

한국군 성과기반군수(PBL) 최적화 모형을 통한 무기체계 총수명주기 비용분석 연구

- 부제 : 해군 홍상어 사례분석을 중심으로 -

김성필¹ 박선주^{1†} 정예림² 최기일²

- | | |
|--------------|-------------|
| I. 서론 | II. 선행연구 검토 |
| III. 연구모델 설계 | IV. 실험 |
| V. 결론 | |

요 약

본 논문은 한국군의 방위력 개선사업 추진에 있어서 성과기반군수 최적화 모형을 제시하고, 이를 기존의 무기체계 총수명주기 관리체계에 적용하여 그 영향요인을 분석하였다. 연구는 새로운 군수지원 환경변화에 따라 성과기반군수 최적화 모형을 해군 홍상어 사례에 적용하여 시뮬레이션 모델 실험과 재고관리 모형을 염출하고, 군의 소요비용과 업체 이익을 비교·분석함으로써 효율적 국방경영 기여에 목적이 있다. 연구의 결과는 성과기반군수 조건 하에서 군은 기존보다 전체 운용기간 동안 유지비용을 줄일 수 있었으며, 업체는 전체기간 동안에 이익이 기존과 비슷하게 나타났다. 연구의 의의는 새로운 성과기반군수 재고관리 최적화 모형을 제시하였을 뿐 아니라 군과 업체의 비용 측면을 동시에 분석하여 도출한 결과가 향후 한국군의 무기체계 성과기반군수 제도 발전과 연구에 시사하는 바가 있을 것으로 기대된다.

<핵심어> 성과기반군수, 총수명주기, 최적화 모형, 시뮬레이션, 재고관리 모형, 비용분석

- 1 해군 제1함대 원주함 소속 해군 대위
연세대학교 대학원 경영학과 석사과정 졸업
- 1[†] 연세대학교 경영대학 경영학과 교수
University of Michigan(美) Computer Science & Engineering Ph.D.
(교신저자 Tel : 02)2123-5481, (HP)010-4221-5481, E-mail : boxenju@yonsei.ac.kr)
- 2 연세대학교 경영대학 경영학과 조교수
Paris 1 University Computer Science Ph.D.
- 2 방위사업청 계약관리본부 원가총괄팀 육군 소령(진)
건국대학교 대학원 방위사업학과 박사과정 재학

논문접수일 : 2014년 11월 17일 게재확정일 : 2014년 12월 10일
논문수정일 : 2014년 11월 26일(1차), 2014년 12월 4일(2차)

**A Study on the Cost Analysis of the South Korean Military's
Weapons System Total Life Cycle Management System
through a Performance-based Logistics (PBL) Optimization
Model
- With Focus on the ROK Navy Ship Hongsanger -**

Kim, Sung Pil¹, Park, Sun Ju^{1†}, Chung, Ye Rim², Choi, Ki Il²

Abstract

This study suggested a performance-based logistics (PBL) optimization model for the South Korean military's defense improvement program progress, and applied it to the existing weapons system total life cycle management system to determine the factors influencing it. According to the recent change in the logistics support environment, this study aimed to come up with a PBL optimization model through a simulation modeling experiment, comparing and analyzing the military's required expenses and the military industry's profits, to contribute to the efficient national-defense management. The results of the study confirmed that under the PBL condition, the military could lower its maintenance cost during its entire operation period compared to under the existing condition. As for the military industry, it maintained its profit under the existing condition, indicating that it should have additional incentives and long-term cooperation due to its early-stage investment expense. The study is significant not only because it suggested a new PBL inventory management optimization model but also because it performed cost analysis for both the military and the military industry, thus suggesting a way of conducting research on the PBL improvement of the South Korean military's weapons system in the future.

Keywords: Performance-based logistics (PBL), total life cycle system management, optimization model, simulation, inventory management model, cost analysis

1. 서론

우리 군은 군수분야 개혁방향으로 첨단정밀 복합무기체계의 증가와 정비환경 변화에 따라 효율적인 전투장비 유지와 장비가동률 향상을 위해 정부기관 및 우수한 민간자원을 최대한 활용하는 국가정비지원체계를 구축해 나가고 있다. 또한, 군 위주의 정비체계에서 국가정비지원체계로 전환하기 위해서 운용 중인 재래식 장비는 군 보유 정비자산을 활용하고, 신규 도입되는 첨단 정밀장비는 국가 및 민간 정비시설을 활용하여 지원하는 방식 등을 적극 추진하고 있다.¹⁾

최근 군의 첨단 무기체계 도입이 증가함에 따라 운용유지 비용이 급격하게 늘어나고 있는데, 효율적인 운용을 위한 전체 수명주기 관점의 접근 노력은 매우 미흡한 실정이다. 신규 무기체계의 장비유지를 위해서 반영되는 예산은 <표-1> 현황에서 보는 바와 같이 획득비의 약 2.8% 정도만 반영되고 있다.

<표-1> 장비자산가 대비 장비유지비 비율(단위: 백만원)²⁾

구분	장비자산가	장비유지비	비율
2001년	120,971	1,948	1.6%
2002년	130,435	2,223	1.7%
2003년	134,155	2,270	1.7%
2004년	146,420	2,189	1.5%
2005년	156,401	2,294	1.5%
2006년	156,762	2,461	1.6%

국방비의 경직된 특성상 장비유지비를 획기적으로 높이는 것은 쉽지 않다.³⁾ 따라서, 주어진 예산을 최대한 효율적으로 사용하여 우리가 목표로 하는 가용도 등을 달성하는 것이 중요한 과제라 할 수 있다. 이러한 배경에 따라 무기체계의 획득 단계별로 최적화 총수명주기 체계관리(TLCSM: Total Life Cycle System Management) 방안을 마련해야 한다는 필요성이 지속적으로 제기되고 있는 것이다.

군은 이러한 군수분야 개혁수단으로 총수명주기 관리체계를 구축하여 무기체계의 최초 개발부터 획득, 운영유지, 폐기까지의 전 수명주기 과정을 효율적·경제적으로 관리하는 한편, 이행전략으로 성과기반군수(PBL: Performance Based Logistics) 제도를 도입하여 정비가 어려운 특수한 첨단장비는 장비별 특성과 운용환경, 경제성 등을 고려하여 제작 회사 등 전무업체에서 군수지원을 담당토록 하고 있다.⁴⁾ <표-2>를 통해 우리 군의 무기

1) 황동준 외, “방위력개선사업 PBL 적용 방안”, 『안보경영연구원』, 2011. pp.25.

2) 이상진, “국방예산과 연계한 장비가동률 성과지표에 관한 연구”, 『국방대학교 국가안전 보장문제연구소』, 2010. 본문 참조.

3) 강승혁, “해군 신·구 함정별 정비주기 개선발전 방안”, 『국방대학교 안보과정』 연구논문, 2010.

4) 황동준 외, “방위력개선사업 PBL 적용 방안”, 『안보경영연구원』, 2011. pp.25-26.

체계 첨단화에 따라 운영유지비 절대소요비용의 급격한 증가와 함께 장비유지비 소요 전망을 <표-2>를 통해 확인할 수 있겠으며, 이를 통해 군수분야 개혁과 총수명주기 관리 체계의 필요성을 재차 확인할 수 있겠다.

<표-2> 장비유지비 소요 전망(단위: 조원)⁵⁾

구분 / 연도		2014년	2017년	2020년	비고	
장비자산가		110.1	146.6	168.4	-	
장비 유지비	국방개혁 재원판단	2.8%	3.0	3.9	4.5	현 적용기준
	KIDA 연구 사례	4%	4.4	5.8	6.7	최소기준
	미국 사례	8%	146,420	11.7	13.4	적정기준

그동안 예산이 제약된 상황에서 가용도를 최대화하기 위한 연구가 많이 진행되었는데, 대표적인 모델이 Sherbrooke(1968)의 METRIC 모형으로, 제약된 예산 하에서 가용도를 최대화 할 수 있도록 각 기지별 재고량을 최적화 하는 모델이다.⁶⁾ 이는 향후 추가적인 연구를 통해 Vari-METRIC 등으로 발전하였고, 오늘날 군과 방산업체, 연구소에서 활용하고 있다. 하지만, METRIC 모형의 경우에는 군 자체 정비능력만을 가정하여 모델이 만들어졌다. 오늘날은 무기체계를 개발해서 양산하고 있는 방산업체가 군보다 더 많은 기술을 보유하고 있다. 따라서 군은 민간자원을 활용하여 정비지원을 하는 것이 효율적일 것이다.

최근에 우리 군은 민간의 우수한 자원을 활용하는 군수지원 정책을 바탕으로 성과기반군수 제도가 적극적으로 도입되고 있다. 성과기반군수는 군에서 군수업무를 수행해왔던 기존 체계와 달리 무기체계 정비·보급지원 업무를 민간업체에서 수행하고, 민간업체는 향후 운용성과에 따라 성과금 또는 보상금을 지급받는 군수지원 체계이다.

성과기반군수 제도는 기존의 재고기반군수와는 달리 군의 성과에 따라 기업에 적절한 보상을 하는 군수지원 개념이다. 기존 재고기반군수는 군 무기체계의 운용유지에 대한 책임이 군 자체에 있었기 때문에 무기체계의 운용을 위한 기반시설부터 재고, 정비지원 까지 군수지원을 위한 기반을 자체적으로 확보하였다. 하지만, 성과기반군수 제도 기반 하에서는 책임이 기업으로 이관되기 때문에 군은 운용유지를 위한 기반의 필요가 획기적으로 줄어들며, 민간의 우수한 자원을 활용함으로써 좀 더 효율적인 군수지원을 할 수 있는 기회가 생기게 된다. 기업의 측면에서는 성과에 따른 보상을 받을 수 있기 때문에 성과를 올릴수록 이익이 될 수 있는 것이다.

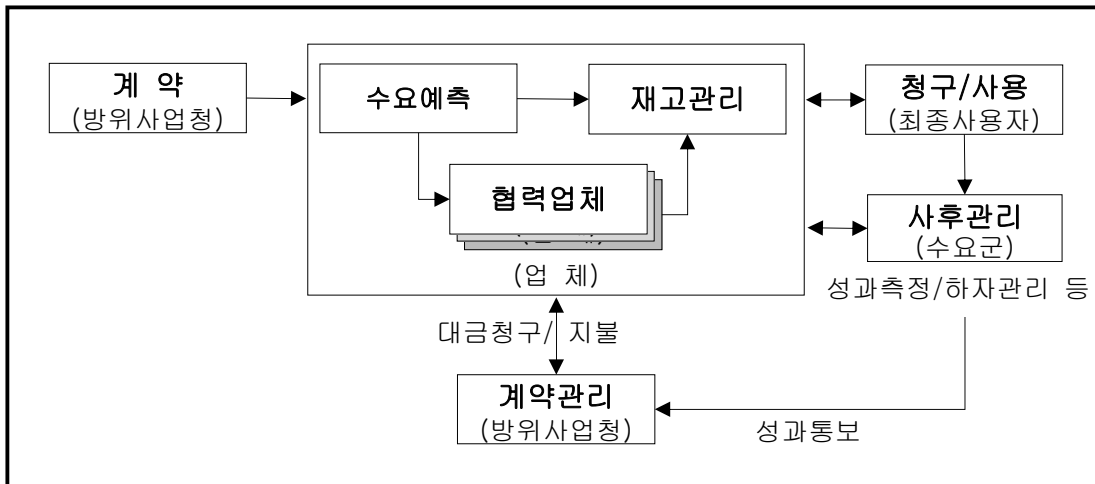
따라서 성과기반군수 제도는 군과 민간기업 모두에게 상호 상생할 수 있는 좋은 기회라는 의견 및 연구논문이 많다. 하지만, 지금까지 연구 및 논문을 살펴보자면, 성과기반

5) 한국국방연구원, 『국방개혁 2020 재원판단(무기체계의 합리적인 정비유지비 산출)』

6) Sherbrooke, C.C. "METRIC: A Multi-Echelon Technique for Recoverable Item Control" Operations Research, Vol.16, 1968, pp.122-141.

군수의 개념 및 필요성 정도의 소개정도가 대다수이다. 특히, 이것이 기업과 군에 모두 이익이 되는 제도인지에 대한 분석이 거의 없고, 군의 비용 기준에서만 분석하였다. 성과기반군수는 미국에서 도입된 제도로 미군은 어느 정도 적용을 하였지만, 우리나라는 이제 시범적용 단계에 있으므로 기업의 참여를 위해서는 철저한 분석을 통해 기업에서도 이익이 된다는 인식을 심어줄 필요가 있다. <그림-1>은 성과기반군수 제도의 계약방법에 대한 개념과 절차를 도식화한 것이다.

<그림-1> 성과기반군수(PBL) 계약방법 절차도



성과기반군수 제도의 최적화 모형⁷⁾을 설계함에 있어서 먼저 최적화 모형은 기본적으로 의사결정자가 의사결정 초기 목표를 가지고 있으며, 문제를 파악하거나 목표달성 내지 문제해결을 위한 여러 대안들과 그 대안들이 가져 올 결과에 대해서도 잘 알고 있다는 것으로 간주하는 것을 뜻한다. 연구를 진행하면서 성과기반군수 최적화 모형을 제시하기 위해 가설모형을 설정하였고, 이를 시뮬레이션 실험하여 영향요인 등을 분석하였다.

본 연구에서는 그 동안의 성과기반군수 관련 연구결과 및 군의 성과기반군수 시범적용 결과를 바탕으로 기존 정비지원체계와 성과기반군수 하의 정비지원체계 비용과 가능한 운용성과(비용, 가용도, 대기시간 등)에 대해서 시뮬레이션 툴을 사용하여 비교·분석함으로써 최적화 모형을 염출하고자 하였다. 이러한 최적화 모형 분석을 통해서 성과기반군수 제도가 군과 방산업체 모두에게 과연 비용 대비 얼마나 효익이 있는지 여부를 분석하고, 이를 통해 군 소요비용 및 업체 발생이익을 비교·검토하였다. 또한, 민감도 분석을 실시하여, 평균고장 간 간격(MTBF: Mean Time Between Failure)의 증감에 따라 업체의 품질관리 노력과 이익 상관관계도 확인할 수 있었다. 연구의 주안점은 한국군 무기체계 총수명주기 비용에 미치는 영향을 살펴보는 것에 초점을 두고서 진행하였다.

1.1. 연구범위 및 방법

7) 최적화 모형은 경제적 모형, 고전적 모형, 합리성 모형으로도 일컬으며, 흔히 인간과 조직의 합리성, 지식과 정보의 가용성을 전제하였던 고전적 조직이론 학자들의 의사결정 모형을 말한다.

지금까지 성과기반군수에 관한 연구는 많이 이루어지고 있다. 하지만, 그 동안 연구는 대부분 개념 및 의의, 시사점, 성과지표 등과 군의 비용 절감 측면에서 연구가 진행되고 있다. 성과관리군수 제도는 군과 업체 간의 긴밀한 협력이 필요한 제도로서 잘 정착되기 위해 군과 업체 모두에게 새로운 군수제도에 대한 이해와 장점, 공감대가 형성될 필요가 있다. 이를 위해, 성과기반군수의 적용에 따라 군의 비용 뿐만 아니라 업체의 이익까지 체계적으로 분석할 수 있는 매커니즘을 바탕으로 기존에 군수체계와의 차이점을 확인할 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 현재의 군수지원체계와 성과기반군수 제도가 도입된 후의 군수지원체계에서 군과 민간업체에서 발생하는 비용 및 이익, 성과를 비교·분석할 수 있는 모델을 제시하였다. 그리고 이 모델을 해군의 홍상어 무기체계에 적용하여 실험한 연구 결과⁸⁾를 참고하여 결론을 도출하였다.

신규 무기체계에 대해 기존 군수지원체계와 성과기반 군수지원체계를 실질적으로 비교하는 것은 어렵다. 따라서 본 연구는 각 군수지원체계에서 신규 무기체계를 도입한다는 것을 가정하고, 이에 따른 각각의 시뮬레이션 모델을 제시하였다. 모델-1은 기존의 군수지원체계에 대한 모델이며, 모델-2는 성과기반 군수지원체계에서의 모델이다. 연구진행시 각 모델에서 최적값을 바탕으로 각종 성과, 비용, 이익을 산출하여, 각 군수지원 체계를 비교 및 분석하였다.

2. 선행연구 검토

2.1 성과기반군수

성과기반군수(PBL: Performance Based Logistics) 제도는 무기체계의 첨단화에 따른 운영유지비 최소화와 최상의 전투준비태세 유지를 위해 소요군에서 제시된 목표가동률 등 성과지표를 제시하여 방산업체 등으로 하여금 후속적인 군수지원의 전부 또는 일부를 담당하도록 하고, 그 성과에 따라 대가를 지급하는 제도를 말한다. 또한, 전투준비태세 성과목표를 설정하고, 무기체계 개발단계부터 해당 사업에 적합한 생산업체를 선정하여 개발, 배치, 운영유지 등 전 분야 또는 일부분을 생산업체에 전담하게 하는 제도로 민군 협력을 통한 인력 및 예산절감 효과와 더불어 완벽한 전투준비태세 보장에 기여하고자 하는 개념이다. 최근 K-15K, KDX-III, 유도무기 등 최첨단 정밀장비의 개발 및 도입을 추진하면서 새로운 정비인력 및 정비시설 등 추가적으로 소요되는 정비지원능력 확보의 어려움을 해소하는 동시에 군은 전투임무에만 전념할 수 있도록 여건을 보장하기 위해 정비지원 분야에서 성과기반군수의 도입을 적극 검토하고, 적용 중에 있다.⁹⁾

8) 김성필, “시뮬레이션을 활용한 성과기반군수(PBL) 전후의 무기체계 총 수명주기비용 분석에 관한 연구”, 『연세대학교 대학원』 석사학위논문, 2013. pp.24-54.

9) 방위사업청, 『방위사업 용어사전(서울: 방위사업청)』, 2013. pp.278.

성과기반군수는 명확한 권한과 책임을 갖고서, 장기간의 지원협정을 통하여 무기체계 준비태세 최적화 및 무기체계의 목표성능을 만족하도록 고안된 획득이 용이하고 성능을 보장받는 통합된 군수지원 패키지를 구매하는 것으로 정의되며, 이는 미군이 국방예산 감축하기 위한 노력에서 비롯되었다(최석철, 2008). 성과기반군수에서 군은 군수지원의 성과를 구매하며, 계약업체는 성과에 따라 보상 혹은 벌금을 받는다. 이는 기존에 군에서 직접 정비지원을 실시하던 재고기반군수와는 근본적으로 다르다고 할 수 있다(Kuehn, 2000; 이경열 2010).

성과기반군수의 조건 하에서는 운용성과에 따라 비용이 지불되거나, 이익이 발생하게 되므로 운용성과를 잘 나타낼 수 있는 성과지표의 개발이 중요하다. 이러한 성과지표는 운용가용도 및 신뢰도, 단위사용당 비용, 군수기반 시설, 군수반응시간 등이 있다(최석철, 2008; 이경생 외 3명, 2009).

성과기반군수에 관한 연구는 미국을 중심으로 활발하게 진행되고 있다. Berkowitz 등(2003)은 기존연구와 국방 획득센터의 획득 프로그램 담당자와의 인터뷰를 통해서 조직 문화의 변화, 조직적인 자금관리, 계약관리, 기술관리 등이 필요하다고 주장했으며, 이를 위해 고객 기반(Customer oriented)의 문화를 받아들이고, 발생하는 비용에 대한 이해와 성과추정 및 적절한 인센티브 설정 등의 문제를 잘 관리하는 것이 중요하다고 하였다.

Claiborne(2004)는 성과기반군수는 기존 군수체계에 비해 많은 장점이 있으며, 제도의 성공을 위해서 상위 의사결정자들의 철저한 관리가 필요하다고 하였다. Guajardo 등(2012)은 성과기반군수를 통한 계약이 기존 계약방법에 비하여 신뢰성이 25~40% 향상된다는 결과를 영국 롤스로이스社의 사례를 통하여 확인하였다. Gansler 등(2011)은 성과기반서비스 획득사업(PBSA: Performance Based Service Acquisition)에 대한 분석을 위해 성과기반군수 사례를 연구하였으며, 연구결과는 성과기반군수가 많은 이익을 주며, 이를 위해서는 초기에 성과기반 계약을 체결할 필요가 있고, 군과 업체 간에 협력적인 관계가 필요하다는 교훈을 도출하였다.

최석철(2008)은 성과기반군수의 한국군 적용방안에 대하여 연구를 하였으며, 우리군은 성과기반군수의 도입이 필요하고, 이를 위해서 많은 연구와 함께 우리 군에 적합한 군수체계를 도출하고, 성과기반군수 지원을 위한 정책을 만들어야하며, 제도 및 조직을 정비해야 할 뿐만 아니라 필요한 인원에게 교육을 해야 한다고 주장하였다.

이경생 외 3명(2009)은 현재 우리 군도 성과관리군수를 위한 여건을 조성 중에 있다고 설명하였으며, 성과기반군수 계약을 시행하기 위하여 관련 법령 및 규정의 개정, 신뢰성 있는 자료의 구축, 전문가 양성, 안정적 성과기반군수 예산지원, 민·군의 지속적인 연구 등이 필요하다고 하였다.

이상진, 정병기(2009)은 성과기반군수를 적용함에 있어 운용가용도에 대한 영향요인을 분석하기 위해 운용가용도와 수명주기비용에 대한 시뮬레이션 및 회귀 분석을 실시하여 운용가용도에는 군수지원시간이 가장 큰 영향을 미치며, 수명주기 비용은 예비품 수량에 가장 큰 영향을 받는다는 것을 확인하였다.

앞서 선행연구는 성과기반군수 제도에 대한 일반적인 개념과 적용방안을 단순히 분석하였고, 성과기반군수 계약 제도의 법적·제도적 접근의 연구결과들이 대부분이었으나, 본 연구는 앞서 서론에서도 언급한 바와 같이 우리 군에 적용 가능한 성과기반군수 제도 최적화 모형을 염출하여 무기체계 총수명주기 비용을 민감도 분석 및 시뮬레이션을 통해

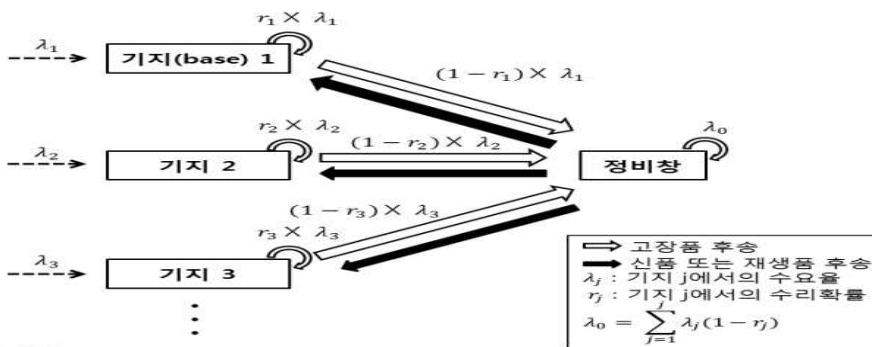
비교·분석하였다. 그리고 가설모형을 통한 실험으로 군의 소요비용 및 업체 발생이익 등에 대해서 군과 업체의 비용적인 측면을 동시에 분석함으로써 성과기반군수 재고관리 최적화 모형을 제시하여 한국군 성과기반군수 제도의 대안을 제시하는 것에 중점을 두고 연구를 진행하였다.

2.2 다단계 재고관리 모형

재고관리는 각 보급기관에서 장차 수요에 신속히 경제적으로 운용할 수 있도록 재고를 적정 수준으로 유지하고, 과학적으로 관리하여 사용부대의 수요를 가장 효과적이고 능률적으로 충족시키는 과학적인 관리 활동이다. 재고관리의 목적은 피지원 부대에 효과적, 경제적, 능률적인 보급지원을 제공하고, 피지원 부대에 적소·적량지원을 보장하기 위해 보급지원의 기준을 설정·유지하고, 재고수준 유지를 위하여 적정 자산을 관리하는 것이 되겠다.¹⁰⁾ 그리고 재고관리의 절차는 다단계 재고관리로서 이러한 재고관리 절차를 모형화하여 분석한 연구결과들을 검토하였다.

예산이 제약된 상황 하에서 최대한의 정비지원 능력을 구비하기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 대표적인 것이 Sherbrooke(1968)에 의해 수행된 다단계 재고관리 모형(METRIC: Multi-Echelon Technique for Recoverable Item Control) 연구이다. METRIC 모델은 <그림-2>와 같이 다수의 기지(base)에서 운용중인 장비의 고장에 대해 기지에서 수리하는 경우와 창(depot)으로 후송되어 복구하는 경우의 2단계 정비·보급체계에 있어 평균재고부족량(EBO : Expected BackOrder)을 최소화하는 수리부속의 적정 재고수준을 결정하기 위해 고안되었다. METRIC 모델은 가용도를 최대화 할 수 있는 Vari-METRIC 모형 등으로 발전하여 현재 군의 재고모델에 많이 적용되어 사용하고 있다.

<그림-2> METRIC 모델 개념도¹¹⁾



하지만, METRIC 모델은 수리적 모델로 정비시설의 능력이 무한하다는 점과 수요율이

10) 방위사업청, 『방위사업 용어사전(서울: 방위사업청)』, 2013. pp.398.

11) 김성필, “시물레이션을 활용한 성과기반군수(PBL) 전후의 무기체계 총 수명주기비용 분석에 관한 연구”, 『연세대학교 대학원』 석사학위논문, 2013. pp.17.

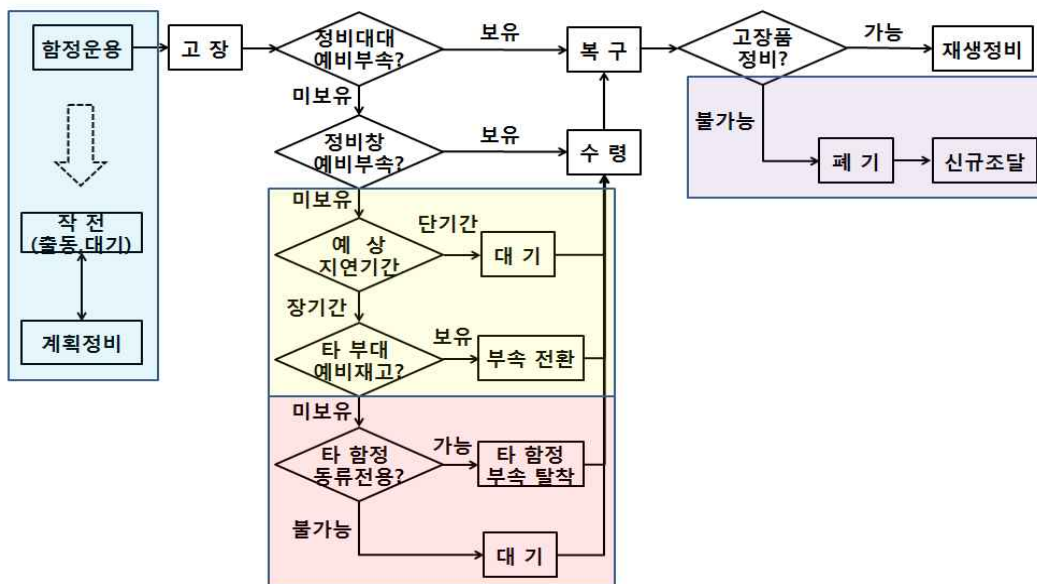
확정적이라는 점 등의 가정사항을 가지고 있어, 기지 간에 전환보급, 동류전용 등 현실적 측면을 고려하지 않은 단점이 있다.

따라서, 이러한 단점을 보완하기 위한 다양한 모델들이 많이 제시되었다. Lee(1987), Sherbrooke(1992), McGee 외(2004), Cunha 외(2005), 정일한, 윤원영(2008) 등은 군 기지 간에 전환보급이 적용되는 시물레이션 모형을 제시한 바가 있으며, Fisher, Brennan(1986) 등은 동류전용이 고려된 모형을 제시하였다.

미 공군의 Hillestad, Carrillo(1980)는 전시상황을 가정하여 수요의 불확실성, 동류전용, 기지 간에 전환보급, 유한정비서버 등을 고려한 Dyna-METRIC 시물레이션 모형을 제시하였으며, Pyke(1990)는 Dyna-METRIC 모형을 바탕으로 미 공군의 사례를 통해서 연구한바 있다.

군함의 복구성 수리품목 관리에 대한 연구는 Rustenburg 등(1998)에 의해서 이루어졌으며, 연구는 Vari-METRIC 모형을 기초로 하여 네덜란드 호위함을 사례로 연구하였다. 또한 김성필 등(2013)은 시물레이션 모델을 통해서 현실적인 다양한 측면들을 고려하여 해군의 다단계 재고관리 모형을 제시하였다. 연구에서는 기존 다단계 재고관리 모형에서 가정사항 등으로 다루지 않았던 계획정비, 고장난 수리부속의 폐기 및 재보급, 전환보급, 동류전용 등의 개념을 반영하여 <그림-3>과 같이 무기체계의 재고수준에 따라 가용도를 산출하는 시물레이션 모델을 제시하였으며, 이를 해군의 복구성 수리부속에 적용하여서 실험하였다.

<그림-3> 재고관리 시물레이션 모형¹²⁾



연구결과 계획정비와 수리부속의 폐기 및 재보급은 가용도를 떨어뜨리는 결과를 나타

12) 김성필, “시물레이션을 활용한 성과기반군수(PBL) 전후의 무기체계 총 수명주기비용 분석에 관한 연구”, 『연세대학교 대학원』 석사학위논문, 2013. pp.20.

내었다. 반면에, 기지 간에 전환보급 및 동류전용은 가용도를 높여줄 수 있는 요인임을 확인하였다. 따라서 해당연구에서는 이러한 현실적인 개념들이 가용도에 영향을 미치며, 이를 반영한 재고관리 모형의 개발이 필요함을 확인하였다.

하지만, 연구에서는 제약된 예산 하에서 최고의 가용도를 산출할 수 있는 알고리즘을 제시하지 못하였다는 한계점이 있었으며, 무기체계 안에는 또 다시 크고 많은 여러 무기체계들과 이들의 수많은 수리부속으로 구성된 함정을 대상으로 실험하여, 보다 양질의 데이터를 바탕으로 실험을 수행하지 못하였다는 단점이 있었다.

2.3 성과기반군수 재고관리 모형

성과기반군수에서 Nowiki(2008)는 재고관리를 최적화 할 수 있는 모형을 제시하였다. 이는 기존의 Vari-METRIC 모형과 성과기반군수 제도의 특징을 바탕으로 업체 이익을 목적함수로 이를 최대화하는 모형이다. 이는 성과기반군수에서 업체의 노력 정도에 따라 이익이 달라지는 구조에서 착안하였다. 하지만, 이 연구는 기존의 Vari-METRIC 모형을 바탕으로 하여 여전히 현실적인 군수지원 개념을 반영하는데 문제가 있다. 국내에서는 LIG넥스원의 김무영, 김기영(2010)이 성과기반군수에서 동시조달수리부속의 최적수량을 결정하는 모형을 제시한 바 있음을 선행연구 검토를 통해서 확인할 수가 있었다.

3. 연구모델 설계

3.1 적용 무기체계: 홍상어¹³⁾

본 연구에서는 해군에서 성과기반군수를 시범적용하고 있는 홍상어 대잠무기체계¹⁴⁾를 대상으로 기존 군수지원체계와 성과기반 군수지원체계에서 운용할 때를 구분하여 각각 시뮬레이션 모델을 설계하고 실험을 진행하였다.

홍상어 대잠무기체계는 원거리의 잠수함을 공격하는 무기체계다. 기본적인 무기체계 원리는 <그림-4>의 왼쪽 그림과 같다. 먼저, 함정에서 원거리의 잠수함을 탐색·발견한 후 함정에서는 <그림-4>의 중간그림과 같은 어뢰가 탑재된 유도탄을 발사한다. 발사된 유도탄은 탐지된 잠수함 인근 해상까지 도달하게 되고, 어뢰는 따로 분리하게 된다. 분리

13) 장거리 대잠어뢰(홍상어)는 KD급 이상 구축함에 장착하여 원거리 적 잠수함을 타격하는 것을 운용 개념으로 하고 있으며, 잠수함의 탐지장비 성능향상 및 탑재무기의 장사정화 등으로 원거리 공격능력이 신장되어 이에 효과적으로 대응 가능하도록 개발된 장거리 대잠 공격 무기체계이다. 홍상어는 해군과 국방과학연구소가 개발한 대잠 로켓(ASROC)으로 유도탄에 탑재되어 잠수함이 숨어있는 해상까지 날아간 후 입수 타격하는 방식으로 탄두는 청상어를 사용한다. 미국의 RUM-139 VL-ASROC에 이어 세계에서 두 번째로 개발되었다.

14) 방위사업청, 『방위사업 용어사전(서울: 방위사업청)』, 2013. pp.544.

된 어뢰는 물속으로 진입하게 되고 자체적으로 잠수함을 탐색한 후 공격한다.

<그림-4> 홍상어 무기체계의 원리, 장입유도탄, 체계 구성¹⁵⁾



홍상어 대잠무기체계 구성은 <그림-4>의 오른쪽 그림과 같이 장입유도탄 체계, 수직발사체계, 발사통제장치와 홍상어 체계를 점검하는 지원장비로 구성되어 있다. 장입유도탄은 다시 어뢰부와 기체부로 구성되는 전방체와 로켓모터, 베인작동기 및 후방날개로 구성되는 후방체로 나뉜다. 현재 해군에서는 홍상어 무기체계 중 장입유도탄에 대해서 성과기반군수를 적용 중이며, 그 내용은 <표-3>에 의해 수행되는 계획된 임시 및 주기정비와 고장에 의한 비계획 복구정비, 그에 필요한 수리부속 공급이다.

<표-3> 홍상어 장입유도탄 정비시스템

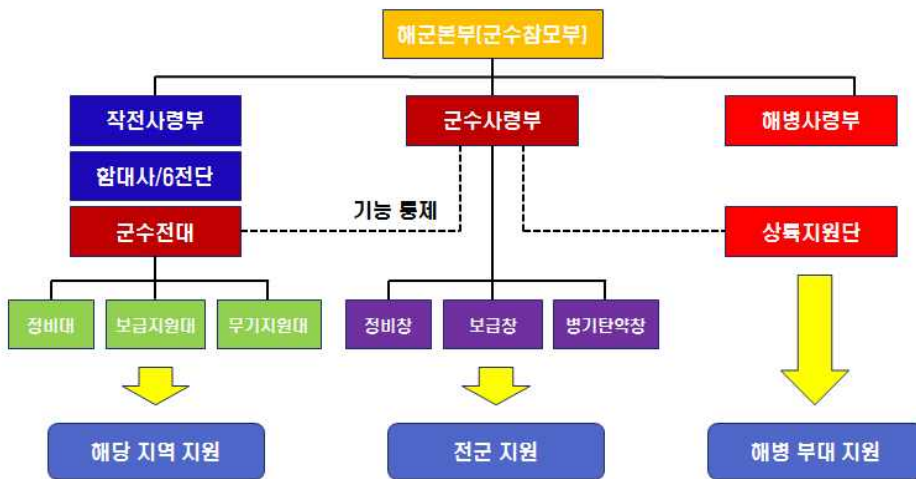
구분	정비주기	정비시간	수행장소
임시정비	6개월	6시간	정비공장
계획정비	3년	36시간	정비공장
비계획정비	수시	-	정비공장
구성품 정비	수시	-	창 공장

3.2 모델-1: 현 재고기반 군수지원체계

15) 김성필, “시뮬레이션을 활용한 성과기반군수(PBL) 전후의 무기체계 총 수명주기비용 분석에 관한 연구”, 『연세대학교 대학원』 석사학위논문, 2013. pp.24.

해군의 현 군수지원체계는 <그림-5>와 같이 해군본부의 군수참모부가 예하 군수지원 부대를 조정·통제하며, 예하에 군수사령부가 정비창, 보급창, 병탄창 등을 두어 전군에 대한 군수지원 업무를 수행하고, 각 함대 군수지원부대를 통제한다. 각 함대에서는 군수 전대를 두어 해당 부대에 군수지원을 수행한다(신영환, 2011).

<그림-5> 해군 군수지원 계통¹⁶⁾

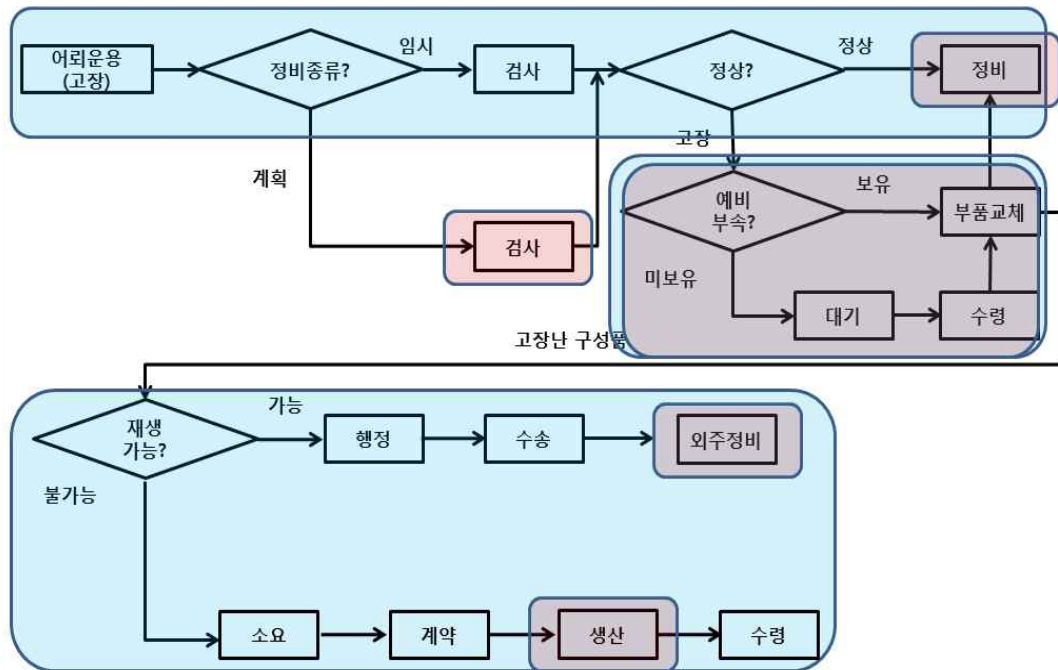


현 군수지원의 책임은 해군이며, 정비는 해군의 정비지원부대 또는 외주정비 의뢰를 받는 업체에서 실시한다. 현 구조에서 군은 자체적인 정비능력을 갖추어야 하며, 최대한 고장발생을 줄이기 위해 노력해야 한다. 반면, 업체는 고장이 많이 발생하여 많은 각종 수리부속 그리고 외주정비가 늘어날수록, 이익이 증대된다. 기존 군수지원체계에서 군은 홍상어 정비를 위해 자체의 정비공장을 설립하여 정비를 실시하며, 고장정비 중 발생한 고장 구성품은 업체에 외주정비를 의뢰한다.

모델-1은 기존 군수지원체계를 반영한 모델이다. 홍상어 유도탄의 정비계획은 앞서 <표-3>과 같다. 유도탄을 일정기간 운용한 후에 계획된 정비를 수행하며, 이때 이상이 없으면 다시 운용하고, 고장이 발견되면 계획된 정비와 함께 고장복구를 한다. 복구를 할 때 고장 난 부속은 예비재고를 이용하여 교체하며, 고장부속은 외주정비를 통해서 사용 가능한 상태로 복구하거나, 복구가 불가능할 때는 재구매를 하여 예비재고에 추가한다. 예비재고가 없으면, 예비재고가 발생할 때까지 대기한다.

16) 김성필, “시물레이션을 활용한 성과기반군수(PBL) 전후의 무기체계 총 수명주기비용 분석에 관한 연구”, 『연세대학교 대학원』 석사학위논문, 2013. pp.28.

<그림-6> 모델-1의 정비·보급 시스템 모델17)



모델-1은 <그림-6>과 같이 성과기반 군수지원체계에서의 정비·보급 시스템을 모델링 한 것이다. 정비를 위해 업체에서 실시하여, 중간 행정기간 등의 지연이 발생하는 것 이외에는 정비시스템에는 큰 차이가 없겠으며, 매년 말에 운용성과를 평가하여 성과금 또는 벌금을 산정하는 논리가 추가된다.

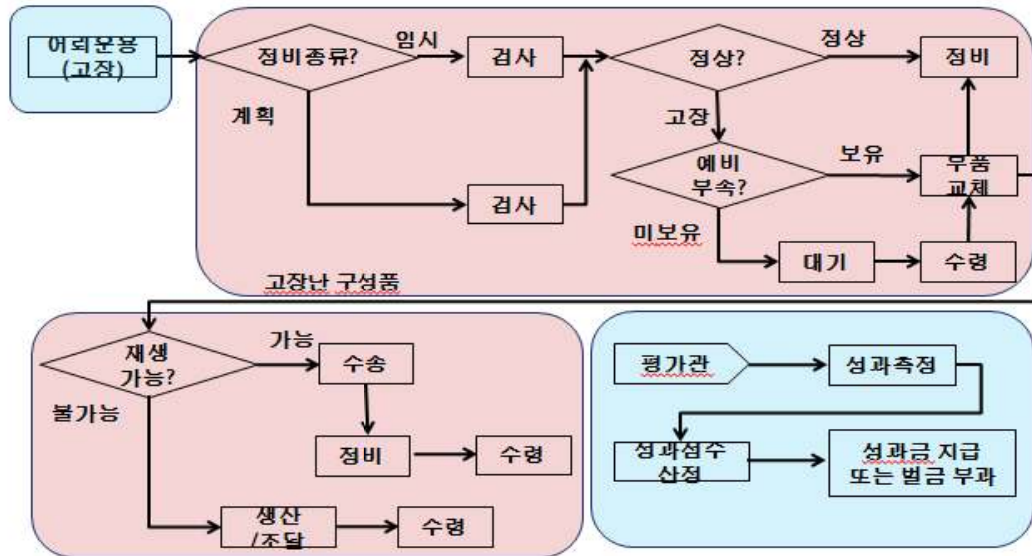
3.3 모델-2: 성과기반 군수지원체계

성과기반 군수지원체계는 업체가 장비의 장기적인 군수지원에 대해서 임무와 책임을 떠안고, 대신 군에서 발생하는 성과에 따라 성과금을 받거나 벌금을 보상받는 구조이다. 이러한 구조에서 군은 무기체계의 운용에 대한 책임만 가지게 되며, 성과에 따라 업체에 보상하거나 벌금을 부과하게 된다. 업체는 주어진 기준 계약금액과 함께 높은 운용성과 달성시 이익이 증대된다.

따라서, 업체는 이익을 최대화하기 위해 운용성과를 최대한 달성하도록 노력한다. 성과기반군수에서 업체는 야전 정비를 위한 정비공장을 건립하여 군수지원 업무를 수행하게 된다. 그리고 구성품 정비는 창정비 공장으로 이송 후 정비를 수행하게 된다.

17) 김성필, “시물레이션을 활용한 성과기반군수(PBL) 전후의 무기체계 총 수명주기비용 분석에 관한 연구”, 『연세대학교 대학원』 석사학위논문, 2013. pp.30.

<그림-7> 모델-2의 정비·보급 시스템 모델



3.3.1 주요 성과지표

성과지표는 군이 업체에게 지급하는 기준 계약금과는 별도로 군에게 지급하는 성과금이나 부과할 벌금을 책정하는 기준이 되는 지표이다. 너무 낮게 설정되면, 업체는 적은 노력으로 큰 성과를 달성할 수 있고, 반대로 너무 높게 설정되면 노력에 비해 저평가를 받는다. 따라서 성과기반군수의 성공을 위해서는 신뢰성 있는 성과지표를 산정하는 것이 중요하다.

<표-4> 홍상어 대잠무기체계 성과지표(출처: 안보경영연구원 용역보고서, 2011)

성과척도	Ao(%)	MTBF(시간)	복구비용(만원)	CWT(일)	
요구성과	92.1	25,500	65,000	54	
가중치(%)	22.0	24	11	10	
성과점수	10	98.1 ~	29,000 ~	~ 50,000	9 이하
	9 ~ 8	96.1 ~ 98.0	28,000 ~ 29,000	50,000 ~ 55,000	10 ~ 15
	7 ~ 6	93.1 ~ 96.0	26,000 ~ 28,000	55,000 ~ 60,000	16 ~ 48
	5	92.1 ~ 93.0	25,000 ~ 26,000	60,000 ~ 70,000	49 ~ 54
	4 ~ 3	90.1 ~ 92.0	23,000 ~ 25,000	70,000 ~ 75,000	55 ~ 75
	2 ~ 1	88.1 ~ 90.0	21,000 ~ 23,000	75,000 ~ 80,000	76 ~ 86
	0	~ 88.0	~ 21,000	80,000 ~	87 이상

<표-4>의 성과지표는 안보경영연구원 연구보고서에서 연구한 해군 홍상어 무기체계의 성과지표이다. 성과지표는 유사장비인 해군 대잠어뢰 청상어와 대함유도탄 혜성의 실적으로 바탕으로 산정하였다. 다만, 평균 복구비용은 유사 무기체계 도입기간이 짧고, 고장실적이 적어 선정근거가 취약하다. 따라서 본 논문에서는 구성품의 복구비용은 원가의 5~15%로 가정하고, 성과지표를 산정하였다.

<표-4>에서처럼 성과지표에 제시된 기준은 4가지이며, 총 성과점수는 각 항목별로 10점으로 산출하여, 가중치에 따라 최종 평가점수를 산정한다. 장입유도탄 전투태세(SSR: System Status Readiness)는 유도탄이 가동상태에 있는 시간의 비율로 (식-1)과 같다.

$$SSR = \frac{\text{가동시간}}{\text{가동시간} + \text{불가동시간}} \quad (\text{식-1})$$

이렇게 구해진 SSR값과 아래 (식-2)와 같은 선형함수식을 통해서 장입유도탄의 전투태세에 따른 성과점수를 산출할 수 있다.

$$10 \times \begin{cases} \frac{SSR - 88}{12} & \text{if } SSR - 88 > 0 \\ 0 & \text{if } SSR - 88 \leq 0 \end{cases} \quad (\text{식-2})$$

평균고장 간 간격(MTBF: Mean Time Between Failure)은 고장이 발견되는 시간간격으로 (식-3)과 같이 구할 수 있다.

$$MTBF = \frac{\text{총운용시간}}{\text{고장횟수}} \quad (\text{식-3})$$

MTBF에 따른 성과점수는 실제 MTBF와 (식-4)를 통해 산출할 수 있다.

$$10 \times \left(\begin{array}{ll} 1 & \text{if } MTBF > 29,000 \\ \frac{MTBF - 21000}{21000} & \text{if } 21000 < MTBF \leq 29,000 \\ 0 & \text{if } MTBF \geq 21000 \end{array} \right) \quad (\text{식-4})$$

복구비용은 고장이 발생하였을 때 소요되는 평균비용으로 아래 (식-5)와 같다.

$$\text{복구비용} = \frac{\text{총 복구비용}}{\text{고장횟수}} \quad (\text{식-5})$$

복구비용에 따른 성과점수도 아래 (식-6)과 같이 구할 수 있다.

$$10 \times \left(\begin{array}{ll} 1 & \text{if } cost < 5,000 \\ \frac{8,000 - cost}{5,000} & \text{if } 5,000 \leq cost < 8,000 \\ 0 & \text{if } cost \geq 8,000 \end{array} \right) \quad (\text{식-6})$$

사용자 대기시간(CWT: Customer Wait Time)은 고장 발생부터 완료까지의 평균 대기 시간으로 (식-7)과 같이 구할 수 있다.

$$\text{사용자대기시간}(CWT) = \frac{\text{총대기시간}}{\text{고장횟수}} \quad (\text{식-7})$$

평균 대기시간의 성과점수는 (식-8)과 같다.

$$10 \times \left(\begin{array}{ll} 1 & \text{if } CWT < 9 \\ \frac{87 - CWT}{78} & \text{if } 9 \leq CWT < 87 \\ 0 & \text{if } CWT \geq 87 \end{array} \right) \quad (\text{식-8})$$

모델-2에서 군수지원의 주체는 업체이며, 업체의 이익을 최대화 하는 것이 목적이다. 업체가 얻을 수 있는 이익은 계획된 군수지원을 수행하기 위해서 계약하는 기준금액이 있으며, 기준금액의 최대 10%까지의 성과금, 초기 투자비용에 대한 보상으로 매년 기준 금액의 일정 비율에 해당하는 보상금이 있다.

3.4 모델 입력 데이터

모델을 위한 기본적인 입력값들은 <표-5>와 같다. 홍상어 장입유도탄 구성품의 고장 자료 및 단가자료는 해군 군수사령부 및 현재 성과기반군수 협력업체인 L사의 협조로 <표-6>과 같이 구하였다. 다른 입력값들 중 유도탄의 도입단가, 정비·저장시설 건립비, 야전·창정비 비용, 정비주기 및 기간 등은 안보경영연구원의 연구보고서의 자료를 이용하였다. 기타 야전수송 기간은 1일, 창 수송기간은 3일로 가정하였다. 복구기간은 기존

군수지원체계에서 군수행정시간 및 정비기간을 고려하여 최소 90일, 평균 120일, 최대 150의 삼각분포를 가정하였으며, 성과기반군수 하에서는 행정지연 시간을 감축할 수가 있으므로, 60, 90, 120일의 삼각분포를 가정하였다.

<표-5> 모델의 주요 입력값

구분	변수/상수	모델-1	모델-2
공장비용	P	100억원	100억원
월급	S	5,000만원	-
종업원수	N	14명	-
물가상승률	P	4%	4%
재료비(임시)	T	1만원	70만원
재료비(계획)	C	700만원	1,350만원
임시정비기간	-	2일	2일
계획정비기간	-	6일	6일
복구기간	-	TRIA(90, 120, 150)	TRIA(60, 90, 120)

<표-6> 구성품 데이터 입력자료

부품번호	고장간 시간(MTBF)	단 가
0001	55,415	817,500
0002	1,023,295	6,691
0003	684,662	19,760
0004	200,484	242,312
0005	1,336,257	47,442
0006	1,336,257	126,035
0007	193,798	137,151

4. 실험

4.1 실험 소프트웨어

본 논문에서는 시뮬레이션 모델을 구현하기 위해 아레나 14.0 버전을 사용하였다. 각 모델에서 최적 수명주기비용 또는 이익을 달성할 수 있는 예비재고 할당량을 산출하기 위하여 OptQuest 툴을 사용하였고, 민감도 분석에는 Process Analyzer 툴을 사용하였다.

4.2 가정사항

첫째, 실험대상은 해군에 납품되는 홍상어 무기체계로 실험에 필요한 발사탄의 수는 1, 2차 양산계획에 의해 총 120발을 도입하여 25년간 운용한다고 가정하였다. 납품된 유도탄은 계획된 정비를 수행하게 된다. 단, 6년차, 9년차 계획정비시에 수명이 다 되는 추진전비부 등의 구성품을 교체한다.

둘째, 유도탄은 평시 사용이 아닌 저장 및 대기상태이기 때문에 고장을 발견하기 쉽지 않다. 따라서 고장은 임시정비 또는 주기정비를 수행하면서 발견할 수 있다고 가정한다.

셋째, 야전정비를 위한 공장은 모델-1, 2 모두 같은 지역에 건립하는 것으로 가정한다. 다만, 모델-1에서는 군에서, 모델-2에서는 업체에서 건립비용을 부담하며, 모델-2의 투자비용을 위해 군은 매년 일정비용을 보상한다.

넷째, 본 모델은 신규 무기체계를 대상으로 하는 것으로, 고장 복구비용에 대한 자료가 거의 없다. 따라서 고장복구 비용은 5~15%의 삼각분포를 따른다고 임의 가정하였다.

마지막, 업체의 이익률은 10%로 가정한다.

4.3 실험결과

실험은 각 일부 확률적인 입력치가 있는 시스템을 실험한 것으로 모델을 통하여 산출값의 정확성을 위해 여러 번의 반복된 실행이 필요하다. 본 연구에서는 같은 입력치에 대해서 100번의 반복실행을 통한 평균을 구하였다.

4.3.1 최적 재고할당 결과

실험에 의해 각 모델별 최적화된 재고 할당량은 <표-7>과 같이 산출되었다. 시뮬레이션에 따른 결과이기 때문에 최적 결과값은 각 모델별로 결과값이 가장 좋았던 시나리오 3가지를 모두 표시하였다. 또한, 모델-1에서는 목표 가용도를 97%, 95%, 93% 세 가지 경우로 설정하여 실험하였다.

<표-7> 각 모델별 구성품의 최적 할당량

부품번호	모델-1									모델-2		
	97%			95%			93%					
1	6	6	6	2	2	2	1	1	1	3	3	3
2	5	6	6	2	2	2	1	1	1	1	2	1
3	4	4	4	3	3	4	1	1	1	2	2	3
4	5	5	5	3	3	3	1	1	1	2	2	2
5	2	2	2	0	0	0	1	1	1	2	1	2
6	5	4	5	0	1	0	0	1	2	2	2	2
7	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3

실험결과 모델-1에서 목표가용도를 높게 설정할수록 재고량은 높아지며, 모델-2에서는 모델-1에서 95% 목표가용도를 필요로 했을 때의 재고량과 비슷한 할당량을 보여주었다. 각 모델별 최적 할당량에 따른 운용성과는 <표-8>과 같다.

<표-8> 각 모델별 산출된 주요 성과

모델	목표가용도	시나리오	Ao(%)	CWT(일)	MTBF(시간)	복구비용(만원)
1	97	1	97.12	22.48	33,359	6,902
		2	97.12	22.48	33,360	6,902
		3	97.12	22.48	33,360	6,902
	95	1	95.00	52.88	33,448	6,968
		2	95.00	52.88	33,448	6,968
		3	95.00	52.88	33,448	6,968
	93	1	93.82	69.69	35,484	7,003
		2	93.82	69.69	35,484	7,003
		3	93.82	69.69	35,484	7,003
2	-	1	97.46	17.48	30,816	7,230
		2	97.44	17.62	30,829	7,159
		3	97.49	17.53	31,100	7,333

실험결과 모델-2는 모델-1에 비해서 모두 높은 성과가 달성되었다. 각 모델에서 매년 소요되는 균의 비용 및 업체 이익은 <표-9>, <표-10>과 같으며, 운용기간 동안 전체비용 또는 이익은 <표-11>과 같다.

<표-9> 각 모델별 연간 군의 비용(억원) <표-10> 각 모델별 연간 업체 이익(억원)

모델	모델-1			모델-2	모델	모델-1			모델-2
	97%	95%	93%			97%	95%	93%	
년도	군 비용				년도	기업이익			
1	7.90	7.90	7.90	1.26	1	0.09	0.09	0.09	0.02
2	9.25	9.65	9.25	3.49	2	0.19	0.23	0.19	0.10
3	15.90	16.04	15.54	8.30	3	0.83	0.84	0.79	0.02
4	20.56	19.54	22.25	14.79	4	1.26	1.16	1.43	1.09
5	24.39	26.04	22.81	14.79	5	1.62	1.78	1.46	1.22
6	31.59	29.54	31.93	23.95	6	2.30	2.10	2.34	1.27
7	72.94	72.80	64.76	80.90	7	6.40	6.39	5.59	12.03
8	90.46	81.86	87.42	89.86	8	8.12	7.26	7.82	13.86
9	91.76	78.76	75.99	91.13	9	8.21	6.91	6.64	13.69
10	116.72	117.19	113.11	132.38	10	10.67	10.72	10.31	25.57
11	140.99	126.49	132.31	140.72	11	13.06	11.61	12.19	25.56
12	135.24	126.49	136.01	143.19	12	12.44	12.49	12.52	23.26
13	129.14	129.36	111.61	153.69	13	11.79	11.81	10.04	28.44
14	156.19	145.23	153.01	163.97	14	14.45	13.35	14.13	30.40
15	154.81	159.53	146.56	156.77	15	14.26	14.47	13.44	29.77
16	117.93	131.36	130.54	127.15	16	10.53	11.87	11.79	23.66
17	118.78	120.66	124.67	124.85	17	10.56	10.75	11.15	19.25
18	127.91	126.22	124.57	130.49	18	11.42	11.25	11.09	21.24
19	65.60	90.06	97.20	63.76	19	5.14	7.58	8.30	6.93
20	53.09	52.65	49.66	50.09	20	3.83	3.79	3.49	3.91
21	55.83	49.41	53.69	63.40	21	4.04	3.40	3.83	2.87
22	50.08	52.09	56.82	47.91	22	3.41	3.61	4.08	2.17
23	52.02	56.57	53.58	37.77	23	3.53	3.99	3.69	2.75
24	18.63	18.73	18.38	32.62	24	0.13	0.14	0.11	2.43
25	18.28	18.54	18.99	20.64	25	0.03	0.06	0.10	1.00

<표-11> 각 모델별 총 비용 및 이익표(억원)

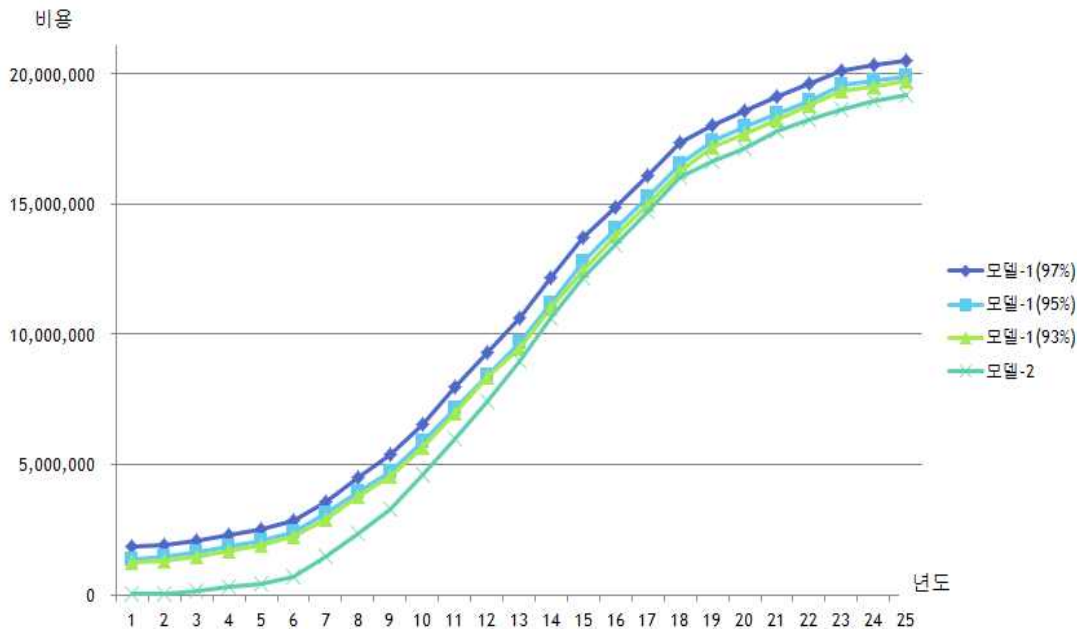
모델	모델-1						모델-2	
	가용도(Ao)							
	97%		95%		93%			
년도	군 비용	기업이익	군 비용	기업이익	군 비용	기업이익	군 비용	기업이익
1	2,045	165	2,001	161	1,974	158	1,917	161
2	2,045	165	2,001	161	1,974	158	1,910	160
3	2,045	165	2,002	161	1,974	158	1,918	160

4.3.2 실험해석

4.3.2.1 군의 비용분석

<표-9>를 통해서 알 수가 있듯이, 모델-1, 2에서 발생하는 군의 비용은 매년 비슷한 흐름이며, 모델-2가 모델-1에 비해 상대적으로 높은 비용이 발생한다. 하지만, <표-10>, <그림-8>과 같이 초기 투자비용을 고려한 전체 수명주기 간 비용은 모델-2가 모델-1보다 비해 60~130억 정도 적게 발생하는 것을 알 수 있다.

<그림-8> 각 모델별 군의 연간 누적 비용



이는 성과기반 군수체계에서 군이 비용을 절감할 수 있다는 장점을 보여주는 것이다. 군이 기존과 같이 군수지원체계를 유지하였을 경우, 자체적으로 정비공장 및 인력 등을 유지해야 하는 부담이 있다. 정비공장을 위해 약 100억원 정도 초기 투자비가 필요하며, 매년 인건비를 지출해야 한다. 하지만, 성과기반군수 조건하에서는 업체에서 비용을 부담하기 때문에 초기 투자비용이 발생하지 않으며, 인력 또한 별도로 운영할 필요가 없다. 다만, 운용기간 동안에 매년 업체의 초기 투자한 자본에 대해 보상을 하며, 업체 성과에 따른 성과금을 일정수준 지급하게 되지만, 이 비용을 고려하여도 전체 수명주기 비용을 절감할 수 있다는 장점을 확인할 수 있다.

비용적인 측면과 더불어 운영유지에 있어서도 다음과 같은 장점을 갖겠다. 기존 군수지원체계에서는 야전정비와 창정비 및 고장복구 정비를 군에서 책임지고 실시해야 한다. 이를 위해서 정비시설 및 인력 등을 관리해야 하는 부담이 있어 왔다. 하지만, 성과기반군수는 이 책임이 업체에 이관되어 부담을 덜 수 있다.

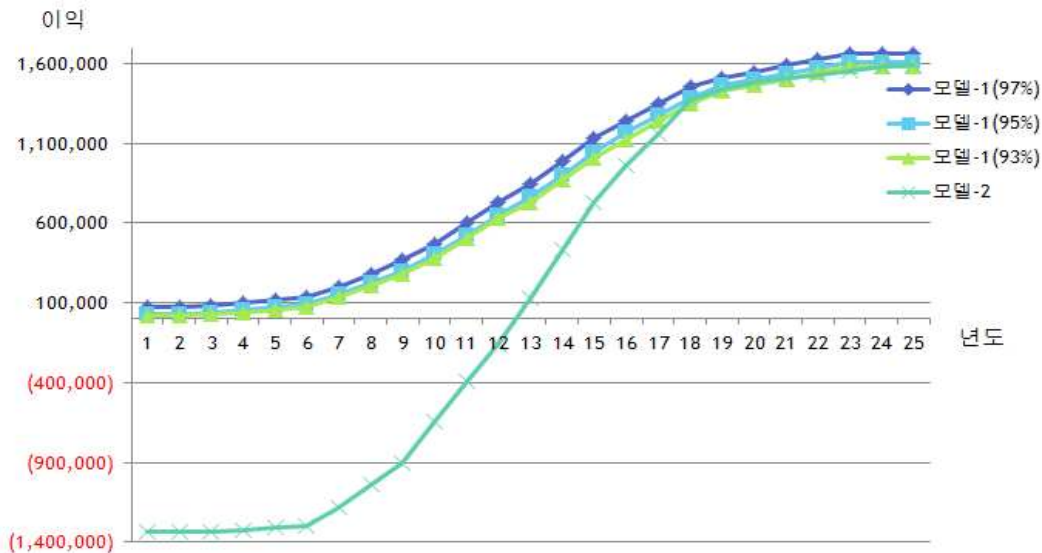
비용과 노력이 줄어드는 반면에 성과는 더 크게 달성되었다. <표-8>처럼 각 군수지원체계에서 모델-2가 모델-1에서 높은 성과가 달성되었다. 특히, 성과기반군수 지원체계에서 업체의 노력으로 인해 97.9% 이상의 가용도를 달성할 수 있었다. 이것은 행정시간 지연 등의 낭비시간을 줄이고, 업체의 우수한 물류체계와 정비기술을 활용했기 때문이다.

상기와 같은 결과를 살펴보았을 때, 군은 초기의 많은 투자비 및 운영유지 등을 위한 노력을 절약할 수 있으며, 이를 바탕으로 전체적인 수명주기 간에 운영유지 비용 또한 절약할 수 있다. 이와 함께, 좀 더 좋은 성과를 달성할 수 있기 때문에 소요되는 비용에 비해 효율성은 더 높아졌다고 할 수 있다. 이렇게 효율적 운용을 가능하게 함과 동시에 군은 본연의 작전임무에 더욱 집중할 수 있으며, 가용도 향상으로 작전태세를 더 확고히 유지할 수 있다.

4.3.2.2 업체의 이익분석

업체는 기존 군수지원체계에 비해 성과기반 군수지원체계에서 보다 많은 노력이 필요하며, 초기 투자비가 많이 들어간다. 하지만, 운용기간 중에는 계획정비에 따른 이익과 투자자본에 따른 보상금, 성과금 등으로 인하여 기존 군수지원 체계에 비해서 매년 기존 군수체계보다 높은 이익을 달성할 수 있다.

<그림-9> 각 모델별 업체의 연간 누적 이익



매년 높은 이익금에 따라 <그림-9>와 같이 12년 정도의 기간이 흐르면 손익분기점에 도달하며, 수명주기 마지막 시점에서는 기존 군수지원체계와 비슷한 이익을 달성할 수가 있었다. 최종으로 발생하는 이익금을 비교했을 때는 두 군수지원 체계가 업체에 미치는 영향은 적다고 할 수 있다.

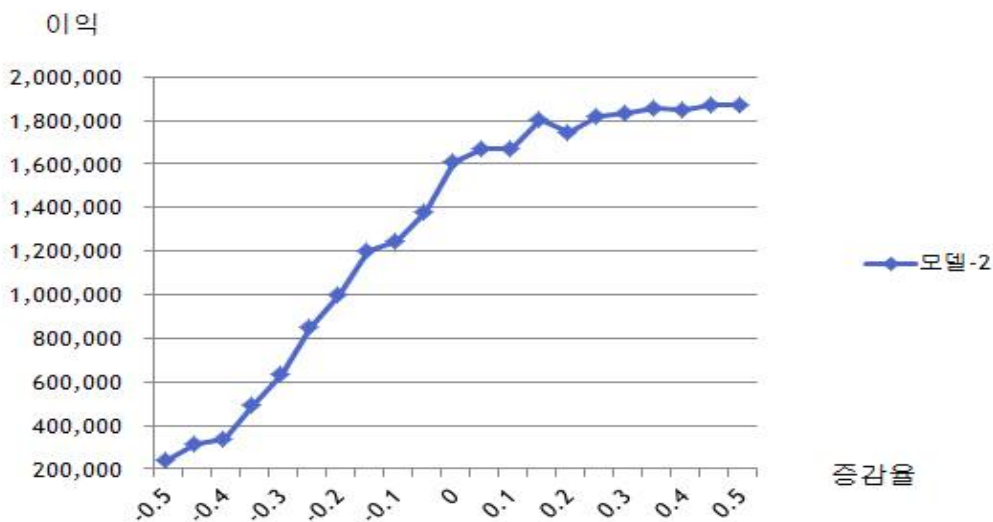
하지만, 최종적인 이익금이 비슷하더라도 업체의 입장에서는 다음과 같은 문제가 있다. 초기 투자비용을 회수하기 위해 10년 이상의 기간이 필요하다. 이는 기회비용 등을 고려했을 때 기존의 군수지원체계에 비해서 장점이 될 수 없다. 이러한 결과는 향후 제도를 확대함에 있어 기업의 활발한 참여를 저해할 수 있다.

따라서, 제도를 도입할 때 군과 업체는 철저한 비용 및 이익 분석을 실시하고, 업체의 초기 투자비용의 회수기간이 오래 걸린다면, 군은 그에 따라 성과금 이외 다른 추가적인 인센티브를 고려할 필요가 있으며, 장기간의 협력으로 업체가 안정적 이익을 지속적으로 달성할 수 있도록 보장해 줄 필요가 있겠다.

4.3.3 모델-2의 MTBF 분석

성과지표상 MTBF는 운용성과에 중요한 영향을 미친다. 성과기반군수 하에서 업체는 높은 이익을 달성하기 위해 MTBF를 향상시키려고 노력할 수 있다. 실제 사례연구에서 성과기반군수를 적용하기 전·후 장비의 MTBF가 25~40% 상승한 것이 확인되었다 (Guajardo 외, 2012). 따라서 MTBF 향상이 업체 이익에 어떠한 영향을 미치는지를 확인할 필요가 있다. 본 연구에서는 모델-2에서 업체의 MTBF를 -50%에서 +50%까지 5% 단위별로 시나리오를 구분하여 민감도 분석을 하였다. 분석결과는 <그림-10>, <표-11>과 같다.

<그림-10> MTBF 증감에 따른 업체의 이익



<표-11> MTBF 변화에 따른 민감도 분석결과

시나리오	MTBF	군의 총 비용(억원)	업체의 총 이익(억원)
1	12,750	2,258.02	124.15
2	14,025	2,205.99	131.69
3	15,300	2,120.00	133.47
4	16,575	2,091.18	149.33
5	17,850	2,063.51	163.84
6	19,125	2,029.48	185.19
7	20,400	2,025.78	200.04
8	21,675	1,975.97	219.73
9	22,950	1,985.98	224.84
10	24,225	1,941.53	238.30
11	25,500	1,917.97	261.27
12	26,775	1,907.84	267.18
13	28,050	1,913.51	266.65
14	29,325	1,879.13	280.07
15	30,600	1,880.34	274.52
16	31,875	1,853.98	281.58
17	33,150	1,830.17	283.66
18	34,425	1,801.36	285.76
19	35,700	1,801.44	284.65
20	36,975	1,803.62	287.29
21	38,250	1,778.37	287.19

분석결과 업체에서 품질관리를 소홀히 하여 기준 MTBF 보다 낮은 MTBF 성과 달성 시에 이익의 감소폭이 커지는 것을 알 수 있다. 반면, 품질관리 노력을 기울여 MTBF가 증가할 때는 15~20% 정도의 시점까지 이익이 상승하다가, 기준값의 20~25% 정도 시점부터는 이익 증가폭이 거의 변화가 없었다. 이 결과를 바탕으로 업체에서는 주어진 계약 환경에서 이익을 극대화하기 위해 약간의 품질관리가 필요하다는 것을 알 수 있다.

5. 결론

지금까지 군의 기존 군수체계와 성과기반군수 체계를 비교 및 분석하였으며, 민감도 분석을 통해 MTBF 변화에 따른 이익을 확인하였다. 연구결과 성과기반군수제도는 군에 비용 관리를 위한 노력을 감소되는 반면, 운용성과는 향상되는 것을 확인하였다. 기업은 기존 체계에 비해 초기 투자비용이 필요하고, 관리를 위한 노력이 증가한다. 이는 성과금 등으로 인해 매년 기존보다 높은 이익을 달성함에도 불구하고 손익분기점 및 기존체계만큼의 이익을 달성하기 위해 장기간이 소요됨을 확인하였다. 따라서 군은 업체와 장기적인 협력과 함께 초기비용을 만회할 수 있는 추가적인 인센티브도 고려할 필요가 있을 것이다.

민감도 분석결과에서 기업은 15~25% 정도 향상된 품질관리는 더 높은 이익을 창출할 수 있지만, 그 이상의 품질관리는 효율성이 적다는 것을 확인하였다. 그러므로 업체에서는 요구 성능보다 적절히 향상된 품질관리 노력이 필요하다.

본 연구결과는 다음과 같은 의의를 갖는다. 학문적 의의로 첫째, 성과기반군수 제도하에서 운용성과, 비용, 이익 등을 측정할 수 있는 시뮬레이션 모델을 통한 최적화 모형을 제시하였다는 것이다. 이는 복잡한 군수지원 환경에서 우리 군의 군수지원 정책에 따른 주요 성과를 예상할 수 있는 틀로 활용이 가능하다. 둘째 본 논문은 기존에 군에서 실시하던 군수지원제도와 성과기반군수에서 군의 비용분석 뿐만이 아니라 기업 이익을 비교 및 분석한 논문이다. 지금까지의 연구가 의의, 시사 방안 또는 군의 비용분석에만 초점을 맞추었다면, 본 논문은 연구의 새로운 방향을 제시하였다는 점에서 작금의 시점에서는 나름 시사점이 크다고 할 수 있겠다.

학문적 의의와 함께 본 연구의 실험결과는 다음과 같은 의의를 가진다. 첫째, 성공적인 성과기반군수의 정착을 위해 군과 업체는 장기간의 협력관계가 필요하며, 군은 업체의 참여를 유도하기 위한 성과금 이외 추가적인 인센티브도 고려할 필요가 있다는 시사점을 주었다. 둘째, 기업이 더욱 더 많은 이윤을 달성하기 위해서는 적절한 품질관리 노력이 필요하다는 것을 확인하였다는 것이다.

위와 같이 본 연구는 몇 가지 의의를 갖지만 반대로, 다음과 같은 한계점 또한 있다. 첫째, 복잡한 군수지원 상황을 반영하기 위해 수학적인 모델을 제시하지 못하였다. 둘째, 최적화 알고리즘을 제시하지 못하였다. 본 모델에서는 아레나 시뮬레이션 소프트웨어의 OptQuest 툴을 사용하였는데, 이는 변수가 늘어날 경우 효율적이지 못하다. 따라서 향후 연구에서는 최적화를 달성할 수 있는 알고리즘까지 제시할 필요가 있다. 마지막, 본 연구에서 비용분석 결과와 실제 운용결과를 비교하지 못하였다. 본 연구는 신규 무기체계를 바탕으로 연구하였기 때문에 도입된지 2~3년 밖에 되지 않은 자료와 연구결과를 상호 비교하기 제한된다. 따라서 향후 본 연구결과와 무기체계의 운용결과를 비교 및 분석한 후 모델을 수정, 보완한다면 더욱 신뢰성 있는 모델이 될 수 있을 것이라고 소고하는 바이다.

참고문헌

○ 저서 및 논문

- [1] 방위사업청, 『방위사업 용어사전(서울: 방위사업청)』, 2013.
- [2] 김성필, “시물레이션을 활용한 성과기반군수(PBL) 전후의 무기체계 총 수명주기비용 분석에 관한 연구”, 『연세대학교 대학원』 석사학위논문, 2013.
- [3] 한국국방연구원, 『국방개혁 2020 재원판단(무기체계의 합리적인 정비유지비 산출)』
- [4] 이혁수, 문홍구 “장비 중심의 수리부속 재고관리 모형의 필요성과 개발 방향”, 『주간 국방논단』 제1403호, 2012, pp.1-8.
- [5] 황동준 외, “방위력개선사업 PBL 적용 방안”, 『안보경영연구원』, 2011.
- [6] 이상진, “국방예산과 연계한 장비가동률 성과지표에 관한 연구”, 『국방대학교 국가안전보장문제연구소』, 2010.
- [7] 윤혁, “수요율의 불확실성과 유한정비서버를 고려한 적정재고수준 선정모형 연구”, 『국방대학교 국방관리대학원』 박사학위논문, 2010.
- [8] 강승혁, “해군 신·구 함정별 정비주기 개선발전 방안”, 『국방대학교 안보과정』 연구논문, 2010.
- [9] 정일한, 윤원영, “가용도 제약하에 MIME 시스템에서 유전알고리즘과 시물레이션을 이용한 수리부속 최적화”, 『품질경영학회지』 제26권 제2호, 2008, pp.9-19.
- [10] 정일한, 윤원영, 김호균, “가용도 제약하에 시물레이션과 메타 휴리스틱을 이용한 MIME 시스템의 수리수준 및 수리부속 할당 동시 최적화”, 『경영과학』 제26권 제1호, 2009, pp.209-223.
- [11] 최수동, 우제웅, 선미선, “사용자 중심의 군수지원 성과분석 및 평가(2006년 중심으로)”, 『한국국방연구원』, 2008.

○ 외국문헌

- [12] Cunha, M.E., Barbosa Povoia, A.P. and Lopes, A.A. “A multi-echelon system’s simulation model for repairable and consumable items management: A case study”, Sixteenth annual Conference of POMS, April 29-May 2, Chicago, USA.
- [13] Lee, H.L. “A multi-echelon inventory model for a repairable item with emergency lateral transshipments, Management Science, Vol.31, pp.1247-1256.
- [14] Tao, N., Wen, S. “Simulation of a Closed Loop Multi-echelon Repairable Inventory System.” International Conference on Management Science & Engineering(16th), 2009.
- [15] Zamperini, M.B., Freimer M. “A simulation analysis of the Vari-METRIC Repairable Inventory Optimization Procedure for the U.S. Coast Guard.”, Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, 2005.
- [16] McGee, J.B., Rossetti, M.D., and Mason, S.J. “Simulating transportation practices

- in multi-indenture multi-echelon(MIME) systems”, Proceedings of the 2004 Winter Simulation, December 5-8, Washington, D.C., USA.
- [17] Rustenburg, W.D., van Houtum, G.J., Zijm, W.H.M. “Spare parts management at the Royal Netherlands Navy: Vari-metric and beyond” BETA Working Paper WP-39, 1998, University of Twente.
- [18] Rustenburg, W.D., van Houtum, G.J., Zijm, W.H.M. “spare parts management at complex technology-based organizations: An agenda for research” BETA Working Paper WP-39, 1998, University of Twente.
- [19] Sherbrooke C.C. “Multiechelon Inventory Systems with Lateral Supply” Naval Reserch Logistics, Vol.39, 1992, pp.29-40.
- [20] Pyke, D.F. “Priority Repair and Dispatch Policies for Repairable-Item Logistics Systems” Naval Research Logistics, Vol.37, 1990, pp.1-30.
- [21] Fisher, W.W., Brennan, J.J. “The Performance of Cannibalization Policies in a Maintenance System with Spares, Repair, and Resource Constraints” Naval Research Logistics Quarterly, Vol.33, 1986, pp.1-15.
- [22] Hillestad, R. J. and Carrillo, M. J., “Models and Techniques for Recoverable Item, Stockage When Demand and the Repair Process are Nonsationary, Part I: Performance Measurement,” Rand Corporation Report No. N-1482-AF, 1980.
- [23] Slay, M.F. “Vari-METRIC: An Approach to Modeling Multi-echelon Resupply when the Demand Process Is Poisson with a Gamma Prior” Technical Report AF301-3, Washington, D. C.: Logistics Management Institute, 1980.
- [24] Sherbrooke, C.C. “METRIC: A Multi-Echelon Technique for Recoverable Item Control” Operations Research, Vol.16, 1968, pp.122-141.

○ 인터넷 자료

- [25] 국방부(MND) <http://www.mnd.go.kr>
- [26] 방위사업청(DAPA) <http://www.dapa.go.kr>
- [27] 국방과학연구소(ADD) <http://www.add.re.kr>
- [28] 국방기술품질원(DTAQ) <http://www.dtaq.re.kr>
- [29] 한국국방연구원(KIDA) <http://www.kida.re.kr>
- [30] 안보경영연구원(SMI) <http://www.smikorea.org>