식(17)의 R에 R_1을 대입하여 二分法(bisection method)을 이용해서 발주점 r을 구하고 이 값을 r_1이라 한다.

(3) λ>0 인 경우는 위의 절차(2)의 식(15)에서 구한 r_1을 식(14)에 대입하여 R_2를 구하고, λ=0 인 경우는 절차(2)의 식(17)에서 구한 r_1을 식(16)에 대입하여 R_2를 구한다.

(4) 만일 반복과정 i번째에서 $|R_i-R_{i-1}|<\varepsilon$과 $|r_i=r_{i-1}|<\varepsilon$ 이 되면 종료하고, 그렇지 않으면 절차 (2)로 간다.

5. 수치예 및 감도분석

어느 회사에서 한 품목의 조달기간의 평균이 90일(0.25년)이고 표준편차가 10일(0.0274년)인 정규분포에 따른다고 하고 나머지 자료들이 다음과 같다. 단, 여기서 조달기간(t)이 $N(0.25, 0.0274^2)$에 따르므로 $P(t<0)\simeq 0$이므로 $t<0$인 경우를 무시한다.

D=200단위/년　　C_1=0.2만원/년・단위
P=0.3만원/개　　C_2 = 0.1만원/개

$H=0.4$만원/년 · 단위 　 $A=5$만원/주문

위의 자료를 이용하여 본 연구에서 제안한 반복해법 절차를 사용할 경우, 반복해법절차 (2)와 (3)에서 F, y_1, y_2, G_0, G_1 및 B를 구하기 위한 적분계산을 필요로 한다. 여기서, 조달기간의 평균이 μ이고 분산이 σ^2인 정규분포에 따르는 경우 $r'=(r-\mu D)/(\sigma D)$라 두고, $\Phi(r')$와 $\varphi(r')$를 각각 표준정규분포의 누적여함수와 확률밀도함수로 정의하면 다음의 식에 의하여 적분값을 구할 수 있다.

$$F=\int_{r/D}^{\infty} f(t)dt=\Phi(r')$$

$$y_1=\int_{r/D}^{\infty} (tD-r)f(t)dt=(\mu D-r)\ \Phi(r') +\sigma D\varphi(r')$$

$$y_2=\int_{r/D}^{\infty} (tD-r)^2 f(t)dt=\{(\mu D-r)^2 +(\sigma D)^2\}\Phi(r')+(\mu D-r)\sigma D\varphi(r')$$

$$G_0=\int_{r/D}^{\infty} exp\{-\lambda(tD-r)/D\}f(t)dt =exp\{\lambda(\frac{r}{D}-\mu+\frac{\lambda\sigma^2}{2})\}\Phi(r'+\lambda\sigma)$$

$$G_1=\int_{r/D}^{\infty} t\ exp\{-\lambda(tD-r)/D\}f(t)dt=\sigma\varphi(r') +(\mu-\lambda\sigma^2)exp\{\lambda(\frac{r}{D}-\mu+\frac{\lambda\sigma^2}{2})\}\Phi(r'+\lambda\sigma)$$

$$B=\frac{D}{\lambda y_1}[\Phi(r')-G_0]$$

본 연구에서는 4.절에서 제시한 반복해법 절차에 의한 해의 수렴과정을 입증하기 위하여 동일한 수치예의 자료를 이용하여 格子法(grid search method)으로 식(9)와 식(10)을 최소로 하는 해를 구한 결과 두해가 일치함을 알 수 있었다.

이제 본 연구에서 제안한 반복해법 절차에 의해 λ의 여러값에 대한 발주량과 발주점 및 연간 기대재고비용을 구하면 〈표 1〉과 같다. 〈표 1〉로부터 λ의 값이 증가함에 따라 발주량은 감소하나 발주점과 연간 기대재고비용은 증가함을 알 수 있었다.

〈표 1〉 λ의 감도분석

단위 : 개, 만원

λ	0.0	1.0	5.0	10.0	50.0	100.0
주기당 수요량	100.7	88.6	79.4	77.5	75.5	75.3
발주점	16.2	29.9	41.0	43.8	47.9	48.9
발주량	100.7	87.6	78.2	76.2	73.8	73.4
누적 부재고비율	1.00	0.95	0.87	0.79	0.48	0.32
연간 발주회수	1.99	2.26	2.52	2.58	2.65	2.66
연간 발주비	9.94	11.28	12.59	12.90	13.24	13.29
연간 재고유지비	8.59	10.65	12.54	13.17	14.30	14.61
연간 시간비례부재고비	1.16	0.46	0.11	0.06	0.01	0.00
연간 수량비례부재고비	6.71	4.31	1.98	1.33	0.43	0.24
연간 유실판매비	0.00	0.71	0.93	1.07	1.41	1.52
연간 기대재고비용	26.76	27.40	28.16	28.53	29.38	29.66

위의 수치예에서 조달기간이 확정적이라면($\sigma=0$) 연간 재고비용 K_d는

$K_d=(2ADH)^{1/2}=28.3$만원

이 된다. 한편 $\lambda=10.0$ 이고 $\sigma=0.0410$일 때의 연간 기대재고비용은 〈표 2〉로부터 $K(79.9, 42.7)=29.0$만원이 된다. 따라서 조달기간의 불확실성($\sigma=0.0410$)으로 인하여 추가로 발생된 비용은

$K(79.9,\ 42.7)-K_d=29.0-28.3=0.7$만원

이라 할 수 있다. 여기서 조달기간의 불확실성으로 인하여 추가로 소요된 비용을 불확실성의 연간비용이라 하면 불확실성의 연간비용은 조달기간에 대한 확정적인 정보를 얻기 위하여 최대로 투자할 수 있는 비용의 상한이라 할 수 있다. 〈표 2〉는 $\lambda=10.0$으로 고정시킨 후 σ의 여러 값에 대한 발주점, 발주량, 연간 기대재고비용 및 불확실성의 연간비용을 산출한 것이다.

본 수치예에서는 조달기간의 확률분포로서

〈표 2〉 조달기간의 표준편차(σ)에 대한 감도분석($\lambda=10.0$)

조달기간의 표준편차(년)	0.0 (0일)	0.0274 (10일)	0.0410 (15일)	0.0545 (20일)	0.0685 (25일)
주기당 수요량	70.7	77.5	79.9	82.3	84.8
발주점(개)	50.0	43.8	42.7	41.7	40.7
발주량(개)	70.7	76.2	77.7	79.1	80.6
연간 기대재고비용(만원)	28.3	28.5	29.0	29.6	30.2
불확실성의 연간비용(만원)	0.0	0.2	0.7	1.3	1.9

정규분포를 사용하고 있으나 조달기간의 표준편차가 큰 경우는 조달기간이 음수가 될 가능성이 크다. 따라서 조달기간의 표준편차가 비교적 작은 경우에 한하여 조달기간을 정규분포로 근사시킬 수 있다.

6. 결 론

기존에 개발된 부분 부재고모형은 부재고비율을 부재고기간과는 무관하게 일정하다고 가정하고 모형을 구축함으로써 소비자의 구매행동을 반영하지 못하였다. 이에 본 연구에서는 품절발생시의 소비자의 구매행동을 고려하여 부재고비율을 부재고기간 의존함수로 정의하여 모형을 구축함으로서 소비자의 구매행동을 모형에 반영시켰다. 또한 부재고비용을 시간비례 부재고비용과 수량비례 부재고비용으로 구분하여 모형을 정식화함으로써 현실에의 적용 가능성을 제고하였다.

본 연구는 조달기간이 연속적인 확률분포에 따른다는 가정하에 재고주기를 연속적인 두개의 발주점간의 기간으로 파악하여 주기당 재고관련비용을 정식화하여 연간 기대재고비용함수를 도출한 후 기존의 부분부재고모형과의 관련성에 대하여 검토하였다. 그리고 연간 기대재고비용함수를 최소로하는 발주량과 발주점의 산출을 위한 반복적인 해법을 제시하고, 수치예를 통하여 본 연구에서 제시한 반복적 해법 절차에 의해 해가 수렴함을 격자법을 통하여 입증하였다. 또한 부재고비율의 기울기 λ와 조달기간의 표준편차 σ에 대한 감도분석을 실시하여 발주량과 발주점 및 연간 기대재고비용의 변동상태의 변화과정을 살펴 보았다.

금후의 연구과제로서는 수요와 조달기간이 동시에 확률적으로 변동하는 경우의 부분부재고시스템에 관한 연구가 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

[1] Hadley, G. and T.M. Whitin, *Analysis of Inventory Systems*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1963. pp. 42-50.

[2] Kim, D.H., *Inventory Models for Multi-Echelon Distribution System*, Unpublished Ph.D. Dissertation, Dept. of Industrial Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 1985. pp.46-70.

[3] Kim, D.H. and K.S. Park, "(Q,r) Inventory Model with a Mixture of Lost Sales and Time-Weighted Backorders", *J. Opl. Res. Soc.*, Vol.36, No.3(1985), pp.231-238.

[4] Montgomery, D.C., Bazaraa M.S. and A.K. Keswani, "Inventory Models with a Mixture of Backorders and Lost

sales", *Naval Res. Logist. Quart.*, vol.20, No.2(1973), pp.255-263.

[5] Park, K.S., "Inventory Model with Partial Backorders", *Int. J. System Sci.*, Vol.13, No.12(1982), pp.1313-1317.

[6] Park, K.S., "Another Inventory Model with a Mixture of Backorders and Lost Sales", *Naval Res. Logis. Quart.*, Vol.30, No.3(1983), pp.397-400.

[7] Rosenberg, D. "A New Analysis of a Lot-size Model with Partial Backlogging", *Naval Res. Logist. Quart.*, Vol.26, No.2(1979), pp.349-353.

[8] Whitin, T.M., "Recent Articles on Partial Backorders : Comment", *Naval Res. Logist. Quart.*, Vol.32, No.2(1985), pp.361-362.

[9] 姜錫昊, 朴光泰, "注文引渡期間이 不確實한 狀況下에서의 (Q,r)在庫模型과 多段階分配시스템에의 應用에 관한 硏究", 「韓國經營科學會誌」, 第 11券, 第 1號(1986), pp.44-50.

[10] 金正子, 李康雨, 春日井 博, "調達期間の不確實性を考慮した部分バックオ-ダモデルに關する硏究", 「日本經營工學會誌」, Vol.42 No.5(1991), pp.338-344.

[11] 金正子, 春日井 博, "部分バックオ-ダを考慮した經濟的發注量モデル", 「日本經營工學會誌」, Vol.45 No.1(1994), pp.71-76.

[12] 李康雨, 李相道, "調達期間이 不確實한 상황하에서의 部分負在庫模型에 관한 硏究," 「大韓産業工學會誌」, Vol.17, NO.1(1991), pp.51-58.