

A Study on the Economic Life Cycle Decision Method of Aircraft Direct Support Equipment

Si Yeon Kim · Bong-Wan Choi · Hyun-Seung Oh[†]

Department of Industrial and Management Engineering, Incheon National University

항공기 지원 장비 경제수명 결정에 관한 연구

김시연 · 최봉완 · 오현승[†]

한남대학교 산업경영공학과

This study attempts to utilize the economic efficiency analysis results focused on the break-even point as an indicator for the decision making of commanders and staff. We suggested a method of determining economic life by utilizing logistics information system and commercial program Minitab with a focus on the equipment's operational environment and performance data, whereas previously the equipment's retirement period was simply determined by the current equipment prices and sustainable period.

Keywords : Economic Life Cycle, Operational Maintenance Cost, MTBF

1. 서 론

무기체계가 첨단화하고 고가화 됨에 따라 무기체계를 구성하고 있는 각 계통별 수명주기가 짧아지고, 매년 무기체계를 운영하는 예산 또한 제한된 상황에서 장비관리의 효율성을 극대화 시키는 선택과 집중은 모든 관리자들의 화두이다[9, 11]. 그러나 대부분의 관리자들은 주 무기체계의 가동률이 저하된다든지 어떠한 문제가 발생되면 왜 그런 문제가 발생되었고 대책은 무엇인가 등에 대한 관심과 해결을 위한 노력은 집중하고 있으나, 그 이외에 주 무기체계를 지원하는 장비의 고장과 처리 등에 대해서는 관심을 집중하지 않는 것이 현재 우리의 모습이다[12].

대한민국 공군은 항공기를 지원하기 위해서 약 3천여종의 각종 지상지원장비(GSE : Ground Support Equipment)를 운영하고 있으며, 이들 장비들은 각각의 정해진 수명주기에 따라서 확보, 운영 및 도태의 과정을 반복적으로 거치면서 매년 700억 수준의 예산을 새로운 장비 확보에

사용하고 있는데 운영자의 관심정도에 따라서 절감 또는 낭비요소가 될 수 있기 때문에 관리자의 관심이 필요하다[2, 3].

그리고, 지상 지원 장비를 확보하는 예산 또한 제한된 예산 범위 내에서 이루어지기 때문에 장비관리에 관심을 집중하지 않으면 꼭 필요한 장비를 확보하지 못함으로써 우리가 요구하는 임무지원에 차질이 발생할 수 있기 때문에, 제한된 예산의 선택과 집중을 위해서는 지상 지원 장비에 대한 수명관리가 더욱 중요하다.

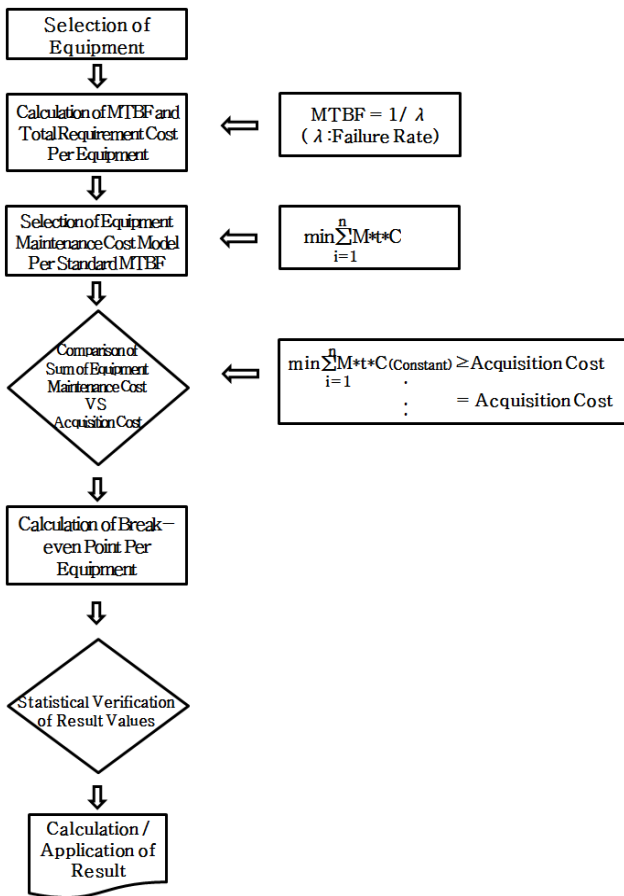
따라서 본 논문은 현 우리가 운영하고 있는 각종 장비에 부여된 제작사의 경제수명과 실제 작전환경 하에서 운영된 운영수명의 차이에 대한 분석을 통하여 적정한 장비 도태시점에 대한 기준과, 관리자들이 사용하는 장비운영유지예산이 적정하게 운영되고 있는지를 검증하고자 하는 방법을 마련하는데 그 목적이 있다.

이러한 연구를 통해서 첫째, 장비 도태 및 불용결정 시 제작회사에서 부여한 장비의 수명으로 장비의 불용시기를 판단하는 현재의 방법에서 현장에서 운영된 실적을 중심으로 분석된 결과에 따라 불용시기를 판단한다. 이를 통해 동일한 시기에 획득한 장비가 운영환경

이 상이한 여건에서 활용되어 장비별 도태 시기가 상이함에도 불구하고 일괄 도태 처리되는 불합리성을 개선할 수 있을 것이다. 둘째, 운영실적 중심으로 산출된 장비수명결과에 따라서 장비를 불용 처리하는 것이 경제적인지 아닌지를 판단 할 수 있는 기준을 제시함으로써 적기에 불용처리하고 중기계획에 반영할 수 있을 것이다. 마지막으로, MTBF에 따른 장비운영의 최적 유지비용을 산출할 수 있어 장비관리자가 사용하는 연간 예산의 정도가 적정 또는 초과 운영되고 있는지의 여부를 확인하고 평가하는 수단으로 적용할 수 있을 것으로 기대한다.

2. 연구 방법

본 논문의 연구 방법은 실제 장비운영실적을 기반으로 운영기간에 비례해서 장비의 결함과 유지비용이 증가한다는 가정 하에 장비의 MTBF와 운영유지비를 활용하여 수학적 방법으로 계산해서 추정하는 방법으로 산정 흐름은 <Figure 1>과 같다.



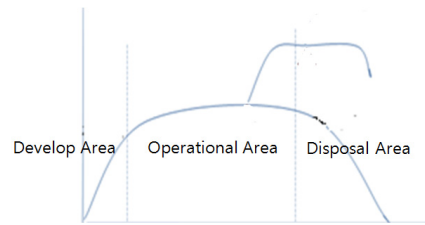
<Figure 1> Diagram for Calculating Process

3. 장비관리 실태 및 문제점

3.1 장비의 정의 및 특징

장비란 주요기능을 독립적으로 수행할 수 있고, 정해진 수명주기 동안에 동일성을 유지할 수 있는 완제품으로서 일정 수준이상의 화폐가치를 가진 품목을 말하며, 장비는 구조적으로 부분품, 결합체 및 구성품으로 구성되어 있다[1, 6].

장비의 정의에서 우리가 알 수 있듯이, 장비는 장비가 사용되는 임무의 중요성과 관계없이 사용기간 동안에 일정 수준 이상의 화폐가치를 지속적으로 갖고 있기 때문에 어느 시점까지 장비를 운영하는 것이 경제적인 측면에서 효과적인지를 판단하고 관리하는 일은 중요하다.

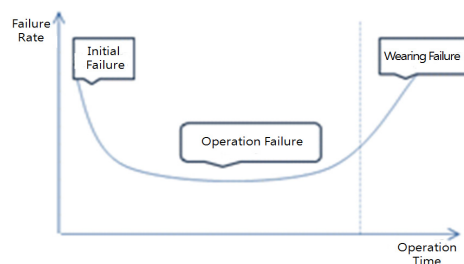


<Figure 2> Life Cycle of Equipment

<Figure 2>에서 보는 바와 같이 장비는 제작사에서 설계 시 지정한 수명연한에 따라서 일정기간이 지나면 폐기되지만 사용 환경과 성능개량을 통해서 사용수명이 인위적으로 연장될 수 있는 특징을 가지고 있다. 따라서 장비 운영간의 분석활동을 통해서 정확한 내구 연수를 판단하고 경제적 관점에서 폐기시키는 시점을 정확하게 판단하는 것은 예산 측면에서 매우 중요하다.

3.2 장비 결함특징과 운영 유지비의 관계

장비 결함은 운영초기에는 운영환경구축 미흡 및 운영자의 숙련도 등등의 사유로 결함이 증가하고, 말기에는 마모에 따라서 결함이 증가하고, 운영단계는 안정화되는 특징을 가지고 있다. 이것을 우리는 욱조커브(bathtub curve) [4]라고 하며 일반적인 형태는 <Figure 3>과 같다.

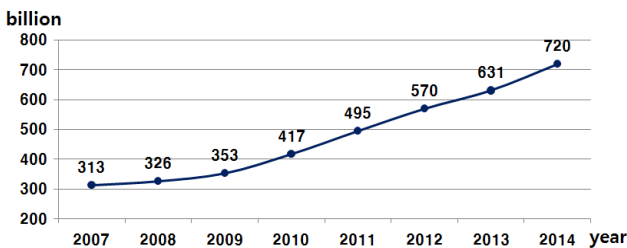


<Figure 3> Bathtub Curve

<Figure 3>의 육조커브는 어디까지나 학문적인 접근방법에 의한 가장 이상적인 결합발생의 형태를 나타낸 것이고, 실제적인 운용환경에서는 장비의 운영환경과 사용자의 숙련도, 그리고 장비 구성품의 이론적 강도와 차이 등의 여러 가지 변수 요인에 따라서 차이가 나고, 결합과 유지비의 관계는 결합의 숫자가 많으면 유지비 또한 많이 소요됨으로 정비비의 관계에 있다고 볼 수 있다. 즉, 결합의 증가는 비용의 증가로 이어진다고 본다. 그러나 결합이 발생하였다더라도 간단한 수리, 예를 들면, 먼지제거, 왁스 칠 등으로 유지비가 계산되지 않는 경우가 있는데 이러한 단순 결합은 본 연구에서 고려하지 않았다.

3.3 장비 획득관리 및 문제점

장비의 획득은 작전 요구에 의해서 인가되고 획득이 이루어지며, 기술의 발달에 따른 무기체계의 교체주기 단축과 첨단 정밀장비의 발전은 <Figure 4>에서 보는 바와 같이 장비획득 예산의 증가로 이루어지고 있다.



<Figure 4> Status of Acquiring Equipment Budget

<Figure 4>에서 보는 바와 같이 공군의 장비획득 예산은 '14년 기준으로 '07년에 비하여 약 2.3배 정도 증가되었다. 무기체계의 첨단화 정밀화 추세에 맞추어 지원하는 장비의 형태와 특징도 다양하게 발전하게 되고 이와 더불어 획득비용의 증가폭이 더욱 커질 것으로 예상되기 때문에 관리에 더욱 관심을 가져야 한다.

또한, 항공 무기체계와 다르게 항공기를 직접 지원하는 장비, 차량장비 등은 장비의 획득방법과 종류가 획득 시마다 가격과 성능에 따른 구매조건에 따라 다르게 나타나는 특성 때문에 관리자가 관리하는데 상당한 제약이 될 수밖에 없다. 예를 들어, 동일한 기능을 발휘하는 장비라도 상용화 절차[5]를 따라서 획득하는 경우에는 제작회사의 차이에 따라서 형상이 달라진다. 또한, 사용의 편리성에 따라서 획득시기가 동일하더라도 어떤

장비는 자주 사용하게 되고 그렇지 못한 장비는 신제품인데도 불구하고 사용되지 못하는 특징이 있기 때문에 경제적으로 사용하고, 적절한 시기에 폐기하기란 쉽지 않는 일이다. 참고로 공군에서 군수지원을 위해서 인가하고 유지하는 장비현황은 약 7,000여 종이며 주요 항목별로 보면 <Table 1>과 같다.

<Table 1>에서 보는 바와 같이 획득된 장비는 군수정보체계에 등록하여 군수사령부 무기체계팀의 품목관리관 중심으로 관리하고 있다. 그러나 항공, 정밀 등과 같은 많은 종류의 장비를 소수 품목관리관이 관리하는 것은 효율적 장비관리에 제약요소로 작용하고 있다. 예를 들어, 항공임무를 지원하는 장비 2,500여 종에 대해서, 결합 및 대당유지비를 정확하게 유지 분석하고, 그 결과를 바탕으로 다음 연도에 소요되는 운영유지예산 규모를 판단하는 일은 매우 어렵기 때문이다. 특히, 이러한 현상을 심화 시키는 주요 원인은 항공기는 전산정보체계에 의해서 결합관리가 이루어지고 있으나, 항공기를 지원하는 기능별 다양한 장비는 정보체계의 용량제한, 현장 작업자의 관심도 저조 등의 사유로 인해서 결합관리가 제대로 이루어지지 않기 때문이다. 이러한 문제는 각종 임무를 지원하는 장비에 대한 결합관리 및 장비 일련번호별 유지비 관리를 어렵게 함으로써 결국에는 장비에 대한 운영유지와 폐기(불용) 관리를 어렵게 하고 있다[10].

3.4 장비의 폐기(불용)처리 방법 및 문제점

공군 군수품 폐기(불용)처리 절차에서 명시되어 있는 장비에 대한 폐기(불용)처리 기준은, 재생장비와 비재생장비로 나누어서 기술되어 있다. 재생 장비는 원래의 제조 시 설계기준에 따라 사용 불가능한 장비를 신제품과 같은 상태로 복구 시키는데 필요한 제반 활동 및 근무로서 군 장비에 적용되는 최고 수준의 물자장비를 의미하며 재생은 외관 및 기능을 원상태에 근접하도록 복구하거나 수명측정 기준인 시간 및 거리를 “0” 상태로 바꾸는 활동을 말 한다[7]. 비재생 장비는 장비의 정해진 수명이 다하면 폐기(불용)처리 되는 장비를 말한다.

재생 장비에 대한 폐기(불용)결정은 재생 장비의 정비 소요 비용이 재생 후 활용가치 보다 클 때는 폐기(불용)처리 하는데 다음 공식에 따른다.

$$\text{재생 후 활용가치} = \text{신품 장비가격} \times \frac{\text{재생장비 평균수명}}{\text{신품장비 평균수명}} \quad (1)$$

<Table 1> Status of Equipment Management by Function

Fuction	Fires	Special	Mobility	Air	Communication	Precision	General
Quantity	43	130	140	2,514	380	2,372	822

비 재생 대상 장비의 폐기(불용)처리 기준은 비 재생장비의 정비비가 정비 후 활용가치 보다 클 때 폐기(불용)처리 하는데 다음 공식에 따른다.

$$\text{정비 후 활용가치} = \text{신품 장비가격} \times \frac{\text{정비후 잔여수명}}{\text{신품 장비평균수명}} \quad (2)$$

식 (1)과 식 (2)에서 장비의 폐기(불용)시점은 손익분기점이 “0”이 되는 시점을 기준으로 정비 후 장비의 활용가치가 신품 장비가격보다 크면 경제성이 없다고 보고 폐기(불용)처리 한다는 의미이다. 결론적으로 이 공식은 장비가격을 경제수명의 연 단위로 나누어 놓은 것이기 때문에 동일한 시기에 도입된 장비는 장비의 상태나 운용환경 차이에 관계없이 일괄 처리하는 경향이 발생하여 예산낭비의 원인이 되기 때문에 장비에 대한 불용(폐기)시기를 결정하기 위한 산정방식에 대한 연구가 반드시 필요하다.

4. 장비의 경제수명 결정 방법의 정립

4.1 운영 분석 중요성

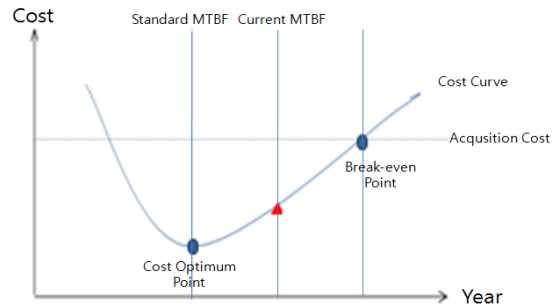
조직을 운영하든, 장비를 관리하든 모든 자원을 관리함에 있어서 가장 중요한 요건 중의 하나가 분석이라는 활동이라고 볼 수 있다. 분석활동이 있어야 사물과 장비에 대한 문제점을 도출하고, 도출된 문제점을 중심으로 개선하고자 하는 방향이 설정되기 때문이다. 이러한 분석활동을 위해서는 분석을 위한 기초 자료가 있어야 가능하다. 아무리 좋은 시스템을 가지고 있다고 해도 자료가 정확하지 않으면 엉뚱한 방향으로 결과가 나오기 때문이다. 이러한 측면에서 장비를 관리하는 사람은 일정한 주기를 두고 자신이 관리하는 장비에 대한 운영 분석을 하여야 한다.

그러나 앞 절에서 언급한 바와 같이 공군의 경우 관리자 한 사람이 많게는 몇 천 품목을 담당하고 있기 때문에 해당하는 장비에 대해서 운영 상태를 일일이 분석하기란 쉬운 일이 아니다. 더구나 운영분석의 자료 관리는 관리자의 관리 영역이 아닌, 현장에서 작업하는 작업자에 의해서 입력되고 있기 때문에 더욱 어렵다고 할 수 있다.

더욱이 장비를 획득하고 운영하는 예산이 우리가 원하는 만큼 주어지는 것이 아니기 때문에 자신이 관리하는 장비가 예산을 낭비하는 주범인지 아닌지를 알 수 있는 방법은 분석의 과정을 거쳐야 알 수가 있고, 제한된 예산에 대한 선택과 집중을 할 수 있기 때문에 획득한 장비를 적정한 운영수준에서 폐기(불용)시키는 것은 효율적으로 예산을 운영하는 측면에서 매우 중요하다.

따라서, 본 논문에서의 운영분석의 중점은 우리가 관

리하고 있는 장비를 중심으로 결함빈도와, 결함에 따른 예산의 규모를 통해서 하며 장비를 한 해 동안 운영하였을 때의 유지비 즉, 장비 운영시간과 고장빈도를 고려해서 MTBF을 우선 산출한다[8]. 산출된 MTBF와 예산과의 관계를 정의하여 결함빈도를 고려한 최적의 운영예산과 장비를 효율적으로 운영하는 경제적 영역의 기준을 정립하며, 정립하고자 하는 방법은 <Figure 5>와 같다.



<Figure 5> MTBF와 Cost Curve

<Figure 5>에서 보는 바와 같이 모든 장비는 획득비용을 가지고 있으며, 일정기간 사용할 때 마다 결함에 따른 유지비용이 소요된다. 비용 최적점은 장비결함수리를 위한 최소비용점으로 장비 운영동안의 가장 이상적인 예산 운영 점을 말한다. 빨간색의 삼각형은 현재의 장비 운영 시점에서의 비용이 어느 정도 소요되는 지를 확인해 주는 것이며, 손익분기점은 획득비용과 운영유지비용이 일치하는 시점을 말한다. 즉, 비용곡선과 획득비용이 손익분기점까지 만들어내는 공간이 장비를 경제적으로 운영하는 영역이라고 할 수 있다.

4.2 연구 대상

본 연구는 항공기 정비 시에 필요한 공기냉각기(C-10C)를 표본으로 설정하였다. 공기냉각기는 지상에서 항공기(F-15, F-16 등) 계통 및 항공 전자계통(Airborne Electron system) 등에 대한 냉난방을 공급하는 장비로 형상은 <Figure 6>과 같다.



<Figure 6> Forming an Air Cooler to Fill Air Into an Aircraft

<Table 2> Air Cooler in Stock and Operating Specifications

Type	Approved	Possession	Operating Life Set by OEM	Average Years of Operation	Remarks (Acquisition Cost, ₩)
A/M32C-10C	186	158	10	4~28	22,404,000
A/M32C-10D		5		11~23	24,494,000

공군에서 보유하고 있는 공기냉각기 현황과 운영제원은 개략적으로 <Table 2>와 같다.

<Table 2>에서 인가(Approved)는 정비소요에 따라서 공군에서 필요하다고 인정한 수량을 말하며, 제작 수명(Operating Life)은 공기냉각기 제작사에서 지정한 설계상의 운영 기간을 의미하며, 평균운영연수(Average Years)는 공군에서 보유하고 있는 공기냉각기의 사용연수를 말한다. 여기에서 장비 운영기간이 4년에서 28년으로 차이가 나는 것은 예산의 규모에 따라서 장비를 획득하는 시기가 서로 상이하기 때문이며, 인가 대 보유량 부족으로 20여년이 경과한 장비도 운영효율성에 관계없이 지속 사용하고 있기 때문이다.

4.3 운영 장비 도태(불용)방법 고찰

4.3.1 미 공군의 도태(불용)관리

미 공군은 항공기를 중심으로 1970년대부터 손상허용 해석(Damage Tolerance Analysis)기법으로 운영 피로정도에 따라 균열이 발생한다는 가정하에 임계균열 크기를 확인하는 방법으로 수명관리를 하고 있으며, 이 기법은 우리도 항공기에 적용하고 있으나 각종 장비에는 적용하고 있지 않다.

4.3.2 일본 및 독일의 도태(불용)관리

일본 해상자위대의 경우, 각 함정별 주어진 수명기간이 초과되면 퇴역검사 기준에 따라 노후화의 정도와 군수지원 및 운영유지비 측면에서 비경제적이라고 판단되면 도태(불용)처리한다. 독일의 경우도 함정 형태별로 정해진 수명에 따라 관리를 하고 있으나, 예산의 문제와 성능개조의 문제 등을 고려해서 주어진 수명기간보다 초과해서 운영하고 있으며 함정의 도태(불용)판단은 일본과 유사하게 이루어지고 있다. 이와 같이 주요 무기체계에 대한 도태를 위한 수명관리는 어느 정도 이루어지고 있으나, 장비에 대한 수명관리는 미흡한 실정이다.

4.4 항공기 지원 장비의 적정 경제수명 판단

공기냉각기에 대한 적정경제 수명은 효과적인 불용(도태)처리 기준 시점 판단을 위한 것으로 다음 공식에 따라서 산정한다.

$$\min \sum_{i=1}^n M_i \cdot t \cdot C \geq \text{획득 비용} \quad (3)$$

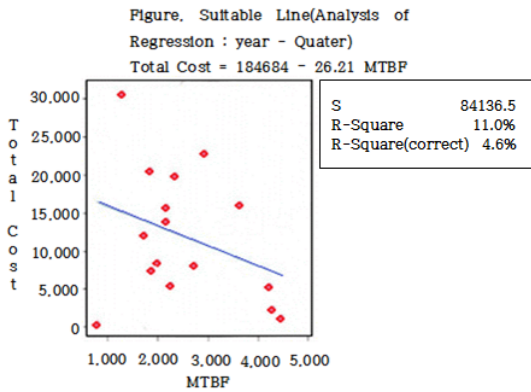
여기서 i는 장비운영 연도, M은 장비전체 결합건수와 운영시간을 고려한 기준 MTBF당 수리비용, t는 장비운영 시간, C는 연도별 물가상승률로 정의한다. 즉, 운영유지 비용이 획득 비용과 같거나 초과하는 시점을 손익분기점이 “0”이 되는 시점으로 보고, 그 이후에 장비를 운영하는 것은 비경제적이라고 보는 것이다. 공기냉각기의 적정수명판단을 위한 운영실적 자료는 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Results for Operating Air Cooler for the Past Four Years

Year	Per Quarter	Operation Result			
		Failure	Operating Time	Maintenance Cost(KRW)	MTBF
2009	1/4	0.5	114	-	228
	2/4	0.2	470	1,018,844	2,351
	3/4	0.9	448	2,155,731	498
	4/4	0.4	573	282,272	1,433
2010	1/4	0.3	569	1,315,118	1,896
	2/4	0.4	508	1,197,402	1,269
	3/4	0.4	376	975,815	939
	4/4	0.2	472	9,084	2,361
2011	1/4	0.3	478	12,756	1,592
	2/4	0.4	494	2,351,588	1,236
	3/4	1.0	331	3,286,544	331
	4/4	0.2	415	2,666	2,076
2012	1/4	0.4	393	12,776	983
	2/4	0.8	841	47,737	1,052
	3/4	1.0	938	2,209,647	938
	4/4	-	975	5,974	-
Yearly Average		1.9	2,099	3,720,988	1,105

<Table 3>에서 보는 바와 같이 2009년 1/4분기를 예를 들면, 이 기간 동안 공기냉각기는 분기 114시간을 운영 하였으며 운영 간 평균 0.5건의 결함이 발생하여 MTBF는 228시간이 된다. 즉, 12년까지 평균 1.9건의 결함이 발생하여 평균 MTBF는 1,105시간이 되고, 결함 수리에 소요된 비용은 3백 7십여 만원이 소요되었다.

<Figure 7>은 공기 냉각기 결함과 유지비의 관계를 선형회귀 방정식으로 점 추정한 결과로 서로 정비례의 관계에 있음을 보여주고 있다. 그러나 세부 자료를 보면 반드시 그러하지는 않은 경우가 있는데, 일부 결함은 발생하였으나 유지비용이 없는 경우가 있다. 이런 경우 결함이 발생한 부분에 대한 청소, 윤활작업 등의 간단한 수리를 한 경우로 유지비 소요가 발생하지 않았기 때문이다. 다른 경우는 한 건의 결함이 발생하여 고가의 수리부속을 교체하게 될 때 많은 수리비용이 들어가는 경우가 있는데, 이러한 두 가지의 경우는 특수한 사례로 본 연구에서 고려하지 않는다.



<Figure 7> Relation curve between MTBF and Maintenance Cost

<Table 3>의 공기냉각기 실적 자료를 바탕으로 결함과 평균 고장 간 간격(MTBF) 관계는 다음과 같이 계산하였다.

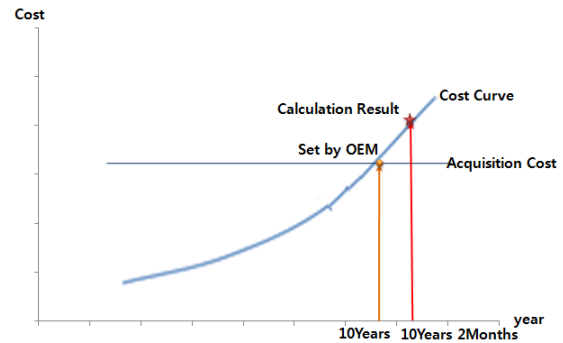
$$\lambda = \frac{\text{결함건수}}{\text{운영시간}} \text{으로, } MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

식 (3)을 활용하여 장비 운영 간 손익 분기점이 “0”인 시점을 알아보려면 식 (4)에서 산출된 연 평균 MTBF를

연 평균 유지비용으로 나누어서 기준 MTBF당 유지비용을 산출하여야 한다. 이러한 과정을 거쳐서 산출된 기준 (1시간 당) MTBF 유지비용은 3,367원으로 계산되었다. 즉, 과거의 운영실적을 중심으로 산출한 결과 공기냉각기는 1건의 결함이 발생할 때 마다 3,367원의 예산이 소요된다는 의미로 해석할 수 있다.

상기의 과정으로 산출된 데이터를 기반으로 공기냉각기의 손익분기점 해당연수를 민감도 분석을 통해서 계산해 보면 <Table 4>와 같다.

<Table 4>의 산출결과에서 공기냉각기의 획득비용과 유지비용을 비교하여 손익분기점 “0”이 되는 시점은 운영연수가 10년 2개월과 10년 3개월 사이가 되는데, 이것은 제작사에서 공기냉각기의 경제수명을 10년으로 지정한 것을 감안하면 공기냉각기의 경제적 사용연수는 10년 정도가 적당하다는 것이 증명이 된 셈이다. 이것을 그림으로 표현하면 <Figure 8>과 같다.



<Figure 8> Life Cycle Provided by Manufacturer

<Figure 8>에서 결함건수와 유지비용은 서로 정의 상관관계가 있으며, 결함률의 증가는 장비의 경제수명을 단축시킴을 의미한다. 또한 기능이 동일한 장비를 동시에 획득하여 운영하더라도 운영환경 및 조건에 따라서 결함이 서로 상이하게 발생함으로 동일한 장비를 제작사

<Table 4> Calculation of Break-Even Point of Air Cooler

Years of Operation	Maintenance Cost (Per Standard MTBF)	operating Time (t)	Cost Increase Rate (c)	Acquisition Cost	Maintenance Cost Calculation
1	3,367 KRW	2,099/ year	0.3%	22,404 KRW	2,120,199
2					4,240,398
∴					∴
10		175/ month			21,201,999
10 1month					21,791,219
10 2month					22,380,449
10 3month		22,969,674			

에서 지정한 경제수명 도래시 동시에 불용(폐기)시키는 것은 효율적인 장비운영이 아니다. 그러므로 결함률 및 유지비를 고려해서 차등적으로 불용(폐기)하는 것이 효율적으로 장비와 예산을 운영하는 것이다.

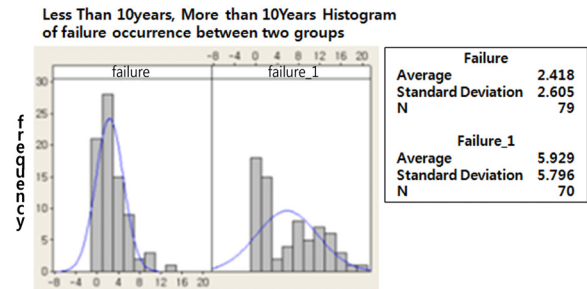
4.5 산출에 대한 자료의 통계적 검증

장비의 적정 수명주기 판단 결과에 대한 통계적 검증은 2표본 t-검정을 통해 확인하였다. 우선, 연구대상인 공기냉각기의 결함발생 건수와 유지비용 분석에 있어서 운영부대, 도입단가, 작동시간, 운영기간 등 주요 변수 중 유의미한 결과를 보여주는 변수는 운영기간이었다.

따라서, 여러 변수 중 운영기간에 대한 기술통계를 실시하였다. 운영기간 10년 이내인 장비(1그룹)와 운영기간이 10년 이상 된 장비들(2그룹) 간의 결함건수와 운영유지비에 대한 인구통계학적 분포는 <Table 5>와 같다. 전체 검토대상 장비 수는 10년 이하 그룹이 81개, 10년 이상 그룹이 77개로 총 158개 이지만, 이 중 작동실적이 없어 결함 및 운영유지비가 입력되지 않은 장비를 제외하여 분석대상은 각각 1그룹이 79개, 2그룹이 70개를 기준으로 하였다.

먼저, 운영기간 10년 이내인 장비(집단 1)와 운영기간이 10년 이상 된 장비들(집단 2) 간의 결함건수 발생에 차이가 있는지를 t-검정을 통해 분석하였다. 1그룹과 2그룹간 결함발생 실적에 대한 히스토그램은 <Figure 9>와 같다. 운영기간이 10년 이하인 경우와 10년 이상인 경우를 비교해 보면 운영기간이 길어지면 결함발생 분포의 범위가 더 커지는 것을 볼 수 있다. 운영기간이 10년 이하인 경우는 결함발생 건수의 분포범위가 좁으면서 0~4건 사이의 빈도가 높은 반면, 운영기간이 10년 이상 되면 결함발

생 건수의 분포가 넓게 퍼져 있으며 8~16건의 빈도가 상대적으로 더 높은 것이 잘 비교되어 있다. 이러한 이유는 운영기간이 길어질수록 장비의 부품 신뢰도가 낮아지고 MTBF가 짧아지기 때문에 효율적인 장비관리가 이루어지지 못하기 때문이다.



<Figure 9> Histogram of Failure Occurrence between Two Groups

결함발생 건수에 대한 t-검정을 실시한 결과는 <Table 6>과 같다. 분산의 동질성은 F값의 확률치가 유의확률보다 클 때, 즉 $p > 0.05$ 일 때 두 집단 간 등분산을 가정한다. 위 분석결과에서 보면 P값(0.09)이 0.05보다 커서 귀무가설이 채택되어 두 집단 간 분산은 같다고 할 수 있다. 두 그룹간 결함발생 실적에서의 평균차이 검증은 t-통계값으로 판단하는 데 결과표에서 보면 t값은 -4.72(유의확률 p값 = 0.000)이기 때문에 유의수준 $\alpha = 0.05$ 보다 작아서 귀무가설이 기각되어 두 그룹간 결함발생(평균)에 차이가 있다고 볼 수 있다. 즉, 공기냉각기의 결함발생 빈도는 운영기간에 따라 차이가 존재하며, 운영기간이 10년이 넘으면 운영기간이 10년 이내인 장비보다 결함발생 빈도가 높다는 것을 알 수 있다.

<Table 5> Status of Number of Failures and Operation Maintenance Cost by Operation Period

Category	n	Item	Average	Standard Deviation	Minimum Value	Median	Maximum Value
Less Than 10years (1group)	79	Number of Failure	2.418	2.605	0	2	13
		Maintenance Cost	1,205,491	3,129,197	0	27,016	17,345,692
More Than 10years (2group)	70	Number of Failure	5.829	5.796	0	4.5	21
		Maintenance Cost	2,473,128	5,016,277	81	798,251	29,567,738

<Table 6> Proof that Failure Occurrence is Different between Two Groups

Category	Equal Variance Test			t-Test for Equality of Failure Occurrence(Mean)			
	Assumption	F value	p value	t value	Degree of Freedom	p value	Mean Difference
Failure Occurrence	Equal Variance Assumption	1.59	0.09	-4.72	147	.000	-3.411
	No Equal Variance Assumption	-	-	-4.53	93	.000	-3.411

<Table 7> Proof that Operation Maintenance Cost is Different between Two Groups

Category	Equal Variance Test			t-Test for Equality of Failure Occurrence(Mean)			
	Assumption	F value	p value	t value	Degree of Freedom	p value	Mean Difference
operation maintenance cost	Equal Variance Assumption	2.96	0.088	-1.99	147	0.04	-1267637
	No Equal Variance Assumption	-	-	-1.97	119	0.04	-1112645

다음으로, 운영기간 10년 이내인 장비(집단 1)와 운영기간이 10년 이상 된 장비들(집단 2) 간의 운영유지비에 차이가 있는지를 분석하였다. 운영유지비에 대한 t-검정을 실시한 결과는 <Table 7>과 같다.

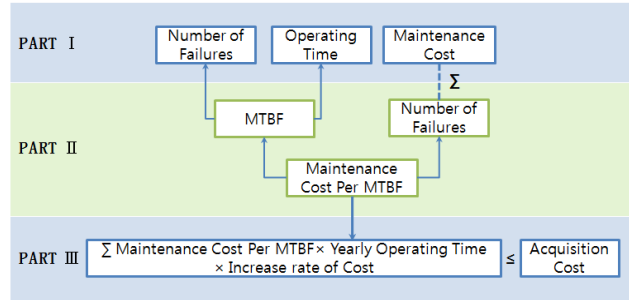
앞서 결합발생 차이에서 분석한 것과 마찬가지로 두 그룹간 운영유지비 실적에서의 평균차이 검증은 t-통계값으로 판단하는 데 결과표에서 보면 t값은 -1.99(유의확률 p 값 = 0.04)이기 때문에 유의수준 $\alpha = 0.05$ 보다 작아서 귀무가설이 기각되어 두 그룹간 운영유지비(평균)에 차이가 있다고 볼 수 있다. 즉, 공기냉각기의 운영유지비 규모는 운영기간에 따라 차이가 존재하며, 운영기간이 10년이 넘으면 운영기간이 10년 이내인 장비보다 운영유지비가 많이 발생한다는 것을 알 수 있다. 따라서, 운영기간이 10년이 넘게 되면 결합발생 건수가 증가하고 유지비용 규모가 커지므로 적정수명이 도래하면 해당 장비를 폐기하는 것이 경제적 관점에서 효율적인 것이라 하겠다.

이상과 같이 살펴본 바에 따르면 공기냉각기는 운영기간이 10년 이상 길어질수록 결합발생 빈도가 늘어나고 운영유지비가 증가한다. 또한, 발생범위의 분포가 커진다는 것은 그만큼 결합의 빈도를 추정하는 범위가 넓어져 예측의 적중률이 낮아지게 되고 정비관리 및 유지비용 추세를 가늠하기 어려워진다는 것을 의미하므로, 장비 결합률 및 유지비를 동시에 고려해서 장비별로 적정 도태시점을 판단할 수 있도록 제시하는 것이 효율적으로 장비와 예산을 운영하는 것이라 하겠다.

5. 결론

5.1 결과 활용 방법

공군에서는 군수정보체계(DELIS/F)를 운영하고 있으며, 모든 장비는 획득과 동시에 군수정보체계에 등록하여 운영유지 및 도태까지의 수명관리를 하고 있다. 그러므로 본 연구 결과를 산출하기 위한 각각의 항목(결합건수, 사용유지비, 장비운영시간)을 자료화하여 실시간으로 기록 유지하고, 상기 세 가지 항목을 전산 연산자로 데이터베이스를 구축하여 <Figure 10>과 같은 절차에 따라서 수행하면 된다.



<Figure 10> Application Procedure Diagram

<Figure 10>의 Part I 부분은 평시 장비 운영간 정비작업자가 작업장에서 실시간으로 수행하여야 하며, 본 연구에서 가장 중요한 부분이라고 할 수 있다. 왜냐하면, 기초 자료가 잘못되면 이후에 산출되는 모든 값들이 잘못된 결과를 가져오기 때문이다. Part II, III 부분은 전산 프로그래머가 수행하여야 할 부분으로 Part I의 실시간 자료를 연산자 형식으로 재구성하여 품목관리관이 특정한 키를 누르면 자동으로 산출 값을 기준으로 제작사에서 제시한 수명기준과 획득비를 중심으로 장비의 불용(도태)시기를 판단하면, 동일한 시기에 도입한 장비일지라도 사용 환경에 따라서 불용(도태)시기가 달라짐으로 일괄적으로 불용(도태)시키는 오류를 줄일 수 있을 것으로 판단되고, 장비획득계획이 보다 신뢰성 있게 수립할 수 있다.

5.2 연구 제한사항

본 연구의 제한사항은 첫째, 장비에 대한 관리자들의 관심부족이 가장 큰 요소로 작용하였다. 한사람의 품목관리관이 많은 장비를 관리함으로써 장비의 운용환경과 운영특성 분석이 이루어지지 못하고, 현장에서 장비를 운영하는 작업자 또한 군수 전산정보체계(DELIS/F)내에 장비결합 및 운영 이력을 제대로 입력하지 않음으로 장비에 대한 운영분석이 미흡하였다. 둘째, 연구대상이 한 종류로 국한되어 산출된 결과물에 대한 상호 신뢰성 확인이 제한되었다. 예를 들면 제작사에서 제시한 제작수명이 제대로 설정되었는지를 한 종류의 장비를 통하여 확인해 본다는 것은 신뢰성 측면에서 타당성이 부족하기

때문에 대상 범위를 확대해 결과에 대한 신뢰성 확보가 더 필요하다고 판단된다.

Acknowledgement

This study has been partially supported by the 2014 University Research Fund of Hannam University, Daejeon, Korea.

References

- [1] Kim, H.S., A study on decision making for the economic life of military equipment, National Defense University Graduate School, 1989.
- [2] Kim, S.S., A study on decision making for the economic life of weapons systems that utilizes the Price model. National Defense University, 2004.
- [3] Jo, I.T., Lee, S.C., and Park, J.H., A study on Reliability Growth through Failure Analysis by Operational Data of Avionic Equipments. *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2014, Vol. 37, No. 1, p 100-198.
- [4] Lee, D.H., A study on methods for estimating costs for Korean type mobility weapons systems'life cycle National Defense University, 2013.
- [5] Lee, H.G., A study on the economic life of engineering bulldozers and the setting of recycling limits. National Defense University Graduate School, 1992.
- [6] Lee, K.M., A study on the economic life of military large-sized bus, National Defense University Graduate School, 1993.
- [7] A study on methodologies for calculating the costs of vessel life cycle; utilizing the commercial calculation model price Navy Combat Development Group, 2006 General material.
- [8] A Survey of Aircraft Structure Life Management Program in the U.S. Navy and the U.S. air force, 2006.
- [9] Air Force Logistics Command, Logistics Terms Glossary, 2008.
- [10] Direction of development for aircraft life cycle management(Aircraft Structural Integrity Program) 2011 Seminar material.
- [11] Ministry of National Defense, Military Terms Glossary, 2008.
- [12] National Defense University, Logistics Management and Engineering, 2004.