

## 보급수준 인가일수에 따른 재고수준 산출에 관한 연구

정해성

서원대학교 정보분석학과

### A Study on Inventory Control according to the Authorized Days for Supply Level

Hai Sung Jeong

Dept. of Applied Statistics, Seowon University

#### Abstract

This paper deals with  $(s, S)$  spare part inventory model. Maintaining appropriate spare parts is one of the most important military affairs related to the readiness of military forces. In the problem under consideration, a military unit possesses  $n$  equipments and all the  $n$  equipments should be in operational readiness for the military purpose. The lifetime distribution of a part has been assumed to be exponential. This paper suggests the reorder point and order quantity under the assumption that the lifetime distribution of a part is weibull.

Key words : reorder point(주문점), authorized stockage list(저장인가목록), weibull distribution(와이블 분포)

#### 1. 서론

재고관리(inventory control)는 생산을 용이하게 하거나, 고객의 수요를 만족시키기 위하여 또는 이미 보유하고 있는 장비의 적절한 가동성을 유지하기 위하여 보유하는 원자재, 부품, 완제품 등의 재고에 관한 최적의 의사결정을 하는 절차라고 할 수 있다. 군에 있어서의 재고관리(Inventory Control)는 적절한 군수지원(logistic support)을 추진하기 위하여 미래의 수요에 효과적, 경제적, 효율적으로 대비하는 관리활동이다. 군에서의 재고관리의 특징은 일반적으로 추구하는 비용 최소화와 더불어 장비의 가용도(가동률)를 최상의 상태로 유지해야 한다는 것이다. 실

제로 일정기간 소요되는 수요에 대비하여 적정수준의 예비부품을 재고로 보유한다는 것은 최상의 전력유지와 관계되는 매우 중요한 군수업무기능 중 하나이다. 군수지원을 위한 재고 관리는 대상 품목을 얼마나 보유하고 있어야 하는가 하는 수요 예측으로부터 시작된다. 그러나 부품들의 수요는 불확실하다. 따라서 재고관리의 주요관점은 수요예측을 바탕으로 재고의 과잉보유 현상과 필요한 재고를 보유치 않으므로 생기는 재고부족현상이 일어나지 않도록 하는 것이다. 재고란 바로 비용을 의미하기 때문에 적절치 못한 수요예측으로 과잉 재고가 발생하였다면 그것은 잉여 재고만큼의 재고유지비가 초과 부담되고 있음을 의미한다. 잉여 재고로 인한 비용 부담이 두려워 재고를 부족하게 보유했다면 이는 군에 있어서 더 큰 손실을 초래할 가능성이 있다. 잉여 재고는 단지 비용의 과부담에 그치지만 재고부족은 장비의 기능마비로 작전기능에 차질을 초래하기 때문이다. 그러나 군 예산도 한계가 있으므로 예산 범위 내에서 가장 합리적인 재고정책을 수립하는 것이 효율적인 군 운영이라는 측면에서 중요한 의미를 갖는다 하겠다. 따라서 부품재고관리의 목표는 불필요한 재고를 과다하게 보유함으로써 발생하는 낭비적 요소와 재고를 너무 적게 보유함으로써 생기는 전력유지에 미치는 영향 사이의 적절한 타협점을 찾는 것이 된다.

우리 군은 할당된 물량에 의한 청구보급제도로 재고를 통제하다가, 1983년부터 배정된 자급에 의한 청구보급제도에 의거해 재고를 통제하고 있다. 또한 군수품을 보급하는 군수부대(군수사, 군지사 및 군지단, 사단)는 저장인가품목(authorized stockage list : ASL)을 선정하고 선정된 ASL에 대한 보급수준을 결정한 후 결정된 수준만큼 재고를 확보하고 유지하여 사용부대의 청구에 따라 재고를 통제, 보급하고 있다. ASL은 각급 보급기관에서 현보급 운용을 지속하고 장차 예측되는 소요를 충당하기 위하여 항상 저장 유지되도록 인가된 품목을 일컫는다.

본 연구에서 다루게 될 재고모형은 군수지원을 위해 사전에 설정된 보급수준 인가일수로 표현되는 일종의  $(s, S)$  재고정책이다.  $(s, S)$  재고정책은 재고수준이 재발주점  $s$ 에 이르면 재고보충수준  $S$ 까지 재고를 보충발주하는 방식이다. 이때 발주량은  $Q = S - s$ 가 된다. 이 정책에서는 주문점  $s$ 를 너무 높게 잡으면 서비스 수준이나 가용도가 높아지나 재고유지비용이 많이 들게 되며, 주문점  $s$ 를 너무 낮게 잡으면 평균재고 수준이 낮아져 재고유지비용은 줄일 수 있으나 재고보충 전에 품질가능성이 증가하여 서비스수준이나 가용성이 떨어지게 된다. 또한 주문량  $Q$ 를 크게 하면 주문횟수의 감소로 인하여 주문비용을 줄일 수 있으나 재고유지비용이 늘어나게 되며, 주문량이 작아지면 반대의 현상이 생긴다. 따라서  $(s, S)$  재고정책에서는 재고관련비용의 합을 최소화하는 최적주문점  $s$ 와 최적보충수준  $S$ (또는 주문량  $Q$ )를 결정하는 것이 관심사가 된다. 이러한 형태의 재고모형에 관한 연구는 Galliber *et al.*(1959), Hadley and Whitin(1963), Liu(1990), Kalpakam. and Sapna(1994) 등이 있다. 특별히 본 연구에서와 같이 여러 대를 동시에 관리하는 경우에 대한 연구는 Page and Gondran(1986)과 정상일 외(1990)가 있다. Page and Gondran(1986)은 부품의 수명이 지수분포이고 발주 및 수송기간이 상수인 경우의  $(s, S)$  방식의 예비품 재고 문제를 다루었다. 정상일 외(1990)는 부품수명이 지수분포를 따르는 여러 대의 동일한 기계가 동시에 가동되는 경우, 예비품의 발주 및 수송기간이 지수분포로 확장하여 연구하였다.

## 2. 지수분포 가정하의 군수지원 재고모형

야전부대 수리품목 재고관리의 근간은 편성부대의 규정휴대량목록(prescribed load list : PLL)과 군수지원부대의 인가저장품목(ASL)이다. 현재 군에서 적용되고 있는 PLL의 휴대량 산출과 ASL에 대한 보급수준 인가일수는 품목의 고장시간이 지수분포를 따른다는 가정 하에 이루어진다.

군수지원을 위한 재고관리에서 사용되고 있는 용어의 정의는 다음과 같다.

- ◎청구목표(Requisition Objective : R/O) : 청구할 수 없는 물자의 최대한도량을 말한다.
  - ◎저장목표(Stockage Objective : S/O) : 보유할 할 수 최대한도를 말한다.  $S/O = O/L + S/L$ .
  - ◎운영수준(Operational Level : O/L) : 신청한 재고보충신청량이 도입될 때까지의 기간 동안에 보유하고 있어야 할 수량을 말한다.
  - ◎안전수준(Safety Level : S/L) : 수요가 증가되거나 수송이 지연되었을 때 재고고갈상태가 봉착하는 불안정을 해소하기 위하여 필요한 수량, 즉 운영수준에 추가하여 예비적으로 항상 남아있도록 보유하는 수량을 말한다.
  - ◎발주 및 수송기간(Order & Shipping Time : OST) : 신청해서 수령할 때까지의 기간을 의미한다.
  - ◎주문점(Reorder Point : ROP) : 재고량이 어떤 기준 이하로 될 때 재신청하여야 할 기준점을 말한다.
- 현재 군에서 적용하는 재고관리를 위한 인가일수의 예를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

<표 1> 보급수준 인가일수 설정의 예

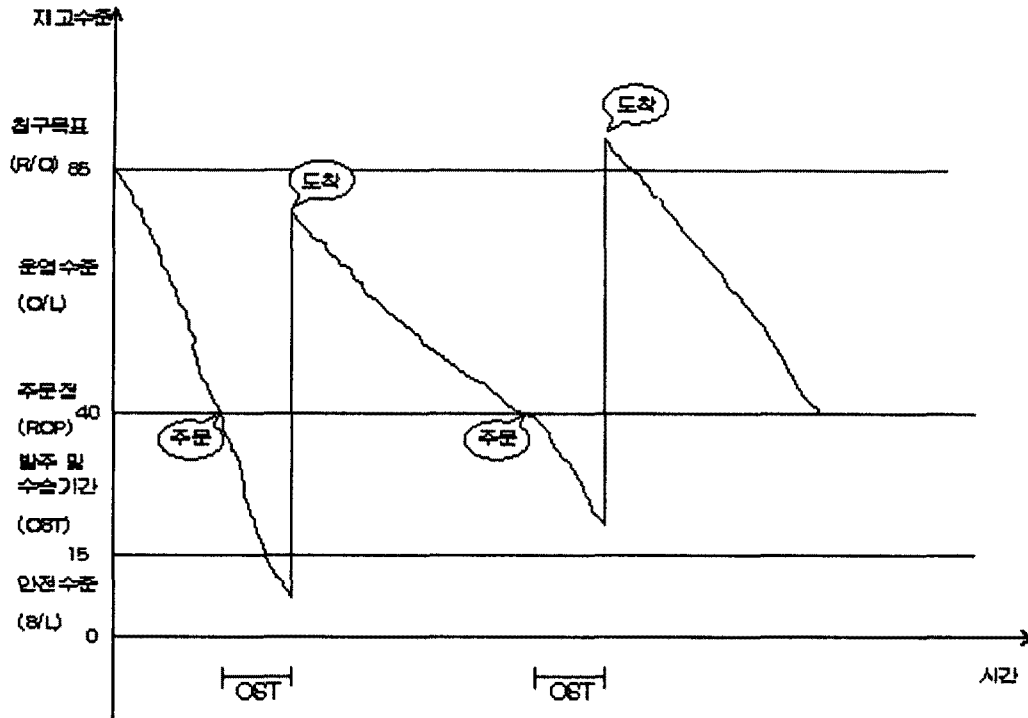
구분	운영수준 (O/L)	안전수준 (S/L)	저장목표 (S/O)	발주 및 수송기간(OST)	청구목표 (R/O)
인가일수	45	15	60	25	85

<표 1> 과 같은 재고모형을 그림으로 나타내면 <그림 1>과 같다.

인가일수가 <표 1>과 같을 경우 주문점은 40일분의 보유량이 재고로 있을 때이다. 예를 들어, 다음 품목에 대한 분석사례를 살펴본다.

<표 2> 수명이 지수분포를 따르는 품목의 예

품 번	품 명	분포	MTBF (단위 : 시간)	고장률 (단위 : 회/시간)
MS*****-***	램프	지수	507.5	0.0018994



<그림 1> 수요가 불확실할 때의 재고수준의 형태

위의 품목은 고장률  $\lambda = 0.0018994$  회/시간 이므로, 대상 장비의 연간 운용시간을 240시간으로 보면, 연간 평균수요량은  $0.0018994 \times 240 = 0.4559$  회/년이며, 해당 부대에서 관리하는 장비수를 54문이라 하면, 해당 부대에서의 <표 2>의 품목에 대한 일일 수요량은

$$\lambda_G = 0.0018994 \times 240 \times 54 / 365 = 0.06744 \text{ 회/일}$$

이다. 이 품목의 경우 ROP = 40일이므로 주문점에서의 재고수준은 다음과 같다.

$$m = \lambda_G \times ROP = 0.06744 \times 40 = 2.6977$$

즉, 3개가 주문점에서의 재고수준이 된다. 유사한 방법으로 주문량(Q)을 구할 수 있다.

$$Q = \lambda_G \times (O/L + OST) = 0.06744 \times 70 = 4.7209$$

주문량은 4개 또는 5개이다. 주문량을 크게 하면 주문 사이의 시간이 길어지고, 주기재고의 양이 증가한다. 반대로 주문량을 적게 하면 주문 사이의 시간이 짧아지고, 주기재고의 양이 감소한다.

또한 발주 및 수송기간(OST) 동안의 수요( $N_{OST}$ )는 다음과 같은 포아송분포를 따른다.

$$N_{OST} \sim \text{Poisson}(\lambda_G \cdot OST)$$

OST = 25일 경우, OST 동안의 평균수요량은  $\lambda_G \times OST = 0.06744 \times 25 = 1.6860$  이고 따라서  $N_{OST} \sim \text{Poisson}(1.6860)$  이다. 이 경우 주문기간 동안에 재고고갈이 발생하지 않을 확률은 다음과 같다.

$$\text{서비스 수준} = \Pr[ N_{OST} \leq 3 ] = 0.9089$$

이는 수요초과로 인한 재고고갈이 생기지 않을 확률이 약 91%는 된다는 것이다.

### 3. 와이블분포 가정하의 군수지원 재고모형의 적용

현재 군에서 적용하는 보급수준 인가일수 등은 대상 품목의 고장시간이 지수분포를 따른다는 가정 하에서 설정된 것이다. 이때 일일 평균 수요량은 "(365일간의 수요량)/365일"로 산출한다. 그러나 고장시간이 와이블분포를 따르는 품목의 경우에 이와 같이 일일 평균 수요량을 산출하여 인가일수에 따른 보유량과 주문량을 구하는 것은 무리가 있다. 와이블분포의 경우 고장률이 시간경과에 따라 변하기 때문이다. 따라서 와이블분포를 따르는 경우에는 품목의 사용연수에 따라 주문점에서의 재고수준이나 주문량을 산출하는 것이 타당하다. 또한 여러 대의 장비를 관리하는 부대의 경우 대상품목의 사용연수가 각기 다르다는 것도 고려되어야 한다.

일반적으로 사용되는 2모수 와이블분포는 다음과 같이 표현된다.

$$f(t) = \left(\frac{\beta}{\eta}\right)\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left\{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}\right\}, t > 0.$$

여기서  $\beta$ 은 형상모수(shape parameter)로서 분포의 모양을 결정한다.  $\eta$ 는 척도모수(scale parameter)로서 가로축의 척도를 규정한다.

일정기간동안의 교체 수요를 구하기 위해서  $t$  시간까지의 기대 교체횟수를 나타내는 재생함수  $M(t)$ 를 이용할 수 있다. 재생함수  $M(t)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} M(t) &= E[N(t)] \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} n \Pr[N(t) = n] \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} n \{F^{(n)}(t) - F^{(n+1)}(t)\} \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} F^{(n)}(t). \end{aligned}$$

여기서  $N(t)$ 는  $(0, t]$  사이에 발생하는 고장 횟수를 나타내며,  $F^{(n)}(t)$ 는 고장분포함수  $F(t)$ 의  $n$ 차 공률(convolution)이다. 지수분포와 모수가 정수인 와이블분포와 감마분포 등 소수의 분포를 제외하고는 일반적으로 재생함수는 간결한 형태로 구할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 White(1967)의 결과를 이용한다.

$$\begin{aligned} M(t) &= E[N(t)] = m_1(w) \\ S^2(t) &= \text{Var}[N(t)] = 2m_2(w) + m_1(w) - m_1^2(w) \end{aligned}$$

여기서

$$m_1(w) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k-1} A_k w^{k\beta}}{\Gamma(k\beta + 1)}$$

$$m_2(w) = \sum_{k=2}^{\infty} \frac{(-1)^{k-1} A_k w^{k\beta}}{\Gamma(k\beta+1)},$$

$$A_k = \gamma_k - \sum_{j=1}^{k-1} \gamma_j A_{k-j},$$

$$\gamma_k = \frac{\Gamma(k\beta+1)}{k!},$$

$$w = t/\eta.$$

이를 이용하여, 주문점에서의 재고수준과 주문량을 구할 수 있다. 예를 들어, 다음 품목에 대해 보급수준 인가일수에 따른 분석 결과는 다음과 같다.

<표 3> 증가고장률 와이블분포를 따르는 품목의 예

품 번	품 명	분포	모수
6*****	그리퍼구조물 (P****)	와이블	$\beta = 2.1796$ $\eta = 489.37$

<표 3>의 품목의 연간 운용시간을 240시간으로 하면, 1년 후 즉, 240시간 동안의 교체수요량은 다음과 같다.  $\beta = 2.1796$ ,  $t / \eta = 240 / 489.37 = 0.4904$  로부터

$$M(240) = m_1(0.4904) = 0.1964$$

$$S^2(240) = 2m_2(0.4904) + m_1(0.4904) - m_1^2(0.4904) = 0.1274$$

즉, 상기 품목은 1년 운용기간 동안에 평균 0.1964번의 고장이 발생한다. 부대 당 장비 보유수를 54문으로 가정하면 부대에서의 1년 간 평균 수요량은  $0.1964 \times 54 = 10.6052$  이며 표준편차는  $\sqrt{54} \cdot \sqrt{0.1274} = 2.6224$  이다. 상기 품목은 연간 평균 수요량이 10.6052임으로 주문점에 해당하는 40일 수요량 = 1.1622이고 주문량에 해당하는 70일 수요량 = 2.0339 이다. 따라서 1년 운용기간 동안의 기대고장수를 기초로 <표 1>과 같이 설정된 인가일수에서는 주문점에서의 재고수준과 주문량을 2개로 할 수 있다.

그러나 와이블분포의 경우, 시간 경과에 따라 고장률이 변화하므로 2년 운용기간 동안의 기대고장수를 기준으로 하면 다른 결과가 얻어진다. <표 3>의 품목의 연간 운용시간을 240시간으로 가정하고, 2년 동안 즉, 480시간 동안의 교체수요량은 다음과 같다.  $\beta = 2.1796$ ,  $t / \eta = 480 / 489.37 = 0.9809$  로부터

$$M(480) = m_1(0.9809) = 0.7096$$

즉, 상기 품목은 2년 운용기간 동안에 평균 0.7096번의 고장이 발생한다. 부대 당 장비 보유수를 54문으로 가정하면 부대에서의 2년 간 평균 수요량은  $0.7096 \times 54 = 38.3204$  이다. 이로부터 주문점에 해당하는 40일 수요량 = 2.0997이며 주문량에 해당하는 70일 수요분 = 3.6746이다. 따라서 2년 운용기간 동안의 기대고장수를 기초로 <표 1>과 같이 설정된 인가일수에서는 주문점에서의 재고수준은 2이며 주문량을 4개로 정할 수 있다.

따라서 대상품목의 고장시간이 와이블분포를 따르는 경우, 장비의 배치년도나 대상품목의

경과년수를 고려하여 주문점과 주문량을 결정하여야 한다. <표 3>의 품목의 경우 경과년수를 고려하여 <표 4>와 같이 제안될 수 있다.

<표 4>  $\beta = 2.1796$ ,  $n = 489.37$  인 와이블분포를 따르는 품목에 대한 주문점과 주문량

경과년 구분	1	2	3	4	5
주문점	2	2	3	3	3
(40일 수요량)	(1.1622)	(2.0997)	(2.5265)	(2.7112)	(2.8120)
주문량	2	4	4	5	5
(70일 수요량)	(2.0339)	(3.6746)	(4.4213)	(4.7447)	(4.9210)

#### 4. 결론

본 연구에서는 고장시간이 와이블분포를 따르는 품목에 대해 현보급수준 인가일수를 적용하는 문제를 다루었다. 이에 따른 현 보급지원체계를 검토하기 위해서는 현 지원체계에서의 재고부족시간을 계산해야 하며, 이를 통해 가용도가 산출되어야 한다. 고장시간이 지수분포를 따르는 품목에 대하여는 Jeong and Kwon(2004)이 연구하였다. 향후 고장시간이 와이블분포를 따르는 경우에 대하여 후속 연구가 필요하다. 이에는 예방교체와 같은 정비정책이 함께 고려되어야 한다. 또한 안전수준, 발주 및 수송기간, 운영수준의 변화에 따른 가용도에 대한 민감도 분석이 실시되어야 한다.

#### 참고 문헌

- [1] 권종광(2006), 야간투시경 기술개발 동향, 한국항공우주학회지, 34권, 9호, pp. 113-120.
- [2] 이인식, 박정원(1998), 전자 Device의 신뢰성 시험에 관한 연구, 산업기술시험평가연구소 (산업자원부).
- [3] MIL-HDBK-781A(1996), Military Standards and Specification, HANDBOOK FOR RELIABILITY TEST METHODS, PLANS, AND ENVIRONMENTS FOR ENGINEERING, DEVELOPMENT QUALIFICATION, AND PRODUCTION.
- [4] MIL-I-49453(1989), Military Standards and Specification, IMAGE INTENSIFIER ASSEMBLY, 18 MM MICROCHANNEL WAFER MX-10130() / UV.
- [5] MIL-STD-810F(2000), Military Standards and Specification, ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSIDERATIONS AND LABORATORY TESTS.
- [6] Reliasoft(2001), Accelerated Life Testing Reference.
- [7] Takahisa, K. et al.(1994), Long-term Reliability of Amorphous Silicon Solar Cells, Solar Energy Materials and Solar Cells, Vol. 34, pp. 485-492.

- [8] William Q. Meeker, Luis A. Escobar(1998), Accelerated Degradation Tests: Modeling and Analysis, Technometrics, Vol. 40, No. 2.
- [9] William Q. Meeker, Luis A. Escobar(1998), Statistical Methods for Reliability Data, WILEY INTERSCIENCE.