한국시뮬레이션학회 논문지
Vol. 25, No. 4, pp. 65-75 (2016. 12)
http://doi.org/10.9709/JKSS.2016.25.4.065
ISSN 1225-5904

군수지원체계에서 예산과정에 의해 발생하는 정보왜곡과 초과재고 및 재고부족 분석

임준오 · 박종구†

The Information Distortion, Overstock and Stock-out Caused by the Budgetary Process in the Logistic Support

Junoh Lim · Chong Goo Park

ABSTRACT

Unused spare parts of military equipments which have been kept in the warehouse for a long term have been recognized as wasting of defense budget which also decreased people's confidence in the field of national defence. It is known that overstock is caused by information distortion and bullwhip effect from downstream to upstream in the logistic support as is like business cases. After upgrading the logistic information system, it is possible for Army Logistics Command(ALC) to know demand information of end-user which is the key factor to reduce bullwhip effect. However, inventory is still overstocked and stock-out at the same time. Previous studies have not accounted for these phenomenons and have mainly focused on forecasting inventory level instead of budgetary process(budget period, PROLT, ASL/N-ASL). Thus, this study focuses on the information distortion, overstock and stock-out which caused by budgetary process in the logistic support with system dynamics and simulation.

Keywords : *bullwhip effect, overstock, stock-out, budgetary process, system dynamics, simulation*

요 약

장기간 사용하지 않는 군수 수리부속품으로 인한 국방예산의 낭비가 발생하는 반면에 야전부대에서 재고부족으로 필요한 수리부속이 적시에 보급되지 못해 문제가 되고 있다. 초과재고의 발생 원인은 민간분야처럼 다단계 군수지원체계에서 하위공급망에서 상위공급망으로 갈수록 수요정보왜곡에 의한 채찍효과 때문인 것으로 알려져 있다. 하지만 군수정보체계 개선 이후 채찍효과의 가장 직접적인 원인이었던 사용자부대의 수요정보를 군수사가 공유할 수 있음에도 불구하고 초과재고 현상이 지속적으로 발생하고 있고 기존의 연구만으로 재고부족 현상은 설명할 수 없다. 또한 기존의 연구는 주로 적정 재고량을 예측하는데 중점을 두었으며 예산과정의 특성(예산주기, 조달기간, 인가저장 유무)은 크게 관심을 두지 않았다. 따라서 본 연구의 목적은 시스템 다이내믹스 이론과 시뮬레이션 기법을 통해 군수지원체계에서 예산과정에 의해 발생하는 정보왜곡과 이로 인한 초과재고 및 재고부족 현상을 분석하는 것이다.

주요어: 채찍효과, 초과재고, 재고부족, 예산과정, 시스템 다이내믹스, 시뮬레이션

* 이 연구는 2016년도 광운대학교 교내연구비 지원에 의해 수행되었음
Submitted : 2016. 10. 21. **1st Revision :** 2016. 11. 17.
Accepted : 2016. 11. 29.

†Corresponding Author: Chong Goo Park
E-mail: pparkcg@kw.ac.kr
Public Administration Dept., KwangWoon University, Seoul, Korea

1. 서론

최근 전투장비유지와 관련하여 장기적으로 수요가 없는 수리부속이 사회적 문제가 되고 있다. 수리부속은 전투장비의 전력화 이후 수십 년간 운영유지를 위한 필수적 요소이지만 조달 후 10년 이상 장기간 사용하지 않는

수리부속이 있어 국방예산의 낭비는 물론 대국민 신뢰도를 저하시키고 있다[1]. 소요산정의 신뢰도를 높이기 위해 군은 군수정보체계를 개선하여 정보시스템에 의해 소요를 산정함에도 불구하고 실제 야전부대는 항상 필요한 수리부속이 적시에 보급되지 않는다고 생각하고 있다. 수리부속 소요의 과부족 현상은 수요정보의 왜곡현상(Information distortion)과 그로 인한 채찍효과(Bullwhip effect)로 소요를 실제 필요량 보다 부풀리고 이에 따라 산정할 때 초과재고(overstock)가 발생하고, 예산부족 또는 우선순위에 밀려 필요량이 충분히 산정되지 못한 품목에서 재고부족(stock-out) 현상이 발생한다. 핵심수리부속의 재고부족 발생은 장비가동률에 영향을 미치고 궁극적으로는 전투준비태세에 악영향을 미친다(Dumond et al., 2001; Choi, 2002). 부족 소요를 보충하기 위해서는 국방예산의 증액이 필요하지만 여러 이유로 국방비 중 전력유지비에 대한 증액은 어려워 보인다(문세영, 2011). 따라서 주어진 예산을 효율적으로 사용하는 노력이 선행되어야 한다.

미군은 걸프전 이후 군수지원단계(Logistic support system)에서 수리부속의 재고부족과 초과재고의 영향과 원인을 다양한 각도로 분석하여 궁극적으로 효율적이면서 효과적으로 전투준비태세를 유지하기 위한 해결책을 제시하였다(Army Inventory, 2001; Dumond et al., 2001). 상대적으로 한국군은 주로 재고수준에 대한 예측에 연구 중점을 두고 있다. 군수지원을 위한 수리부속 조달은 민간의 조달과 달리 예산과정(Budgetary process)이라는 요소가 있지만 기존의 연구에서는 크게 관심을 두지 않았다.

따라서 본 연구의 목적은 한국군의 군수지원체계에서 보다 효율적·효과적인 수리부속 조달을 위해 예산과정과 관련하여 발생할 수 있는 수요정보의 왜곡현상과 초과재고 및 재고부족에 대해 시스템적인 분석을 실시하는 것이다. 이를 위해 수요왜곡현상과 채찍효과, 군수지원체계에서의 수요왜곡현상, 예산이론에 대한 이론적 고찰을 실시하고 시스템 다이내믹스 이론과 시뮬레이션 기법을 통해 예산과정이 한국군의 군수지원체계에 미치는 동적인 영향을 분석하고 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 수요정보의 왜곡과 채찍효과

수요정보의 왜곡에 의한 채찍효과는 제품의 생산부터 소비자에게 전달되기까지에 이르는 공급사슬상(Supply chain)에서 하위판매자(Retail seller)의 실제 판매량(Salse)과 상위공급자(Supplier)의 재고주문간(Order)에 발생하는 재고의 차이(Variance)를 말한다(Lee et al., 1997). Lee et al.(1997)은 수요정보 왜곡의 원인을 다음과 같이 4가지로 분류하였다. 1) 상위공급자가 하위판매자의 수요정보처리간(Demand signal processing) 정보를 공유하지 않고 실제 소요보다 많이 예측(Double forecasting)하는 경우, 2) 상위공급자의 재고가 부족할 때 배급게임(Rationing game)이 발생하는데 이때 하위판매자가 물품확보를 위해 필요량보다 초과하여 청구하는 경우, 3) 하위판매자가 특정 시점에 재고를 몰아서 주문(Order batching)하는 경향이 있어 일정 시점에 주문량이 실제 소요량보다 많아지는 경우, 4) 가격변동(Price variation)이 심하다면, 판매자는 재고가격이 낮을 때 필요량보다 많이 주문하게 되는 경우 수요왜곡현상이 발생하고 상위공급자 쪽으로 갈수록 채찍효과는 크게 나타난다.

이러한 수요정보의 왜곡은 상위공급자와 하위판매자가 상호 실제 판매정보의 공유(Information sharing)를 통해 완화시킴으로써 상위공급자의 재고감소(Inventory reduction)와 비용감소(Cost reduction)의 효과가 발생하는 것으로 나타났다(Lee et al., 2000). 이를 바탕으로 민간에서는 정보공유(Information flow)에 초점을 맞춰 IT를 접목한 ERP, ERPⅡ, SCM 등 의 기법들을 발전시켰다. 초과재고와 관련하여 실제 판매정보의 중요성에 대한 다양한 논의가 이뤄져 왔으며 궁극적인 목적은 수요정보의 왜곡을 줄여 불필요한 재고량을 감소시키고 비용을 절감하는 것이다(Lee et al., 1997; Aviv, 2001·2007; Steckel et al., 2004; Chen and Lee, 2009; Yao and Zhu, 2012).

반면에 Lee et al.(2010)은 공급망에서 물품정보뿐만 아니라 재무정보(Financial information)의 공유에 대한 연구를 수행하였으며 Torres와 Maltz(2010)는 시스템 다이내믹스(System dynamics) 이론을 이용하여 다단계 공급망에서 수요왜곡현상과 각 단계에서 발생하는 비용과의 연관성 연구를 통해 초과재고를 보유하는 것 보다 재고부족이 발생했을 때 판매하지 못해 생기는 기회비용(Opportunity cost) 또는 벌금(Penalty)이 초과재고 비용보다 크다는 결론을 내렸다. 따라서 비용적 관점에서 재고를 무조건 줄이는 것보다 적정량의 재고(안전재고)를 보유하는 것이 바람직하다고 하였다. 박경종(2010)도 공급망에서 적정량의 재고를 보유하는 것이 총비용을 절감하는 방법이라고 하였다.

1) 『연합뉴스』. (2015. 9. 9). "軍, 2천600억 원대 수리부속품 10년 이상 창고에 쌓아 놨다."

2.2 군수지원과 수요정보의 왜곡

미군은 1998년 걸프전 이후 2001년 미 회계감사원(GAO)의 보고를 통해 군수지원체계의 문제점(초과재고, 재고부족)을 인식하였다. 특히 UH-60, AH-64, CH-47 등의 육군항공 전력의 핵심수리부속들이 적시에 조달되지 않아 정비가 제대로 이루어지지 않고 장비가동률이 70~80% 정도밖에 못 미치는 것을 확인하였다. 핵심수리부속의 재고부족 발생과 적시 조달 실패(Long lead time)는 장비가동률에 영향을 미칠 뿐만 아니라 장비가동률 목표달성을 위한 무분별한 동류전용(Cannibalization)을 조장하였고 이로 인해 정비인력의 도덕성을 저하시키는 결과를 초래하였으며, Lee et al.(1997)이 주장한 배급게임이 발생하면서 수리부속 공급망에서 심각한 수요왜곡 현상을 초래하였다(Army Inventory, 2001). 미 육군은 군수혁신(Logistic Transformation)을 통해 위와 같은 군수지원체계의 문제점을 해결하고자 하였는데 혁신의 방법은 다음과 같다. 1) 군수예산의 운영을 군수회전기금(AWCF, Army Working Capital Fund)에서 단일재고기금(SSF, Single Stock Fund)으로 혁신함과 동시에 재고청구의 단계를 군수사로 단일화 하고 재고의 소유권을 군수사로 귀속함으로써 다단계 청구에 의한 수요왜곡현상을 해결하였다. 2) 인가저장품목(ASL, Authorized stockage list) 선정을 수요 발생 빈도에 따른 방법에서 수리부속의 가격 기준에 따른 분류 방법(Dollar cost banding)으로 개선하였다. 인가저정품목이란 20%의 수리부속이 전체 청구의 80%를 차지한다는 경험적 근거를 토대로 연간 소요량 이외 추가 재고의 조달 및 저장이 허용된 품목이다(Choi, 2002). 이를 통해 기존에는 비인가저장품목(N-ASL, Non-authorized stockage list)으로 추가적인 재고를 보유하지 못했던 수리부속을 인가저장품목화 하여 연간 수요량보다 조금 더 보유함으로써 재고부족 또는 지연도착에 따른 장비가동률 저하 현상을 예방하였다(Girardini et al., 2003). 3) 군수정보체계(GCSS-A, Global Combat Support System-Army)를 개발하여 전군 자산의 가시화(Asset visibility)를 달성하고 수•배송체계를 개선하여 재고부족부대와 재고초과부대 간 적시에 재고전환을 할 수 있는 체계를 갖추었다(Army Inventory, 2001; Dumond et al., 2001; Choi, 2002; Girardini et al., 2003).

한국군의 군수지원과 수요왜곡현상에 대한 국내 연구를 살펴보면, 최수동(2002)은 미군의 단일재고기금을 인용하여 한국군도 사용자부대가 군수사에 직접 청구한다면 수요왜곡현상을 줄일 수 있다고 주장하였다. 윤혁·이상진(2011)은 시뮬레이션 모형과 확률모형을 이용하여 다단계정비보급체계에서 적정수리부속 재고량을 예측, 검증하였고, 김성필 등(2013)은 해군 수리부속의 적정재고량 예측과 가용성에 대한 연구를, 정성태·이상진(2014)은 한계분석법과 유전알고리즘의 결합을 통해 다단계 재고모형에서 육군항공 장비의 적정재고수준에 대한 연구를 시행했다. 이들 연구의 대부분은 초과재고를 줄이기 위해 수요예측과 적정 재고량 산출에 중점을 두고 있다.

미군의 군수혁신 중 주목할 점은 불완전한 수요예측에 의존하기보다 수요가 적게 발생하는 품목도 일정량을 재고로 보유함으로써 재고부족에 의해 발생하는 부작용을 제거하는데 관심을 쏟았는데, 이는 수요왜곡현상 자체보다는 비용적 관점에서 재고의 상태가 미칠 영향을 보다 중점적으로 고려했다고 볼 수 있다. 즉, 재고부족에 따른 전투준비태세 저하를 더 큰 비용으로 보았다(Dumond et al., 2001). 또한 미군은 군수사를 중심으로 상위공급망과 하위공급망이 단일화된 기금을 사용함으로써 수요정보의 왜곡을 감소시키고 보다 탄력적인 군수지원을 가능케 하였다(Dumond et al., 2001; Choi, 2002). 반면에 한국군은 사용자부대에서 종합된 수요정보가 연도 예산으로 반영될 때 예산과정의 특성으로 인해 정보의 왜곡이 발생할 여지가 상대적으로 높다. 따라서 예산과정이 수요정보의 왜곡요인 중 하나로 분석에 반영되어야 할 필요가 있다.

2.3 예산이론과 군수예산의 특성

예산이론(Budget theory)이란 자원이 동원되고 배분되는 것을 설명하는 체계적 이론(Sin, 2007)으로 V.O. Key(1940)의 '예산이론의 결여(The lack of a budgetary theory)'에서 시작하여 경제적 합리성에 초점을 맞춘 총체주의(Lewis, 1952)와 예산배분의 정치적 과정에 중점을 둔 점증주의(Wildavsky, 1979)로 발전하였다. 총체주의적 관점은 사회후생과 효율성 극대화를 목표로 투입된 자원 대비 산출물의 양을 중시한다. 점증주의 예산이론은 예산결정의 복합성과 모호성, 지식과 정보의 제한, 망라주의적 분석비용의 과다 등의 이유로 총체주의에 반대하고(Lindblom, 1961), 예산결정의 복잡성과 비용을 줄이기 위해 전년도 예산을 기준(base)으로 일부분의 증감만(±10%) 이루어진다고 주장하였다(Fenno, 1966; Wildavsky, 1979). 실제 예산과정은 총체주의 성격과 점증주의적 성격이 동시에 나타나는 융합적 모형이 보다 설명력이 있다(Park, 1991).

군수예산은 정부예산 중 국방예산의 일부분이다. 특히 장비유지 예산은 총체주의와 점증주의의 성격을 동시에 가지고 있다. 총체주의적 성격은 제한된 재원 내에서 효

율성을 달성하기 위해 인가저장품목과 비인가저장품목을 구분하여 인가저장품목은 연간 예측된 소요에 예비량을 추가 보유하고 비인가저장품목은 연간 예측된 소요량만 조달한다는 점이다. 또한 3개의 통계적 기법(산술평균, 이동평균, 최소자승)을 통해 산출한 예측 소요를 기반으로 인가저장품목을 선정하고 저장해야 할 재고수준을 정한다. 점증주의적 특징으로는 3개의 예측 결과 중 어떤 것을 선택할 것인지는 군수사 품목담당관이 과거의 수요정보를 바탕으로 선정하고 국회 예산심의과정을 거쳐 다시 한 번 의사결정자의 정치적 과정이 반영된다.

3. 연구모형의 설계

3.1 시스템 다이내믹스

시스템 다이내믹스(System dynamics)는 산업에서 변수들 간의 복잡하고 다양한 관계를 분석하기 위해 산업동태론(Industrial dynamics)이란 명칭으로 시작되었다(Forrester, 1958). 이후 정치·경제·사회·기술발전 등 다양한 분야에서 활용되어 왔으며, 특히 다양한 물품의 재고공급망에서 여러 변수들 사이의 역학적 관계를 연구하는데 중요한 역할을 하였다(Sterman, 2000; Kim, 2007; Lee, et al., 2010; Lee and Jang, 2012; Noh et al., 2013; Walrave and Raven, 2016). 따라서 시스템 다이내믹스는 군수예산이 가지고 있는 총체주의와 점증주의의 융합적 특성을 표현하고 예산과정과 여러 변수간의 동적인 영향을 이해하는데 유용할 것이다.

3.2 모형설계 기본 개념

육군의 군수지원체계는 Figure 1과 같이 「업체-군수사-군지사-사단/연대」 의 다단계로 구성되어 있다(Choi, 2002).

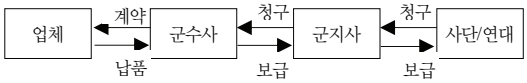


Fig. 1. Multi echelon logistic supply chain

Lee et al.(1997)이 제시한 재고의 채찍효과를 일으키는 수요정보왜곡의 4가지 원인을 적용해 보면, 2010년 군수정보체계의 개발로 군수사는 사용자부대의 청구정보를 공유할 수 있어 미래 소요의 비교적 정확한 예측이 가능하다. 군지사, 사단, 연대는 청구시 정보체계의 정비지시서를 통해 청구를 해야 함으로 초과청구를 할 수 없기 때문에 물품확보를 위한 배급게임은 시스템적으로 제한된다. 또한 군수사 하위공급망은 재주문점에 의한 청구시스템으로 인가저장품목의 경우 인가저장수준을 초과하여 청구할 수 없으며 비인가가저장품목의 경우 말 그대로 군수사 하위공급망 부대 창고에 저장할 수 없기 때문에 한 번 청구할 때 다량으로 청구하는 것이 제한된다. 또한 군수사 하위공급망은 예산배정을 하지 않기 때문에 수리부속 재고의 가격변동에 따라 청구량을 늘리거나 줄일 수 없다. 결과적으로 「군지사 - 사단/연대」 간에는 수요정보 왜곡의 4가지 발생 원인이 적용되지 않기 때문에 재고의 채찍효과도 발생하지 않는다고 볼 수 있다. 따라서 하나의 사용자부대로 그룹화가 가능하다.

하지만 군수사는 업체와 계약을 위해서 예산이 필요한데 예산이 결정 및 배분되는 과정에서 정보의 왜곡이 발생할 수 있다. 특히 예산과정은 단년도 회계 적용으로 1년에 1회 조달계획을 작성하기 때문에 한 번에 많은 양의 수리부속을 조달할 수밖에 없을 것이다. 따라서 예산과정이 수리부속 조달에 미치는 영향을 분석할 필요가 있다. 또한 미군의 사례를 비춰볼 때 초과재고 현상과 함께 재고부족 현상에 대한 분석도 함께 이루어져야 한다.

예산과정에서 군수사는 제한된 예산범위 내에서 하위부대의 수요정보를 바탕으로 인가저장품목과 비인가저장품목으로 구분하고 인가저장품목은 예측된 소요량에 예비량(군수사 재고수준=운영수준+수송수준+안전수준)을 추가 반영하고 비인가저장품목은 연간 예측된 소요량만 반영한다. 예산배분은 인가저장 유무, 조달기간(PROLT: procurement lead time)을 고려하여 조달기간이 1년 이상일 때 F-1년에 국고채(국고채무부담행위)를 배정하고 1년 미만일 때 F년에 본예산을 배정한다(육규 412 소요관리). 이와 같은 요소들을 고려하여 수리부속 소요조달 모형을 Figure 2와 같이 구상해 볼 수 있다.

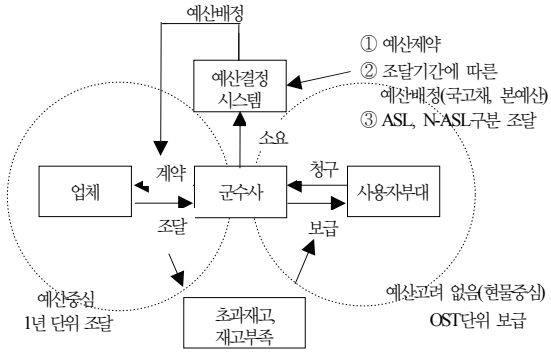


Fig. 2. Basic concept of procurement

3.3 시뮬레이션 모형 구성 및 Data 적용

시뮬레이션 분석을 위한 가정은 다음과 같다. 1) 사용

자부대의 일일수요분포는 포아송 분포를 따른다. 2) 사용자부대 담당자들은 군수정보체계를 이용하여 청구하기 때문에 배급게임을 할 수 없다. 3) 군수사에서 사용자부대 간 수송제한은 없다. 4) 업체로부터 군수사로 납품 간 불량 및 납기지연은 없다. 5) 비인가저장품목의 연간 예측 소요에 대한 예산제약은 없다. 예산제약이 발생할 경우 비인가저장품목은 시뮬레이션을 하지 않아도 재고부족이 발생하기 때문이다.

시뮬레이션 모형은 박세훈, 문성암(2011)의 다단계 재고관리 모형을 기본으로 Vensim 프로그램을 통해 구현하였다. 본 연구에서 기존의 모형과 다른 점은 예산과정에 따른 상위공급망(업체 ~ 군수사)과 하위공급망(군수사 ~ 사용자부대)의 재고보충시스템을 달리 구현했다는 점이다. 군수사 상위공급망은 1회계 연도를 주기로 인가저장품목과 비인가저장품목을 구분하여 조달하는 1년 주기의 목표재고방식을 채용하고 있으며 하위공급망은 발주점에 의한 청구방식으로 재고수준이 재주문점에 도달하면 자동으로 일정량을 청구하는 방식이다(육규 415 소요관리; 군수사 실무지침서, 2012). 시뮬레이션 모형은 Figure 3과 같으며 주요 변수의 수식은 Table 1과 같다.

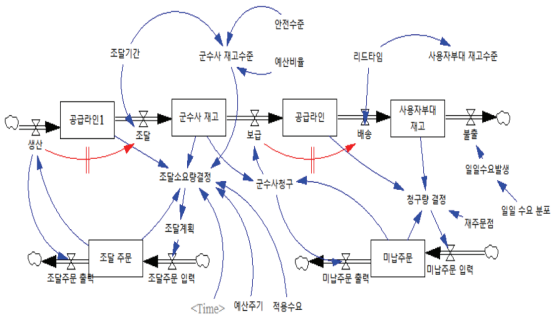


Fig. 3. Simulation model of procurement

Table. 1. Equation of key variables

인가저장유무	주요변수 적용 수식
ASL	·**조달소요량결정(군수사)** IF THEN ELSE(Modulo(Time,예산주기)=1, MAX(0,integer((적용수요*예산주기+군수사 재고수준)-(군수사 재고+공급라인1+조달주문-미납주문)))+0.999) , 0) // 군수사 재고수준 = 적용수요*(조달기간+안전수준)*예산비율 // ·**청구량 결정(사용자부대)** IF THEN ELSE((사용자부대 재고+공급라인+미납주문)<=재주문점, 사용자부대 재고수준, 0)
N-ASL	·**조달소요량결정(군수사)** IF THEN ELSE(Modulo(Time,예산주기)=1,MAX(0,integer(적용수요*조달기간+군수사 재고수준)-(군수사 재고+공급라인1+조달주문-미납주문))+0.999) , 0) // 군수사 재고수준=0 // ·**청구량 결정(사용자부대)** IF THEN ELSE((사용자부대 재고+공급라인+미납주문)<=일일수요발생 , 일일수요발생 , 0)

시뮬레이션을 위한 시나리오는 인가저장 유무와 조달기간 1년 이상 품목을 대상으로 예산제약 및 예산주기를 고려하여 Table 2와 같이 구성하였다. 단, 인가저장품목의 초과품목 중 조달기간이 1년 이상 품목이 없어 1년에 가까운 품목을 선정하였다. 조달기간이 예산주기 보다 길어질 경우 적시조달이 실패할 수 있다.

Table. 2. Simulation scenario

인가저장유무	예산배정(조달기간)	예산제약	예산주기 단축
ASL	본예산(조달기간 1년 이하)	없음	없음
	국고채(조달기간 1년 이상)	있음 (10~30%)	6개월 (*조달기간 단축)
N-ASL	국고채(조달기간 1년 이상)	없음	6개월 (*조달기간 단축)

시뮬레이션 적용을 위한 Data는 육군장비정비정보체계의 '16년 3월 기준 화력 장비의 인가저장 또는 비인가저장 수리부속을 대상으로 하였다. 볼트와 같은 단순 수리부속을 제외하고 일정 기능을 담당하는 품목을 선정하기 위해 표준단가 100만원 이상, 소모성 품목을 선정하여 조달기간과 적용수요를 참고하였다. 조달기간의 산정은 5개년 실적을 바탕으로 산술평균을 적용하여 산출하며, 적용수요는 5개년 수요를 바탕으로 산술평균, 이동평균, 최소자승의 3가지 통계기법으로 소요량을 예측하고 조달판단시 군수사 담당관이 하나의 결과 값을 선정한다(군수사 실무지침서, 2012; 육규 412 소요관리; 육군장비정보체계).

인가저장품목은 수요발생이 빈번한 다수요품목 중에서 선정하고 비인가저장품목은 부족량이 많은 품목과 초과량이 많은 품목을 선정하였으며 비인가저장품목의 수요분석을 위해 연간 수요가 1개인 품목을 추가하였다. 또한 자료수집 당시 소요대비 보유수량을 비교하여 재고의 상태를 확인하였다. 각각의 품목에 대한 실제 Data 값은 Table 3과 같다.

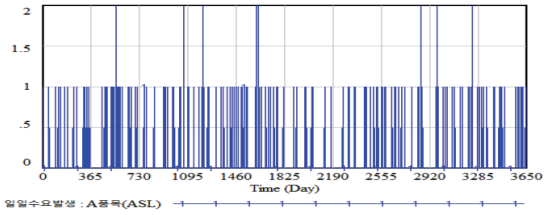
Table. 3. PROLT and Application demand

품 명	인가저장 유무	조달기간(일)	적용수요(EA/일)	현 상태
A	ASL	354	0.048	초과품목
B	ASL	486	0.048	부족품목
C	NASL	577	0.01	초과품목
D	NASL	473	0.01	부족품목
E	NASL	388	0.002	부족품목

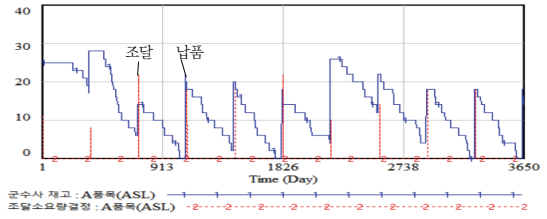
4. 시뮬레이션 결과 분석 및 시사점

4.1 예산과정에 따른 초과재고 현상

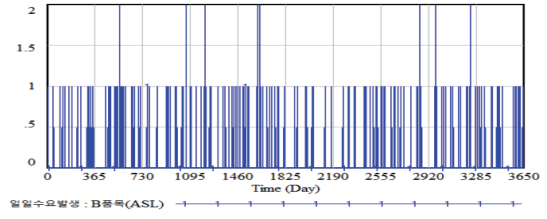
군수지원체계에서 수요정보왜곡과 초과재고는 사용자부대의 수요정보를 모르기 때문에 발생하기 보다는 예산과정이라는 절차에 의해 의도하지 않게 발생한다. 예산과정의 특징 중 수요정보왜곡을 발생시키는 첫 번째 요소는 단년도 예산제도에 따라 군수사는 매년 초에 많은 양의 재고를 조달 할 수밖에 없다는 점이다. lee et al.(1997)이 제기한 특정 시점에 많이 주문하는 현상과 일치한다. Figure 4a, 4c는 A, B품목의 확률적 수요발생을 나타내고 있으며, Figure 4c, 4d는 수요발생에 따른 군수사의 조달소요량 결정과 조달기간 및 군수사 재고의 변화를 나타낸다.



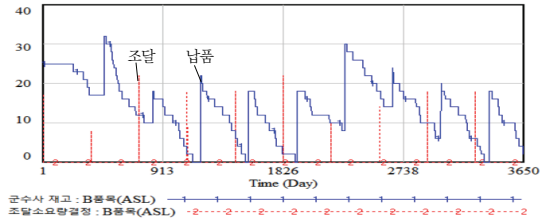
(a) Stochastic demand of item A



(b) ALC inventory change of item A



(C) Stochastic demand of item B

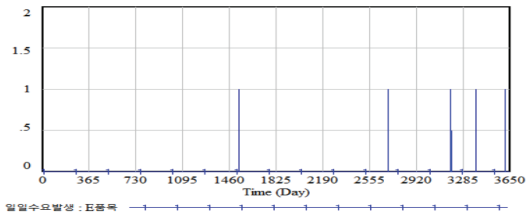


(D) ALC inventory change of item B

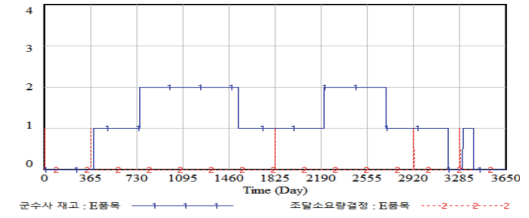
Fig. 4. Demand and inventory changes of item A, B

A, B는 인가저장품목으로 조달소요량 결정시 연간 소요에 예비량을 추가로 조달하기 때문에 자료수집 당시 상태(초과재고, 재고부족)와 관계없이 대체적으로 보급의 적시성 및 지속성을 유지할 수 있지만 수요변동이 바로 예산과정에 적용되지 않는다. Figure 4a, 4c에서 1,825일 이후 수요발생 빈도가 낮아지고 있지만 다음 예산주기부터 반영되기 때문에 약 3주기 이후 까지 많은 양의 재고상태를 유지하고 있다. 또한 조달기간이 예산주기보다 길어질 때 한 번에 더 많은 양을 조달할 수밖에 없다. A, B 품목은 동일한 수요발생 구조를 가지고 있음에도 불구하고 조달기간이 긴 B품목의 재고수량이 더 많다. 따라서 수요정보가 보다 적시에 예산과정에 반영될 수 있다면 낭비되는 재고의 양을 줄일 수 있을 것이다.

두 번째 요소는 군수사는 수요량이 적은 비인가저장품목도 조달해야 한다는 점이다. 비인가저장품목은 약 20여만 품목으로 연간수요가 적게 발생하기 때문에 군수사 하위 사용자부대의 창고에 저장을 허용하지 않고 군수사가 통합하여 보관한다. 사용자부대에서 수요가 발생하여 군사사로 청구했을 때 창고에 해당 재고가 있으면 바로 보급하고 그렇지 않으면 다음 예산주기에 조달하여 보급한다. 조달소요량 결정시 연간 수요발생빈도가 매우 낮아 산출한 수요가 1개 미만이어도 1개 이상 조달을 할 수 밖에 없고 이후 수요발생빈도가 낮아 초과재고가 발생한다. Figure 5a, 5b는 연간 적용수요 1개인 E품목의 연간 수요발생과 군수사 재고변화를 나타낸다. Figure 5a와 같이 E품목은 10년간 5회 정도의 수요가 발생하였고 Figure 5b와 같이 군수사는 장기간 사용하지 않는 수리부속을 보유하게 된다.



(a) Stochastic demand of item E



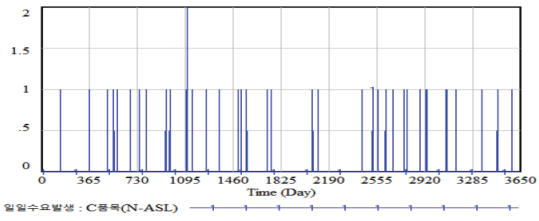
(b) ALC inventory change of item E

Fig. 5. Demand and inventory changes of item E

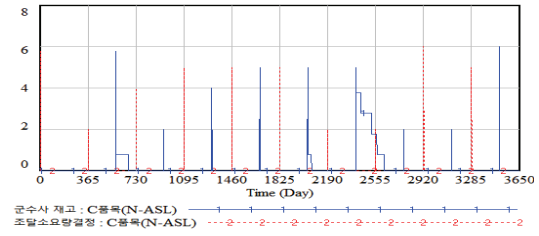
따라서 비인가저장품목 중 연간수요가 적은 품목들은 수요발생 빈도를 분석하여 폐기 또는 매각하는 등의 노력이 필요하다.

4.2 예산과정에 따른 재고부족 현상

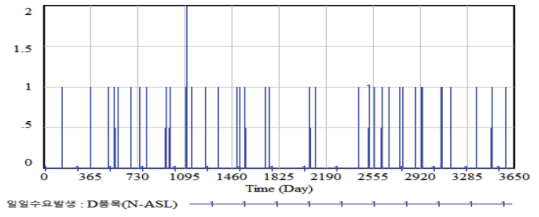
군수지원체계에서 예산과정에 따른 초과재고 현상과 함께 재고부족 현상도 동시에 고려되어야 한다. 재고부족 현상을 발생시키는 첫 번째 요소는 인가저장 유무의 구분과정에서 비인가저장품목은 수요발생이 없거나 매우 적은 품목으로 재고유지가 불필요하다고 인식하게 한다는 점이다. Figure 6a, 6c는 비인가저장품목인 C, D품목의 확률적 수요발생을 나타내고 Figure 6b, 6d는 그에 따른 군수사 조달소요량 결정과 조달기간, 재고의 변화를 나타낸다.



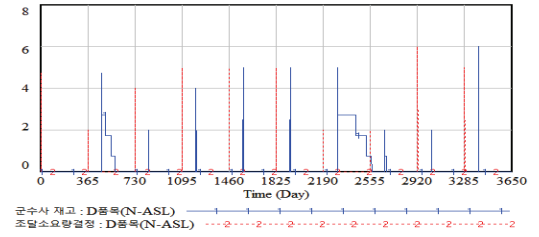
(a) Stochastic demand of item C



(b) ALC inventory change of item C



(c) Stochastic demand of item D



(d) ALC inventory change of item D

Fig. 6. Demand and inventory changes of item C, D

비인가저장품목인 C, D는 사용자부대의 수요발생 빈도가 인가저장품목인 A, B 보다 적다는 것을 알 수 있다. 하지만 E품목 보다는 수요가 빈번히 발생한다. C, D품목의 현 상태와 무관하게 군수사의 재고가 인가저장품목과 다르게 수직으로 나타나는 것은 사용자부대가 청구를 했을 때 군수사에 재고가 없어 적시에 보급하지 못하다가 1년 이상의 조달기간 경과 후 누적 청구량이 한 번에 보급되는 것을 의미한다. 다시 말해 사용자부대가 필요시 수리부속을 보급 받는 것이 아니라 군수사가 조달가능할 때 받을 수 있다. 따라서 비인가저장품목이라도 수요가 어느 정도 발생한다면 보급의 지속성과 적시성을 유지하기 위해 일정량을 안전재고로 보유하는 것이 바람직하다.

두 번째 요소는 예산제약이 발생할 때 인가저장품목으로 지정하였음에도 불구하고 재고부족현상이 나타날 수 있다. 장비정비정보체계 내 인가저장품목의 재고부족을 나타내는 성과지표인 재고고갈률이 20% 정도 발생한다. 재고부족의 원인으로 수요발생 증가, 납기지연 등을 제시하고 있지만 군수사 조달소요량 결정시 이러한 위험을 해소하기 위해 안전수준을 추가 조달하고 있다. 또한 본 연구에서는 일일수요의 분포를 확률적으로 구성했기 때문에 수요의 불확실성이 모형에 반영되었다고 볼 수 있다. 따라서 인가저장품목의 수요변동에 의한 재고부족보다 예산의 제약에 의한 부족현상이 상당부분 존재할 수 있다. Figure 7은 인가저장품 품목인 A품목의 예산을 90%, 80%, 70% 로 삭감했을 때 군수사의 재고의 변화를 나타낸다. 인가저장품목 임에도 불구하고 재고부족 구간이 증가하는 것을 알 수 있다.

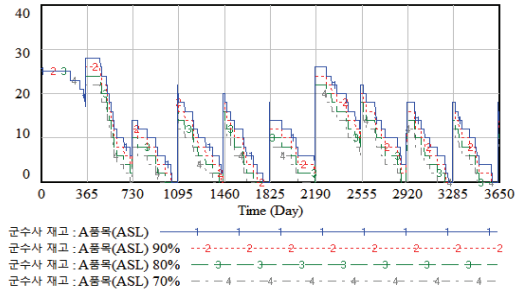


Fig. 7. ALC inventory change under budget constraints

4.3 예산과정과 보급의 지속성 및 적시성

군수지원체계에서 예산과정에 따른 초과재고 및 재고부족 현상은 수리부속 보급의 적시성과 지속성에 큰 영향을 미친다. 초과재고 발생은 재고관리에 많은 부담을 줄뿐만 아니라 다른 품목의 재고를 보유할 기회를 잃어버리게 한다. 반면에 재고부족의 발생은 장비가동에 영향

을 주어 전투준비태세에 영향을 미친다. 따라서 수리부속 보급의 지속성과 적시성 측면에서 초과재고와 재고부족 현상을 동시에 해결할 수 있어야 한다.

이를 위한 첫 번째 방안은 초과재고가 지속적으로 발생하는 품목의 예산을 일정량의 수요가 발생하는 비인가저장품목에 추가 배분하여 일정량의 재고를 보유하는 것이다. 이를 통해 비인가저장품목에서 발생하는 적시 조달 문제를 제한적으로 해결할 수 있다. Figure 8은 C품목에 일정부분 예산을 20%, 30%, 50% 추가 할당 했을 때 군수사 재고의 변화를 나타낸다. 모든 기간에서 보급지속성을 유지할 수는 없지만 일정기간 동안 보급의 적시성을 달성할 수 있다.

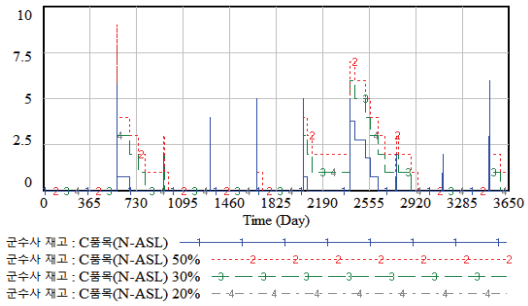


Fig. 8. Additional budgeting on N-ASL

두 번째 방안은 예산주기 또는 조달기간을 단축하는 것이다. 군수지원체계에서 초과재고 현상은 단년도 예산제도에 따른 연 1회 다량의 재고조달과 긴 조달기간 때문에 발생한다. Figure 9는 인가저장품목이면서 조달기간이 1년 이상인 B품목의 예산주기를 6개월, 조달기간을 50% 단축했을 때 군수사 재고수준의 변화를 나타낸다. 보유하는 재고량은 줄었지만 보급의 지속성과 적시성을 유지하고 있다. 이와 같은 결과는 Steckel et al.(2004)이 주장한 것처럼 불확실한 수요예측에 집중하기보다 조달기간을 단축하는 것이 더 효율적이라는 주장과 일맥상통한다.

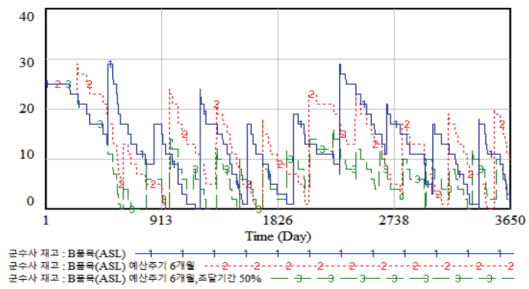


Fig. 9. Reducing budget cycle, PROLT(Item B)

Figure 10은 C품목의 예산주기를 6개월, 조달기간을 50%로 줄였을 때와 추가 재고수준에 대한 예산을 100% 증가시켰을 때 변화를 나타낸다. 예산의 증가보다 예산주기 및 조달주기를 단축하는 것이 재고량을 줄이고 보급 지속성과 적시성을 유지하는데 유리하다.

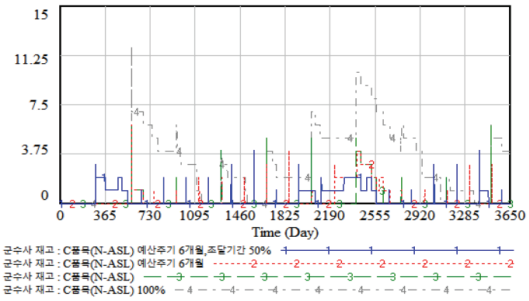


Fig. 10. Reducing budget cycle, PROLT or additional budgeting for N-ASL sustainment(Item C)

예산주기를 줄이기 위해서는 현재 경직적인 단년도 회계제도에 대한 재고려가 필요하다. 미군의 군수혁신 방안 중 군수사를 중심으로 단일재고기금을 도입했다는 점은 매우 고무적이다. 또한 조달기간은 계약부터 납품까지의 기간으로 이를 단축하기 위해서는 조달소요결정부터 업체 계약 및 납품까지 통합적인 관리가 필요하다.

5. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 시스템 다이내믹스 이론과 시뮬레이션 기법을 통해 예산과정에 따른 군수지원체계의 초과재고, 재고부족 현상을 분석하였다. 초과재고 현상은 다단계 군수지원체계에서 채찍효과에 의해 발생하기 보다는 예산과정이라는 특성 때문에 발생한다는 것을 분석하였다. 한 번에 많은 양을 조달하는 단년도 예산제도 하에서 인가저장품목의 경우 수요발생빈도가 적을 때 수요정보가 바로 예산과정에 반영되지 않고 이전에 조달한 재고가 한동안 소진되지 않을 때 초과재고가 발생하였다. 또한 비인가저장품목 중 연간 수요가 매우 적은 품목도 조달을 하지만 수요발생 빈도가 매우 낮을 때 장기간 재고를 보유하는 것을 확인하였다.

재고부족 현상은 인가저장품목이라도 수요의 변동보다는 예산이 부족할 때 발생할 가능성이 있고 비인가저장품목은 일정량의 수요량이 발생할 때 군수사 재고부족 현상이 발생하였으며 다음 예산주기에 조달하여 보급하기 때문에 군수사가 조달가능 할 때 보급함으로써 적시성을 상실하고 있음을 분석하였다. 따라서 비인가저장품목도 수요가 지속적으로 발생한다면 일정량의 재고를 보

유하는 것이 바람직하다는 시사점을 도출하였다. 또한 초과재고 및 재고부족 현상을 해결하고 보급의 지속성, 적시성을 유지하기 위해 예산과정의 개선이 필요한 부분을 도출하였다.

본 연구의 제한사항은 단일 품목에 대한 소요조달 모형으로 군수사가 취급하는 20여만 품목을 동시에 분석할 수는 없다. 하지만 인가저장품목과 비인가저장품목을 구분하여 분석할 수 있는 모형을 제시하였으며 기존의 군수지원모형에 예산과정을 포함했다는데 의의가 있다.

향후 추가 연구는 예산과정에서 군수사 담당관의 행태가 포함되어야 한다. 시스템적으로 군수사 담당관은 배급게임을 할 수 없지만 적용수요 결정시 3가지 통계기법(산술평균, 이동평균, 최소자승)에 의해 산출된 결과 값 중에서 선택을 한다는 점에서 과거 수요발생 정도에 따른 편향(Bias)이 발생할 수 있다.

References

Army Logistics Command guideline 2012.
(군수사 실무지침서 2012)

Army Regulation 415, Procurement.
(육군규정 415, 소요관리)

Aviv, Y. (2001) “The effect of collaborative forecasting on supply chain performance”, *Management Science*, Vol. 47, No. 10, 1326-1343.

Aviv, Y. (2007) “On the Benefits of Collaborative Forecasting Partnerships Between Retailers and Manufacturers”, *Management Science*, Vol. 53, No. 5, 777-794.

Chen, L. and Hau L. Lee (2009) “Information Sharing and Order Variability Control Under a Generalized Demand Model”, *Management Science*, Vol. 55, No. 5, 781-797.

Choi, S. D. (2002) “Efficiency plan of logistic support through central inventory control”, *The Quarterly Journal of Defense Policy Studies(Fall, 2002),* Vol. 57, 91-120.
(최수동 (2002) “중앙재고통제를 통한 군수지원의 효율화 방안”, 국방정책연구(2002년 가을), Vol. 57, 91-120)

Defense Logistics Integrated Information System.
(육군장비정보체계)

Dumond, J., M. K. Brauner, R. Eden, J. Folkeson, K. Girardini, D, Keyser, E. Peltz, E. M. Pint and M. Y. D. Wang (2001) *Velocity Management*, Santamonica, CA: RAND, MR-1108.

Fenno, R. F. (1996) *The Power of the Purse: Appropriations politics in Congress*, Boston: Little, Brown.

Forrester, J. W. (1958) “Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers”, *Harvard Business Review*, 36(4), 37-66.

GAO-01-772. (2001) *ARMY INVENTORY: Parts Shortages Are Impacting Operations and Maintenance Effectiveness.*

Girardini, K., A. Lackey, K. Leuschner, D. A. Relles, M. Totten and D. J. Blake (2003) *Dollar Cost Banding: A New Algorithm for Computing Inventory Levels for Army SSAs*, Santamonica, CA: RAND, MG-128.

Jung, S. and S. Lee (2014) “Optimal Spare Part Level in Multi Indenture and Multi Echelon Inventory Applying Marginal Analysis and Genetic Algorithm”, *KOREAN MANAGEMENT SCIENCE REVIEW*, Vol. 31, No. 3, 61-76.
(정성태, 이상진 (2014) “한계분석법과 유전알고리즘을 결합한 다단계 다계층 재고모형의 적정재고수준 결정”, 경영과학, 제31권 제3호, 61-76)

Key Jr., V. O. (1940) “The Lack of a Budgetary Theory”, *The American Political Science Review*, Vol. 34, 1137-1144.

Kim, K. C. (2007) *Vensim : Modeling Guide, Ventana Systems,* Seoul: Kyungjekyungyeong.
(김기찬 외 (2007) Vensim을 활용한 System Dynamics, 서울: 서울경제경영출판사)

Kim, S., S. Park and Y. Chung (2013) “A Simulation Analysis of R.O.K Navy’s Inventory Management Model for Repairable Parts”, *Journal of the Korea Society for Simulation,* Vol. 22, No. 1, 31-40.
(김성필, 박선주, 정예림 (2013) “시뮬레이션을 통한 해군의 복구성 수리부속 재고관리 모형 개발에 관한 연구”, 한국시뮬레이션학회 논문지, Vol. 22, No. 1, 31-40)

Lee, H. L., V. Padmanabhan and S. Whang (1997) “Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect”, *Management Science*, Vol. 43, No. 4, 546-558.

Lee, H. L., K. C. So and C. S. Tang (2000) “The Value

of Information Sharing in a Two-Level Supply Chain", *Management Science*, Vol. 46, No. 5, 626-643.

Lee, J. S. and S. Y. Jang (2012) "Development of a Simulation Model to Decide the Proper Target Inventory Level for TOC Replenishment Inventory Management using System Dynamics", *Journal of the Korea Society for Simulation*, Vol. 21, No. 3, 25-33. (이정숙, 장성용 (2012) "시스템 다이내믹스 기법을 활용한 TOC 재보충방식의 적정재고 관리를 위한 시뮬레이션 모델 개발", 한국시뮬레이션학회 논문지, Vol. 21, No. 3, 25-33)

Lee, T. H., U. M. Jung and J. S. Park (2010) "Analyzing impact of financial information sharing on supply chain performances and stability: system dynamics approach", *JOURNAL OF INTERNATIONAL LOGISTICS AND TRADE*, Vol. 8, No. 2, 91-116.

Lewis, V. B. (1952) "Toward a Theory of Budgeting", *Public Administration Review*, Vol. 12, No. 1, 43-54.

Lindblom, C. E. (1961) *Decision-Making in Taxation and Expenditure in Public Finance: Needs, Source and Utilization*, New Jersey: Princeton university Press.

Mun, Y. (2011) "A Study on the Cognition and Preference among Civilians, Public Servants and Military Officers on National Defense Expenditure", *KOREAN POLICY SCIENCES REVIEW*, 15, 125-151. (문세영 (2011) "국방비 수준에 대한 인식 및 정책선호 연구: 일반국민, 공무원, 군인집단 간 차이를 중심으로", 한국정책과학학회보, 제15권 제3호, 125-151)

Noh, Y., D. Choi, J. S. Rha and Y. Suh (2013) "Supply Contract Intelligence : The Impact of Stockout and Overstock Experiences Using System Dynamics Simulation Model" *Journal of Intelligence Information Systems*, 19(2), 21-38.

Park, C. G. (1991) "Toward a Budget Theory for Local Government : Reconciling Incremental and Determinants Approaches", *Korean Public Administration Review,* Vol. 25, No. 1, 25-45. (박종구 (1991) "지방정부를 위한 예산이론의 모색 – 점증주의와 결정론적 접근방법의 융합–" 한국행정학보, Vol. 25, No. 1, 25-45)

Park, K. J. (2010) "Effect of Initial Conditions on the Total Inventory Cost in a Supply Chain", *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, Vol. 10, No. 1, 191-198. (박경종 (2010) "공급 사슬의 초기 상태가 총재고비용에 미치는 영향", Journal of the Korean Society of Supply Chain Management, Vol. 10, No. 1, 191-198)

Park, S. H. and S. A. Moon (2011) "An Analysis on the Reduction Effect of Freight Volume by Supply Chain Redesign for the Alliance of Distributors: A Simulation Using System Dynamics", *Korean System Dynamics Society*, Vol. 12, No. 3, 66-86. (박세훈, 문성암 (2011) "유통업체간 제휴를 위한 공급체인 재설계에 의한 물동량 감소효과 분석: 시스템 다이내믹스를 이용한 시뮬레이션", 한국시스템다이내믹스 연구, 제12권 제3호, 66-86)

Sin, M. S. (2007) *Financial management*, Seoul: Daeyoung. (신무섭 (2007) 재무행정학, 서울: 대영문화사.)

Steckel, J. H., S. Gupta and A. Banerji (2004) "Supply Chain Decision Making: Will Shorter Cycle Times and Shared Point-of-Sale Information Necessarily Help?", *Management Science*, Vol. 50, No. 4, 458-464.

Sterman, J. D. (2000) *Business Dynamics: System thinking and Modeling for complex world*, New York: Irwin McGraw-Hill.

Torres, O. C. and A. B. Maltz (2010) "Understanding The Financial Consequences Of The Bullwhip Effect in a Multi-Echelon Supply Chain", *Journal Of Business Logistics*, Vol. 31, No. 1, 23-41.

Walrave, B. and R. Raven (2016) "Modeling the dynamics of technological innovation systems", *Research Policy*, 45, 1833-1844.

Wildavsky, A. (1979) *The Politics of the Budgetary Process, 3rd ed*, Boston: Little, Brown.

Yao, Y. and K. X. Zhu (2012) "Do Electronic Linkages Reduce the Bullwhip Effect? An Empirical Analysis of the US Manufacturing Supply chains", *Information Systems Research*, Vol. 23, No. 3, 1042-1055.

Yoon, H. and S. Lee (2011) "The Effect Analysis of the Improved Vari-METRIC in Multi-Echelon Inventory Model", *KOREAN MANAGEMENT SCIENCE REVIEW*, Vol. 28, No. 1, 117-127. (윤혁, 이상진 (2011) "Vari-METRIC을 개선한 다단계 재고모형의 효과측정" 경영과학, 제28권 제1호, 117-127)

임 준 오 (skyphant@naver.com)

2003 육군사관학교 정보과학(전산학) 학사
2008 KAIST 경영학 석사
2015~ 현재 광운대학교 방위사업학과 박사과정
2015~ 현재 육군사관학교 경제학 강사

관심분야 : 국방경영·경제, 전력 및 군수조달, 시스템 다이내믹스

박 종 구 (pparkcg@kw.ac.kr)

1983 경희대학교 행정학과 졸업
1986 미 Florida State University 행정학 석사
1989 미 Florida State University 행정학 박사(Ph.D)
1990~ 현재 광운대학교 행정학과 교수

관심분야 : 예산 및 재무행정, 정책결정 및 분석