

종합군수지원체계 하에서의 보급지원에 대한 연구

정해성·권영일*

서원대학교·청주대학교*

A Study on the Supply Support in the Integrated Logistics Support

Hai Sung Jeong · Young Il Kwon*

Dept. of Applied Statistics, Seowon University
Dept. of Industrial Engineering, Cheongju University*

1. 서론

종합군수지원(Integrated Logistic Support ; ILS)이란 무기체계의 효과적이고 경제적인 군수지원을 보장하기 위하여 무기체계의 소요 기획으로부터 설계, 개발, 획득, 운용 및 폐기 시까지 전 수명주기(life cycle)에 걸쳐 제반 군수지원 요소를 종합 관리하는 활동이다. 종합군수지원에서의 여러 가지 활동 중 보급지원 활동에 있어서 중요한 문제는 비용을 최소화하면서 동시에 군의 전력손실이 발생하지 않도록 장비의 가용도(가동률, availability)를 최적의 상태(optimal condition)로 유지하는 것이다. 실제로 일정기간 소요되는 수요에 대비하여 적정수준의 예비부품을 재고로 보유한다는 것은 최상의 전력유지와 관계되는 매우 중요한 군수지원기능 중 하나이다. 따라서 부품들의 불확실한 수요(demand)에 대비하여 불필요한 과잉(excessive) 재고의 보유현상과 필요한 재고량을 보유치 않음으로써 발생하는 재고부족현상이 일어나지 않도록 재고정책(inventory policy)을 수립하는 것이 매우 중요하다.

재고란 경제적 가치를 지닌 것으로 이용되고 있지 않은 자원으로서 미래의 수요에 대비해서 보유하고 있는 자산이다. 재고는 비용을 유발한다. 즉, 적절치 못한 수요예측으로 잉여재고가 발생하였다면 잉여재고 만큼의 불필요한 비용이 초래된 것이다. 그러나 잉여재고로 인한 비용이 두려워 재고를 부족하게 보유했다면 이는 군에 있어서 더 큰 전투력의 손실을 초래할 가능

성이 있다. 잉여재고는 단지 비용을 초래하는데 그치지만 재고부족은 장비의 기능마비로 작전 기능에 차질을 가져오기 때문이다.

보급지원은 무기체계의 초도보급 및 수명주기 동안의 수리부속품의 소요에 따른 재고 유지를 위하여 물자와 인원 등에 관련된 활동이며 주요 내용은 다음과 같다.

- 유지부품 보유량 분석
- 보급지원체계의 수립
- 동시조달부품(CSP)의 산정

본 연구에서는 군에서의 보급지원에 대한 기본 개념을 소개하고, 주요 내용에 대한 실제 적용 방안을 논의하고자한다.

2. 유지부품 보유량 분석

군에 있어서 장비의 가용도를 최적의 상태로 유지하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 원활한 정비활동이 뒤따라야 할 것이며, 이와 같은 정비활동을 위하여 각종 예비품(spare parts)의 원활한 지원이 요구된다.

군수지원체계 하에서 부품들의 수요(소요량)는 부품의 고장률에 가장 큰 영향을 받는다. 따라서 부품의 고장률이 재고정책 대상품목, 신청량 및 신청시점 결정 시 가장 중요한 요소의 하나이다. 일반적으로 고장의 유형은 초기고장, 우발고장 및 마모고장으로 분류되며 고장률의 기본적인 형태는 감소형(DFR ; Decreasing Failure Rate), 증가형(IFR ; Increasing Failure Rate) 그리고 일정형(CFR ; Constant Failure Rate)의 3가지가 있다. 원칙적으로 이런 고장 특성에 따라 보급지원정책이 결정되어야 한다.

2.1 규정휴대량목록(PLL) 및 인가저장목록(ASL) 관련 규정의 검토

PLL(Prescribed Load List)은 편성부대 및 독립중대와 파견대의 장비에 대한 부대정비를 수행하기 위하여 보유해야할 수리부속품과 특수공구 등을 열거해서 수록해 놓은 목록을 말한다. 목록의 대상은 크게 항공장비와 항공장비를 제외한 장비로 구분된다. 본 연구에서는 항공장비를 제외한 장비를 대상으로 한다. 이들 목록에 포함될 대상품목은 1년간의 실 수요량에 근거하여 선정된다. 예를 들어 PL(Prescribed Load) 품목은 “최근 1년간 수요량이 6개(15일간 수요량 0.25)이상인 품목”을 대상으로 하며, 수량산정공식은 최근 1년간 수요제원이 있는 품목의 경우 15일간의 수요량 즉, “최근 1년간 총수요량/360 × 15 = 규정휴대량”을 사용한다. ASL(Authorized Stockage List)은 각급 보급기관에서 현보급 운영을 지속하고 장차 예측되는 소요를 충당하기 위하여 항상 저장하도록 인가된 보급품의 총목록을 말한다. PLL은 ASL설정기준에 관계없이 이에 포함된다. ASL설정기준은 “사단급부대의 경우 과

거 1년간 수요실적을 기준으로 누적수요율 85% 범위 내에서 수요회수 4회 이상 품목”으로 선정한다(정해성, 권영일, 김용걸 (2003)).

2.2 PLL/ASL 대상품목 산출

ASL규정에 의거하여 N을 1년간 수요량이라 하면, N의 분포가 포아송분포를 따른다고 가정할 때, $N \sim P(6)$ 의 경우 $\Pr[N \geq 4] = 0.8488$ 을 만족함으로 ASL 선정기준은 PLL의 경우인 1년간 평균수요량이 6개 이상인 품목과 일치한다.

PLL/ASL대상품목은 보유장비수가 m대이고 고장시간의 분포가 고장률이 λ 인 지수분포를 따를 경우, 연간 평균고장횟수가 $\lambda mt \geq 6$ 인 품목에 해당한다. 연간운영시간을 240시간으로 하고 편성부대 장비 보유대수 $m = 18$, 상급계단 정비부대 관리대수 $m = 54$ 로 가정하는 경우, PLL/ASL대상품목의 선정기준은 아래와 같다.

구 분	고장률의 범위(단위 : 회/시간)
PLL대상품목	0.0013889 이상
ASL대상품목	0.0004630 이상

2.3 PLL/ASL 대상품목 보유량 산출

PL 산정공식은 최근 1년간 수요제원이 있는 품목의 경우 “최근 1년간 총수요량/360 × 15 = 규정휴대량”이다. 따라서 품목에 대한 수명분포가 구해진 경우에는 “1년간 평균 고장수/360 × 15 = 규정휴대량”으로 구해질 수 있다. 단, 이 경우는 예방보전을 하지 않는 경우이다. 고장시간이 고장률 λ (회/시간)인 지수분포를 따르는 대상품목에 대해 예비품 공급주기 (0, t]시간 내에 발생하는 고장 발생 횟수의 분포는 평균이 λt 인 포아송분포를 따른다는 사실을 이용하여 재고 부족률이 α 이하가 되도록 예비품을 준비한다면 다음 식이 성립된다. 여기서 m은 보유장비의 대수이다.

$$P(\lambda, n) = \sum_{x=0}^n \frac{(\lambda mt)^x e^{-(\lambda mt)}}{x!} \geq 1 - \alpha \tag{1}$$

여기서 n은 수요량이며, $1 - \alpha$ 는 임무중요도로 대상 품목의 임무신뢰도계수(MRF) 별로 그 중요성을 판단 할 수도 있고, 다음과 같은 <표 1>을 이용할 수도 있다.

<표 1> 각 품목의 긴급도와 특성을 반영한 임무중요도

75%	고가이면서 서서히 마모되는 부품에 적용
85%	초도 재고(보급)요소 산출시 일반적으로 적용
95%	저가인 품목의 고장으로 인해 고가의 장비(시스템)에 대한 정지시간이 길어지는 것을 방지하기 위해 적용
99%	비용이 들더라도 예비품을 저장해 두고자하는 매우 긴급한 품목에 적용

ASL 산정도 사단급 관리대수 예를 들면 $m = 54$ 대를 고려하여 같은 방법으로 구할 수 있다.

효율적인 장비 운영을 위해 예방보전이 필요한 경우가 있다. 특히 증가고장률을 갖는 품목의 경우는 장비운영의 효율성과 경제성을 위해서도 예방보전이 매우 중요하다. 군의 경우 정비 이력관리가 수월함으로 연령교체방식이 타당하다. 이 경우 사후교체와 예방교체를 포함한 평균교체시간은 다음과 같다(정해성, 박동호, 김재주(2002)).

$$m_R = \int_0^{T_a} R(t) dt$$

여기서 T_a 는 연령교체 주기이고 $R(t)$ 는 신뢰도함수이다. 따라서 관심있는 구간 $(0, T]$ 에서의 부품소요량의 기대값은 T/m_R 이다. 따라서 연간운영시간이 240시간인 부품에 대하여 연간 기대되는 소요량은 $240/m_R$ 로 구할 수 있다.

2.4 와이블 분포하에서의 소요량 산출

대상품목의 수명분포가 지수분포가 아닌 경우 2.2절의 대상 품목 산출과 2.3절의 보유량 계산 시 앞의 공식을 적용할 수 없다. 와이블분포를 따르는 품목에 대한 접근을 위해서는 와이블분포 하에서의 t 시간 내에 n 번 이하 고장 날 확률 $W(t, n)$ 의 계산이 필요하다. 이는 향후 대상품목의 수명분포가 와이블인 품목에 대한 동시조달수리품목(CSP)의 적정소요량 산출의 기초가 될 수 있다. 본 연구에서는 이를 Excel Macro를 이용하여 프로그래밍화 하여서 쉽게 이용할 수 있도록 했다(<그림 1>). 이를 이용하여 와이블분포를 따르는 품목들의 1년 동안의 평균 소요량을 산출할 수 있다.

참고 : Program Logic/Flow

- ㄱ) 고장시간이 형상모수 β , 척도모수 η 인 와이블분포, 즉 Weib(β, η)를 따를 경우, 이 분포를 따르는 난수 T_1, T_2, \dots, T_n 을 생성한다. 이때 Weib(β, η)를 따르는 난수 T_1 은 $T_1 = \eta(-\ln R)^{1/\beta}$, $R \sim U(0,1)$ 을 이용하여 생성할 수 있다.

ㄴ) $N(t)$ 를 $(0, t]$ 사이에 발생하는 고장회수라 하면, $n = 0$ 일 때,

$$\begin{aligned} & \Pr [N(t) > 0] \\ &= \Pr [N(t) \geq 1] \\ &= F(t) \\ &= 1 - W(t, 0) \end{aligned}$$

이다. 따라서 사용기간 t 내에 고장수가 0 일 확률은 다음과 같다.

$$W(t, 0) = 1 - F(t).$$

$$\begin{aligned} & n = 1 \text{ 일 때는} \\ & \Pr [N(t) > 1] \\ &= \Pr [N(t) \geq 2] \\ &= \Pr [T_1 + T_2 \leq t] \\ &= 1 - W(t, 1) \end{aligned}$$

이다. 따라서 사용기간 t 이내에 1 번 이하로 고장 날 확률은

$$W(t, 1) = 1 - \Pr [T_1 + T_2 \leq t]$$

이다. 마찬가지로 사용기간 t 이내에 n 번 이하로 고장 날 확률은

$$W(t, n) = 1 - \Pr \left[\sum_{i=1}^{n+1} T_i \leq t \right]$$

가 된다.

이를 이용하여 수명이 와이블분포를 따르며, 연간가동시간이 240시간인 아래의 품목에 대하여 연간 기대고장수가 1.5366임을 구한 프로그램이 <그림 1>에 주어져 있다.

품 번	품 명	분포	형상모수	척도모수
6*****	조종간	와이블	0.0381	813.9

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	입력내용	입력값			고장수	누적확률	확률	고장수 × 확률
2	형상모수	0.0381			0	0.3850	0.3850	0.0000
3	척도모수	813.9			1	0.6250	0.2400	0.2400
4	사용기간	240			2	0.7623	0.1373	0.2746
5					3	0.8589	0.0966	0.2898
6	입력후 ctrl+a				4	0.9118	0.0529	0.2118
7	를 누르세요				5	0.9466	0.0348	0.1740
8					6	0.9658	0.0192	0.1152
9					7	0.9803	0.0145	0.1012
10					8	0.9890	0.0087	0.0696
11					9	0.9930	0.0040	0.0360
12					10	0.9954	0.0024	0.0245
13						계산완료		
14								
15								
16								
17								
18								
19								

<그림 1> 프로그램 구동결과

3. 보급지원체계의 검토

보급지원 체계에서 운영되는 대부분의 재고관리 방식들(inventory control methods)은 최소의 비용(lowest total cost)으로 필요한 적정 재고량을 유지하는 방식을 추구한다. 따라서 경제적인 측면에서 재고정책들(inventory policies)은 재고유지비용(inventory holding cost)과 주문비용(procurement cost)사이의 최적화(optimization) 문제를 다루게 된다. 한편 운용장비의 수리부품을 조달하기 위한 보급지원 체계 하에서는 수요가 확률적으로 발생하며 일반적으로 부품을 주문한 후 인도되기까지 지연시간(lead time or logistics delay)이 발생한다. 만약 지연시간동안(delay time)에 필요한 수리부품(repairable spare part)이 고갈될 경우 작전수행이나 장비의 효율적 운용에 큰 지장을 초래하게 될 것이다. 군수지원 체계 하에서 운영되는 장비의 효율성(system effectiveness)은 그 장비가 의도된 기능을 얼마나 잘 수행할 수 있는지를 나타내는 척도(measure)들로 표현된다. 이러한 효율성을 나타내는 대표적인 척도중의 하나가 가용도(availability)이다. 가용도란 임의의 시점에서 임무(mission)가 요구되었을 때 장비의 가동이 가능한지를 나타내는 척도로서 '가동 준비태세(operational readiness)'라고도 불리며, 가동시간(operating time)과 정지시간(down time)의 함수로 표현된다. 운용가용도는 다음과 같이 정의된다.

$$Operational\ Availability = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MLDT} \tag{2}$$

식 (2) 에서 MTBF(Mean Time Between Failures)는 고장간 평균시간, MTTR(Mean Time to Repair)은 평균수리시간 그리고 MLDT(Mean Logistics Delay Time)는 평균보급 지연시간을 나타낸다.

현재 군에서 적용하고 있는 재고모형은 재고량이 연속적으로 관측(continuous review)되는 상황에서의 정량발주(fixed reorder quantity)모형으로서 보유 재고량이 주문점(reorder point ; ROP)에 도달하면 Q 만큼 주문하는 방식이다. 이러한 연속 관측 재고 모형에 관한 연구는 Galliber et al.(1959), Newberry(1960), Hadley and Whitin(1963), Liu(1990), Kalpakam. and Sapna(1994)를 참고하라. 보급지원을 위한 재고관리에서 사용되고 있는 용어의 정의는 다음과 같다.

- 안전수준(Safety Level : S/L)
불확실한 수요나 조달지연에 의한 재고 고갈상태에 대비하기 위해 유지해야하는 최소한의 재고수준을 말한다.
- 저장목표(Stockage Objective : S/O)
재고 보유량의 최대치를 말한다.
- 운영수준(Operational Level : O/L)
저장목표에서 안전수준을 제외한 량으로서 1회 주문량에 해당된다.
 $O/L = S/O - S/L$
- 발주 및 수송기간(Order & Shipping Time : OST)
주문을 신청해서 입고될 때까지의 기간을 의미한다.
- 주문점(Reorder Point : ROP)
재고량이 어떤 기준 이하로 될 때 재 신청하여야 할 시점을 말한다.
 $ROP = S/L + OST$
- 1회 주문량(Order Quantity : Q)
1회에 주문하는 수량을 말한다.

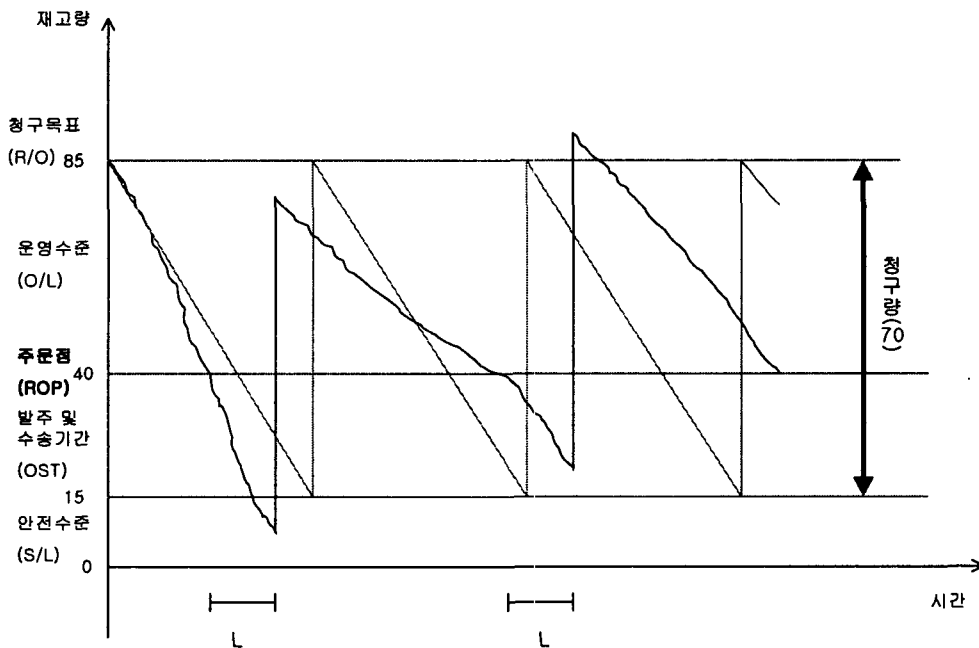
3.1 지수 분포하에서의 소요량 분석

다음 표는 군에서 적용하는 “정비단계별 보급수준 인가일수” 를 예시한 것이다. 이 자료를 바탕으로 기존의 재고정책 대상 품목의 정비단계별 보급수준 인가일수에 따른 구체적인 소요량을 계산한다.

<표 2> 정비단계별 보급수준 인가일수

구분	부대	직접	일반
운영수준(O/L)	15	30	45
안전수준(S/L)	-	15	15
저장목표	15	45	60
발주 및 수송기간(OST)	7	10	25
청구목표(R/O)	22	55	85

<표 2>과 같은 재고모형은 정량발주 방식으로서 그 행태는 <그림 2>과 같이 나타낼 수 있다. 그림에서 L 은 발주 및 수송기간 OST를 뜻한다.



<그림 2> 확정적 재고모형

일반정비의 경우 주문점(ROP)이 40일분의 보유량이 재고로 있을 때이다. 예를 들어, 아래품목에 대한 분석사례를 제시한다.

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

위의 품목은 고장률 $\lambda = 0.0018994$ 회/시간 이므로, 대상 장비의 연간 운용시간을 240시간으로 보면, 일일 평균 수요는 $\lambda_d = 0.0018994 \times 240 / 365 = 0.001249$ 회/일이며, 관리 장비수를 18문으로 보면, 18문 당 상기 품목의 수요량은

$$\lambda_N = 0.001249 \times 18 = 0.022482 \text{ 회/일}$$

ROP = 40일이므로 주문점에서의 재고량은

$$Q_{ROP} = \lambda_N \times ROP = 0.022482 \times 40 = 0.89928 \approx 1$$

즉, 1개가 재주문 시점(ROP)시의 잔여재고수량이 된다. 유사한 방법으로 청구량(Q)를 구할 수 있다.

$$Q = \lambda_N \times (O/L) = 0.022482 \times 45 = 1.0117$$

OST = 25일이라면, OST 동안의 평균수요량은

$$\lambda_N \times OST = 0.022482 \times 25 = 0.56205 \text{ 이다.}$$

3.2. 보급지원체계의 검토

현 보급지원체계를 검토하기 위해서는 현 지원체계에서의 재고부족시간을 계산해야 하며, 이를 통해 가용도가 산출되어야 한다(이에 관한 연구는 Jeong과 Kwon(2004)을 참고). 또한 안전수준의 변화와 재주문점의 변화에 따른 가용도에 대한 민감도 분석이 실시되어야 한다.

재고관리대상부품에 대하여 총예산이나 총주문량이 주어져있는 경우에는 각 부품의 부품수요율, 가격, 임무중요도를 고려한 한계효용분석법을 이용하여 신청품목과 신청량 선정을 위한 의사결정을 할 수 있다. 이의 절차는 다음과 같다.

- 1) 각 대상 품목의 상위 누적확률을 구한다.
- 2) 비용과 임무중요도를 고려한 가중치를 적용한다.
- 3) 가중치가 고려된 한계효과를 계산한다.
- 4) 품목과 발주량 결정을 위한 의사결정을 한다.

이러한 방법을 사용하여 품목의 수요발생확률, 부품가격 및 임무중요도 등을 복합적으로 고려하여 발주를 결정할 수 있다. 이를 통해 발주량 결정순서와 한계효과를 고려하여 품목별 재고관리 분류기준을 정할 수도 있다.

4. 동시조달품목(CSP)의 산정

동시조달부품(Concurrent Spare Part ; CSP)란 신규장비체계 배치 시 주장비와 함께 보급되는 수리 및 예비부속품으로 이는 장비배치 후 초기 일정기간 동안 재보급없이 장비체계에 주어진 운영 임무를 수행하기 위하여 사용되는 지원 부품이다. CSP는 장비의 초기운영에 영향을 주는 중요한 부분이다. 적정수준의 CSP를 확보하는 경우 장비 사용부대, 정비부대 및 보급부대가 최초 보급품 재고를 적정수준으로 유지하게 되며 이에 따라 요구되는 전투준비태세를 갖출 수 있다. 반면에 적정수준 이상의 CSP를 확보하는 경우, 부품의 재고가 필요이상으로 많아지게 되어 비용의 낭비를 초래하게 된다. 또한 부족한 경우 장비체제 가용도 유지에 심각한 문제를 초래하게 된다. 따라서 최소의 비용으로 최대의 효과를 얻어내기 위해서는 최적수준의 CSP를 판단하여 구매하여야 한다.

CSP 소요를 산출하는 대부분의 모형 들은 장비를 구성하는 구성품 및 부품의 고장률, 수리율 자료를 근거로 대상품목의 소요를 예측하고 CSP 구매비용이나 장비의 운용 가용도를 척도로 보급소요를 결정 하고 있다. 가용예산 제약 조건을 고려한 재고 CSP 소요량 결정은 다음과 같이 할 수 있다.

$$\text{Min } n_1 + n_2 + \dots + n_k$$

$$\text{s.t. } P(\lambda_i, n_i) \geq \beta_i$$

$$\sum_{i=1}^k c_i n_i \leq B$$

여기서 $P(\lambda_i, n_i) = \sum_{x=0}^{n_i} (\lambda_i m t)^x e^{-\lambda_i m t} / x!$, n_i 은 i 번째 부품에 대한 결정량, 그리고 λ_i 는 i 번째 부품의 고장률을 각각 나타낸다. 위의 모형에서의 제약식은 각 부품별 중요도(신뢰수준) β_i 에 대한 조건과 가용예산 제약 조건으로 이루어져 있다. 여기서 c_i 는 i 번째 부품의 개당 가격이다.

Whole Sale Provisioning 모형(Richard and McMasters(1983))은 미 해군 에서 개발한 가장 일반적으로 적용되는 모형으로 재고 부족량 극소화 모형(Units Short Model), 시간가중 재고부족 극소화 모형(Time Weighted Units Short Model), 가용도 모형(Availability Model)으로 구성되어 있다. 재고 부족량 극소화 모형 은 예산 범위 내에서 기대되는 재고 부족량을 극소화 시키는 모형이고, 시간가중 재고 부족 극소화 모형은 CSP 운용기간동안 발생하는 재고 부족량 뿐 만 아니라 재고 부족량이 지속되는 시간을 동시에 고려하는 모형으로 시간요인을 가중치로 한 재고부족량의 기대치를 최소화 시키는 조건에서 CSP 수량을 결정한다. 그리고 가용도 모형은 제한된 비용범위 내에서 운용 가용도를 최대화 하는 CSP 소요량을 결정하고 있다. CSP 소요량 산출에 관하여 박상수와 이규현(1997), 우제웅과 강맹규(1998), 김영호와 전치혁(2000), 오근태와 김명수(2002) 등 국내 연구가 활발한 편이다.

5. 결 론

군수지원체계는 전투준비태세(operational readiness)와 같은 임무수행의 효율성과 수명 주기비용(life cycle cost)과 같은 경제성을 동시에 고려하여 최적의 상태를 유지하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 야전에서의 대상장비와 부품에 대한 고장률과 신뢰도에 기초하여 산출된 정확한 품목별 소요량을 바탕으로 부대정비, 야전정비, 창정비 등 정비 단계별 정비체계, 부품재고 및 조달체계의 효율성을 종합적으로 검토할 필요성이 있다. 본 연구에서는 우리 군에서 보유하고 있는 지상장비를 대상으로 실제 야전에서의 고장자료를 분석하여 산출한 장비와 부품의 고장률을 사용하여 ILS 군수지원체계 하에서의 유지부품 보유량을 분석하고, 보급지원체계의 수립 및 동시조달부품(CSP)의 산정 사례를 제시하였다. 여기서 사용한 분석방법은 지상장비 뿐 아니라 해상 및 항공장비의 ILS 구축에도 적용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Galliber, H. P., Morse, P. M. and Simond, M. (1959). Dynamics of two classes of continuous review inventory systems, *Operations Research*, Vol. 7, No 3, 362-384.
- [2] Hadley, G. and Whitin, T. M. (1963). *Analysis of inventory systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- [3] Jeong, H. S. and Kwon, Y. I. (2004), Operational availability under a continuous review inventory model for the logistics support, *International Journal of Reliability*, 75-80.
- [4] Kalpakam, S. and Sapna, K. P. (1994) Continuous review (s, S) inventory system with random life times and positive lead times, *Operational Research letters*, 16, 115-119.
- [5] Liu, L. (1990) Continuous review models for inventory with random life times, *Operational Research letters*, 9, 161-167.
- [6] Newberry, Thomas L. (1960). A classification of inventory control theory, *J. of Industrial Engineering*, Sep.-Oct., 391-398
- [7] Richard, F. R and A. W McMasters, *Wholesale Provisioning Models*, NPS 55-83-026, Naval Postgraduated School, sep. 1983.
- [8] 김영호, 전치혁(2000), 한국신뢰성학회 2000년 추계학술대회 발표문집, 321-328.
- [9] 박상수, 이규현(1997), CSP 적정소요 산출을 위한 모형개발에 관한 연구, 한국군사운영

분석학회지, 제23권, 제1호, 63-75.

- [10] 오근태, 김명수(2002), 운용가용도제약하에서 일정 비율 수리가능한 동시조달품의 구매량 결정, 신뢰성응용연구, 제2권, 제2호, 85-98.
- [11] 우제웅, 강맹규(1998) 동적 환경에서의 동시조달 수리부속품 재고수준 결정, 한국군사운영분석학회지, 제24권, 제2호, 146-161.
- [12] 정해성, 권영일, 김용걸(2003), 운용/정비자료 분석을 위한 RAM 분석 모델 개발 및 D/B 구축, 삼성테크윈(주) & 서원대학교.
- [13] 정해성, 박동호, 김재주(2002), 신뢰성 분석과 응용, 영지문화사.