

腐敗性 在庫의 經濟的 注文量에 관한 研究

魚 允 洋*

A Study on EOQ Models for Perishable Inventory

Eh, Youn - Yang

目 次

I. 문제의 제기	III. 모형의 의미
II. 모형의 설정	IV. 모형의 한계와 앞으로의 연구
1. 모형의 가정과 변수의 정의	참고문헌
2. 모형의 구축	Abstract

I. 문제의 제기

기존의 일반 상품에 관련된 재고 모형은 재고품목이 미래의 수요에 대비하여 무한정으로 보관될 수 있다는 가정하에서 재고모형이 구축되었다. 그러나 상품의 성격에 따라서는 재고로 보관중에 상품의 성격이나 질이 변화하는 경우가 발생한다. 예를 들면, 식품이나 혈액, 활어같은 상품은 재고로 일정기간 보유하고 난 이후에는 사용하기가 어렵다. 이러한 부패성 상품에 대한 재고관리모형에 대한 연구는 1960년대부터 주목을 받아 꾸준히 연구가 진행되어 왔다. 재고모형의 연구의 다양성에도 불구하고 기본적 성격을 추출하여 보면, 일반적 상품에 관련된 재고모형은 주문량과 관련된 제비용 요소를 추출하여 비용관계식을 만들고 이를 최소화하는 주문량을 찾는 것이었다. 그리고 부패성 상품에 관련된 모형은 상품의 제한된 수명과 관련된 재고보유의 효율성과 관련된 최적주문량을 결정하는 것이라고 할 수 있다.

부패성 상품에 관련된 기존의 연구를 보면 이론적 재고모형에 관련한 연구과 모형의 현실적용에 대한 연구로 구별할 수 있고, 부패성 상품의 이론적 재고모형에 대한 연구는 세부적으로 상품의 가장 중요한 수명제한적인 상품의 특성을 어떻게 보느냐에 따라 상품의 수명이 한정적인 경우, 상품의 수

* 부산수산대학교 경영정보학과 교수

명이 확률적으로 분포하는 경우의 연구로 나눌 수 있다¹⁾.

이와 같이 부패성 상품에 대한 재고관리모형에 대한 기존의 연구가 매우 다양하기하게 전개되어 왔음에도 불구하고 현실에서 이용할만한 효과적인 관리방안과 연구의 결과가 나오지 않고 있는 실정이다. 이는 다음과 같은 몇 가지 이유에 기인한다고 생각된다.

첫째, 부패성 재고에 관한 이론적 재고모형과 적용에 대한 연구가 많이 이루어졌음에도 불구하고 대부분의 연구가 혈액은행에 관련된 재고의 연구에 초점이 맞추어져 있었고, 기존의 연구들이 경제적 중요성이나 관리상 매우 중요한 식품에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있다는 점이다. 이는 기존의 연구가 식품의 재고관리에도 유용성이 있을 수 있지만 관리대상인 품목이 다르므로 인하여 발생할 수 있는 모형상의 특성을 분석하고 있지 못하다는 점이다²⁾.

둘째, 부패성 재고모형의 가장 중요한 특징은 상품이 제한된 생명을 가지고 있는 상품이라는 것이며, 이러한 부패성 상품에 관련된 연구들은 제품의 제한된 생명에만 초점을 맞추어 최적주문량에 대한 연구가 이루어져 왔지만, 분석과정이 복잡하여 모형화 과정에서 한계가 있고(Schmidt etc, 1985) 현실적용에 있어서도 한계점이 노정된다는 점이다³⁾.

셋째, 부패성 재고에 대한 재고관리정책에 관련된 문제 즉, 수량할인이나 가격할인과 관련된 연구가 이루어지지 않고 있다는 점이다.

기존의 부패성 재고관리모형의 대상이 되어왔던 혈액의 성격과는 달리, 상품중에는 재고보유중에 가격이나 가치가 하락하는 부패성 상품이 있다. 예를 들어 보유중인 재고품의 가치변화가 보유시간에 따라 변화하는 재고의 유형은 활어와 같은 수산물, 과일, 야채와 같은 농산물을 들 수 있다. 즉 이러한 농수산물은 상품의 가치에 상품의 신선도가 가장 중요한 요소라고 할 수 있는데, 상품의 신선도는 시간이 갈수록 저하되고 이에 따라 가격은 점차로 하락하게 된다. 이러한 경우에 상품을 보유하고 있는 소매상에서는 소비자에게 가격할인을 하거나 수량할인을 하여 상품을 판매하게 되며, 시간이 지나감에 따라 계속적으로 제품의 가치는 점점 하락하게 된다. 그리고 일반적인 상품인 경우 재고유지비용은 평균재고량에 비례하는 것으로 분석되는 데 반하여, 활어와 같은 상품은 주문량 즉 배치사이즈와 재고유지기간에 의하여 재고유지비용이 발생하는 경우가 많다.

이러한 보유중인 부패성 재고의 재고보유중 가치변화에 대한 직접적인 연구는 진행되지 않았지만 이와 관련된 연구접근방법은 다음과 같은 두 가지를 들 수 있다.

첫째는 직접적인 상품의 가치변화에 대한 분석을 하지 않고 재고보유비용의 비용관계식을 재고보유기간에 따른 비선형함수로 설정하여 분석하고자 하는 접근방법이다. 이러한 연구들로는 Weiss(1982), Muhlemann & Valtis - Spanopoulos(1980), Goh(1994) 등을 들 수 있다. 그러나 농수산물과 같이 상품의 가격이 재고보유기간중 판매가격이 하락하는 경우에 가격하락부분을 재고유지

- 1) 기존의 연구에 대한 분류와 그 성격에 대해서는 참고문헌 S. Nahmias(1982)을 참조바람.
- 2) 부패성 재고에 관한 연구가 혈액에 집중된 것은 각국에서 대부분의 연구비가 혈액에 관련된 연구에 집중되고 비교적 자료획득이 쉬웠기 때문이라고 S. Nahmias(1982)는 지적하고 있다.
- 3) 조달기간이 있는 부패성재고의 경우 보유중인 재고의 수명이 주문시기가 각각 다름에 따른 재고 상태함수는 매우 복잡하여 해를 구하기가 쉽지 않다.(Xu, Haiping(1990)

비용으로 변환시켜 모형화하는 방법은 모형의 구축과 모형의 현실적용 그리고 현실적 주문정책의 도출이라는 관점에서 그 유용성이 한계가 있을 뿐 아니라, 상품의 제한된 수명에 따른 문제를 간과하고 있음으로서 농수산물의 부패성 재고문제에 적용하는 데는 한계가 있다.

둘째는 가장 현실적으로 유용성이 있으면서 많은 연구가 이루어지는 가격할인 또는 수량할인모형을 이용하는 접근방법이다. 상품의 가격변화가 있는 경우에 대한 기존의 연구를 보면 수요가 일정하고 제품의 가격이 상승할 때의 주문정책에 대한 연구(Taylor and Bradley(1985), Tersine and Grasso(1978))와 공급자가 가격을 하락시킬 때와 하락된 가격이 주문량에 미치는 영향을 분석한 연구(Ardalan(1988), Aucamp and Kuzdrall(1989), Tersine and Schwarzkopf(1989)) 등이 있다. 이러한 접근방법의 연구는 모두가 공급자에 대한 구매자의 주문정책에 대한 분석이 이루어졌다는 데 그 특징이 있으며, 주문량과 관련된 재고상품의 가격은 일정하거나 가격할인이 공급자에 의하여 주어지는 것으로 간주되고, 이러한 조건하에서 경제적 주문량을 결정하는 문제가 주요한 관심사이었다. 그러나 이러한 접근방법이 부패성 재고의 관리에 이용되기 위해서는 재고보유기간중의 상품의 가치변화와 재고보유기간의 한정에 대한 조건 등이 결합되어야 유용성을 가질 수 있다.

실제적으로 부패성 상품은 소매점이나 도매점에서 수요를 증가시키기 위하여 수량할인이나 가격할인을 제공하는 경우가 매우 많고, 이러한 경우 수량할인이나 가격할인은 단위당 수익의 감소를 가져오나 전체적인 면에서는 판매의 증가로 인하여 수익의 증가를 가져온다. 이와 같이 제품의 가격변화는 상품의 재고정책에 매우 큰 영향을 미치며, 상품의 가격변화는 마케팅과 재고관리의 측면에서 분리되어 생각하기 어렵다. 그러나 기존의 수량할인 또는 가격할인에 관련된 재고관리시스템의 연구에서 분석된 대상의 대부분은 공급자가 구매자의 수요를 증대시키기 위하여 어느 정도 수량할인을 할 것인가 하는 문제와 공급자의 수량할인이 있는 경우 구매를 할 것인가 하지 않을 것인가 하는 문제가 주요 관심사이었지, 보유중인 상품의 가치하락과 연결된 가격할인정책에 대한 연구는 진행되지 않았다.

본 연구에서는 판매를 위하여 보유하는 상품이 제한된 수명을 가지고 있으며, 상품의 가치가 재고유지기간에 따라 변화되는 경우에 이러한 상품을 구매하여 수요자에게 공급하는 구매자의 입장에서 최적주문량을 어떻게 결정할 것인가 하는 문제에 관련된 단일기간 재고모형을 제시하고 이를 이용한 주문정책의 문제를 관리적 관점에서 분석하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 모형구축에서의 가정을 제시하여 이에 따른 모형을 구축하고, 3장에서는 제시된 모형의 의미를 분석하였다. 4장은 연구의 결론과 앞으로의 연구가 제시되었다.

Ⅱ. 모형의 설정

1. 모형의 가정과 변수의 정의

재고와 관련된 경제적 주문량모형은 여러가지의 재고정책을 평가하기 위하여 재고정책과 관련된

총비용을 산출하여 비교 평가하게 된다. 이러한 재고모형에서 수요와 상품의 가격이 일정한 경우에는 수요를 만족시키는 최적주문량을 결정하게 되면 총비용의 최소화 기준과 총이익의 최대화 기준에 따른 결과는 쌍대문제의 성격을 갖음으로 모형의 해는 같게 나타난다. 그러므로 대부분의 재고관리에서는 총비용의 최소화를 실현시키는 주문정책에 따라 주문을 하게 되면 이익의 최대화를 가져오게 된다고 가정하게 된다. 그러나 수량할인에 따른 가격변화가 있거나 수요율이 변화하는 경우는 이러한 가정은 성립되지 않는다. 본 논문에서는 보유중인 재고의 가격하락에 따른 수익의 감소를 비용으로 생각하고 총비용 최소화의 관점에서 모형을 구축한다. 모형의 구축과정에서 재고주문정책과 관련된 의사결정요소는 재고준비비, 재고유지비, 재고가가격자체에 따른 비용요소와 상품수명, 재고보유기간으로 구성되며 재고준비비는 주문횟수에 비례하는 비용요소로 재고유지비는 재고유지기간에 비례하는 것으로 가정하였다. 이것은 활어와 같은 수산물은 주문이 이루어진 이후에는 상품의 판매에 따른 이자수익외에는 재고관리비용이 재고수량에는 관계없이 활어조를 유지하여야 하는 경우가 많고 이에 재고유지비용이 재고유지기간에 따라 발생하는 경우가 많기 때문이다.

이상과 같은 모형설정에 따른 가정하에 본 논문의 모형구축에 사용되는 기본적 변수를 다음과 같이 정의한다.

- Q = 주문량(order quantity), 연속적인 값으로 가정
- D = 단위기간당 수요(demand rate per period in unit)
- h = 단위기간당 재고유지비용(storage cost per period)
- k = 재고유지기간에 따른 재고비용증가 지수
- HC = 재고보유기간 동안의 재고유지비용
- s = 재고준비비/1회주문(set up cost)
- q = 보유중인 재고수준(level of remnant inventory)
- P = 최초 판매시의 가격(regular unit price)
- c = 상품의 수명이 다한 다음 가격(retailer's unit price after product lifetime)
- T = 재고보유기간(cycle time)
- CI = 재고보유중의 재고가치손실에 따른 비용
- TIC = 단위기간당 재고와 관련된 총비용
- t = 재고로 유지되는 시간
- l = 상품의 수명(product life time)
- L = 주문기간

2. 모형의 구축

모형구축과 분석과정에서의 가정은 다음과 같다.

1. 수요는 일정하고 알려져 있다.
2. 수요는 보유하고 있는 재고로 만족이 되며, 백오더는 없다.

3. 주문에 따른 리드타임은 사이클타임보다 작은 정의 값을 갖는다. 이러한 가정은 모형의 단순화 과정에 필요한 것으로 리드타임이 사이클타임보다 큰 경우는 모형의 재고상태에 대한 함수설정이 필요하며 이 경우는 매우 모형이 복잡하여진다.

4. 재고준비비는 주문횟수와 주문량에 비례한다.

5. 재고유지비는 초기의 재고량과 재고유지기간에 비례한다.

6. 제품의 가격은 재고보유시간에 따라 감소하며 이러한 가격의 하락은 결과적으로 판매시의 수량 할인이나 가격할인과 같은 특성을 지닌다고 가정한다. 가격의 변화함수는 미분가능하며 다음의 지수 함수로 표현된다.

$$p(t) = P e^{-it}, \quad 0 < i < 1, \quad 0 < p < P, \quad 0 < t < l \quad (1)$$

여기서 P는 판매초기의 가격을 나타내며, i는 상품의 시간의 변화에 따른 가격하락의 정도를 나타내는 탄력도이다. 식(1)에 따르면 상품의 가격은 시간이 지남에 따라 감소하며, 극단적으로 상품의 신선도에 따른 탄력도가 0인 경우 $p(t) = P$ 가 되며, $t=0$ 인 경우 $p(0) = P$ 가 된다. 윗식에서 상품의 수명이 존재하는 경우에 상품의 가격은 상품의 수명이 존재하는 시기까지 하락하며, 상품의 수명이 지난 후에는 가격이 식(1)에 따르지 않고 $p(l) = c$ 로 급격하게 감소하게 된다. 이는 활어의 경우 사망에 따른 가격의 하락이라고 생각할 수 있다.

소매업자가 P의 가격으로 주문량 Q를 주문하였을 때, 만약 주문량이 수요율 D로 일정하게 판매되고 판매가격이 일정한 경우에 총판매수익은 PQ로 나타난다. 그러나 판매과정중에 가격의 하락이 발생하므로 판매기간 동안의 판매액감소는 수요와 판매액감소분의 곱으로 나타나게 된다. 이러한 관계를 수식으로 나타내면 식(2)와 같다.

$$PQ - DP \int_0^T e^{-it} dt \quad (2)$$

식(2)에서 사이클타임 동안에 주문량을 판매하게 되므로 $T = Q/D$ 으로 나타나며 이에 따라 식(2)를 정리하면 다음의 식(3)과 같이 된다.

$$P\{Q - D/i(1 - e^{-iT})\} \quad (3)$$

식(3)을 단위시간당 상품가치하락으로 인한 비용 CI/T를 정리하면 식(4)와 같이 나타난다.

$$CI/T = D/Q\{QP - DP/i(1 - e^{-iT})\} \quad (4)$$

단위기간의 재고와 관련된 총비용은 상품가치하락으로 인한 비용을 포함시킬 경우 다음 식(5)와 같이 나타나며 이를 최소화하는 주문량 Q는 식(4)를 Q로 표시되는 관계식으로 바꾸어 Q에 대하여 미분함으로서 구할 수 있다.

$$TIC = s/T + HC/T + CI/T \quad (5)$$

식(5)에서 재고유지비용이 주문량과 재고유지기간의 함수라고 가정한다면, 다음 식(6)과 같이 표현이 된다.

$$HC = hQ^k T \quad (6)$$

식(6)에서 k값이 1의 값을 갖는 경우, 이는 재고유지비용이 보유중인 재고가 감소함에도 불구하고 재고유지비용이 일정하게 발생하므로 실제로 단위재고당 재고비용은 증가하는 것이라고 할 수 있다. 만약 k값이 0의 값을 갖는 경우, 이는 재고유지비용이 주문량의 크기에 비례하여 재고비용이 발생하는 경우이다. 재고유지비용이 평균재고량에 비례한다고 가정하는 전통적 재고모형에서 재고비용은 $hQ/2T$ 로 표현되므로 $hQ/2 = hQ^k$ 가 되는 k 값을 구하면 이때 재고비용이 재고보유량과 재고보유기간에 따라 지수적으로 발생하여 재고비용의 총액이 전통적 재고모형에서와 같게 됨을 의미한다.

또, 주문에 따른 비용은 주문횟수에 비례한다고 가정하였으므로 재고준비비는 sD/Q 로 나타난다. 이상과 같은 주문량에 따른 제 비용요소를 대입하여 정리하면 주문량에 따른 총비용은 식(7)과 같다.

$$TIC = sD/Q + hQ^k + D/Q(QP - DP/i(1 - e^{-iT})) \quad (7)$$

모형 1 : 수요가 일정한 경우 최적주문정책

수요가 일정한 경우 최적주문량을 산정하기 위하여 식(7)의 총비용에 관련된 관계식을 보면, 식(7)은 상품의 가격하락이 상품의 수명이 다하는 기간 l 을 기점으로 하여 불연속적인 값을 가지므로 l 에 따른 함수의 조건을 분석하여야 한다. 먼저 식(2)에서 상품이 가격을 유지하는 기간 l 보다 사이클타임 T 가 큰 경우를 보면, 상품의 가격이 제품수명이 지난 후에는 $p(l) = c$ 로 감소하게 되므로 재고보유로 인한 손실은 급격하게 증가하게 된다. 이에 따라 상품수명이 다한 다음의 손실액은 다음 식(8)과 같이 나타난다.

$$CI(T > l)/T = (P - c)(T - l)D/T \quad (8)$$

이에 따라 식(7)에 식(8)을 고려하여 총비용식을 표시하면, 다음 식(9)와 같이 나타난다.

$$TIC(T > l) = sD/Q + hQ^k + D/Q(QP - DP/i(1 - e^{-i})) - (P - c)(T - l)D/T \quad (9)$$

식(9)를 Q 에 대하여 미분하여 정리하면, 식(10)과 같다.

$$Q^{**} = [1/h^k \{sD - D^2P/i(1 - e^{-i}) - (P - c)D\}]^{1/k} \quad (10)$$

식(10)에서 보면, 사이클타임이 상품수명보다 클 때에는 상품의 가치가 하락에 따른 주문량의 감소가 발생한다. 즉 재고의 가치하락에 따른 주문량의 감소분 $(D^2P/i(1 - e^{-i}))^{1/k}$ 에 상품의 수명에 따른 주문량의 감소가 $((P - c)D)^{1/k}$ 로 발생한다. 이 경우 재고에 관련된 총비용은 다음 식(11)과 같이 표현된다.

$$TIC^{**} = sD/Q^{**} + hQ^{**l} + D/Q^{**}\{Q^{**}P - DP/i(1 - e^{-\beta})\} + (P - c)(Q^{**}/D - l)D^2/Q^{**} \quad (11)$$

상품이 가격을 유지하는 기간 l 보다 사이클타임 T 가 작은 경우를 보면, 상품이 제품수명이 끝날 때 까지 판매되지 않고 사이클타임 동안에만 판매되므로 상품의 가치하락도 사이클타임 동안에만 발생하게 된다.

이 경우에 단위시간당 상품가치하락으로 인한 비용 CI/T 는 식(4)와 같이 나타난다. 그러므로 재고 유지에 따른 비용관계식은 식(12)와 같이 나타나고, 이를 Q 에 대하여 미분하고 정리하면 식(13)과 같이 나타난다.

$$TIC(T < l) = sD/Q + hQT^k + D/Q(QP - DP/i(1 - e^{-\beta})) \quad (12)$$

$$Q^{**} = [D^k/h(k+1)\{sD - D^2P/i + 1/i(DP + D^2P)e^{-iQ^{**}/D}\}]^{1/k-2} \quad (13)$$

식(13)에서 보면, 사이클타임이 상품수명보다 작을 때에는 상품의 가치가 하락에 따른 주문량의 감소가 발생하지만 상품수명에 따른 주문량의 감소는 발생하지 않음으로 이에 따른 주문량의 증가가 발생함을 볼 수 있다. 식(13)를 보면, 최적주문량 Q^{**} 는 바로 구할 수 없고 탐색방법(search method)을 이용하여 최적주문량의 근사치 \hat{Q} 를 찾을 수밖에 없다. 반복적으로 주문량의 근사치 \hat{Q} 를 찾을 때, 초기치로 Q^* 보다 큰 값을 넣어 찾으면 효과적으로 근사치를 구할 수 있으며, 최적주문량 근처에서의 총비용의 민감도는 매우 낮으므로 적용상에 문제는 없다고 할 수 있다.

이상의 제품수명과 사이클타임을 고려한 경우, 최적주문량에 대한 관계식 식(10)과 식(13)을 보면 부패성 재고의 주문정책의 선정에서 주문기간이 정 값 값을 갖는 경우, 수요가 일정한 경우는 고정간격주문시스템이나 고정량 주문시스템이나 총비용은 같게 발생한다. 그러나 실제적으로는 수요가 일정하지 않음으로 재고의 보유기간과 상품의 수명에 따른 주문량의 변화가 매우 큰 것을 고려할 때 고정간격 주문정책은 현실적으로 이용하기 어려움을 알 수 있다. 뿐만 아니라 식(10)과 식(11)을 보면 사이클타임이 상품수명보다 클 때에는 상품의 가치가 상품수명기간이 지난 다음에는 $(P - c)$ 만큼 하락하므로 $P \gg c$ 인 경우에는 주문량이 급격하게 감소하고 사이클타임이 감소하여 사이클타임은 결과적으로 제품의 수명에 접근하게 된다.

모형 2 : 수요가 일정하지 않은 경우 최적주문정책

단일기간 재고모형의 분석에서 수요가 일정하지 않은 경우는 재고부족비용과 재고과잉비용이 발생하게 된다. 본 논문에서 수요가 일정하지 않은 경우의 주문정책에 대하여 다음과 같은 사항에 한정하여 분석하였다.

1. 사이클타임이 제품수명보다 긴 경우는 앞에서 살펴본 바와 같이 관리적 관점에서 의미가 없으므로 제품수명이 사이클타임보다 긴 경우만 살펴보기로 한다.

2. 재고부족비용(shortage cost : C_s)은 고객에 대한 신용의 상실과 판매상실 등에서 발생하는 비용으로서 실현되지 않은 단위당 이익을 의미하지만 본 논문에서는 다른 비용적 요소는 일정하다고 가정하고 판매상실에 따른 비용만 고려한다. 그리고 재고과잉비용(excess cost : C_e)은 일정기간 내에

판매되지 않아 발생하는 비용만 고려하였다.

3. 재고주문정책으로 고정간격시스템을 이용하는 부패성 재고의 재고정책으로 이용되기 어려우므로 고정량 주문시스템의 경우에만 한정하였다.

수요의 변동이 있는 경우 적정주문량과 관계가 큰 것은 주문기간동안의 수요변동이라고 할 수 있다. 왜냐하면 주문기간동안의 수요변동에 의하여 재고부족분과 재고초과분이 발생하기 때문이다. 고정량 주문시스템을 재고주문정책으로 이용하는 경우에는 언제나 주문점에서의 재고보유분은 같다고 할 수 있으며, 이 경우 주문기간동안의 적정재고량은 재고부족에 따른 비용과 재고초과에 따른 비용을 일치시킬 때의 수준으로 결정된다.

주문기간 동안 수요의 변동으로 발생하는 재고의 부족분을 qs 라고 하면, 재고부족에 따른 한계비용은 식(12)와 다음 식(15)와의 차이로 나타나게 된다.

$$Cs^* = \text{식(15)} - \text{식(12)} \quad (14)$$

$$TIC(T - qs/D < l) = sD/Q + hQ(T - qs/D)^k + D/Q(QP - DP/i (1 - e^{-i(T - qs/D)})) + qsP \int_{T - qs/D}^T e^{-it} dt \quad (15)$$

그리고 재고의 초과분을 qe 라고 하면 재고초과비용은 식(12)와 다음 식(17)과의 차이로 나타내게 된다.

$$Ce^* = \text{식(17)} - \text{식(12)} \quad (16)$$

$$TIC(T + qe/D < l) = sD/Q + hQ(T + qe/D)^k + D/Q(QP - DP/i (1 - e^{-i(T + qe/D)})) \quad (17)$$

부패성 재고의 문제에서는 Cs 와 Ce 의 값은 $T - l$, L , qs 와 qe 의 값을 결정하는 수요의 분포형태에 따라 다르게 나타나게 된다. 이 경우 주문기간동안의 적정재고량은 $Cs^* = Ce^*$ 를 만족시키는 서비스 수준을 구하여 결정하거나 안전재고의 결정과 같이 수요의 만족율을 기준으로 적정재고량을 구할 수 있다. 그러나 식(14), 식(16)과 같이 Cs^* , Ce^* 값을 계산하는 것은 매우 복잡하다. 따라서 다음과 같이 근사적으로 재고부족비용은 보유하고 있는 상품을 판매한 후에 주문기간의 잔여기간($T - qs/D$, T) 동안 판매기회를 상실함에 따라 발생하는 비용만으로 재고초과비용으로 재고초과 보유기간(T , $T + qe/D$) 동안의 재고유지비용만 고려한다면, 다음 식(18), 식(19)와 같이 나타난다.

$$\hat{Cs} = qsP \int_{T - qs/D}^T e^{-it} dt \quad (18)$$

$$\hat{Ce} = hQ(T + qe/D)^k \quad (19)$$

식(18)과 식(19)를 이용하여 근사적 서비스 수준(service level : Sl^{\wedge})을 다음과 같이 구할 수 있다.
 $Sl^{\wedge} = \hat{Cs} / (\hat{Cs} + \hat{Ce})$

Ⅲ. 모형의 의미

앞에서 살펴본 재고모형을 중심으로 현실세계에서 관리적 관점의 모형의 의미를 요약하면 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 재고보유기간중에 가치가 하락하고 수명제한적인 부패성 재고모형의 경우는 비부패성 상품의 재고모형과는 달리 최적주문량을 결정하기 위한 수식이 복잡하고 수식에서 고려하여야 하는 변수는 $D, h, s, (P-c), i, l, L$ 등으로 많고 그 관계가 복잡하나, 현실에서 직접적으로 그 값을 찾기 어려운 것은 i 라고 할 수 있다. i 값을 효과적으로 찾을 수 있을 경우에 본논문에서 제시한 모형의 유용성은 확보될 수 있을 것이다.

둘째, 식(10), 식(13)을 보면 주문량은 전통적인 Willson공식에 따른 최적주문량 값보다 적다. 그 중에서도 즉 $T > l$ 일 때가 가장 주문량의 값이 작아지고, 상품의 사이클타임이 수명보다 긴 경우에는 $(P-c)$ 값의 크기에 따라서 급속도로 T 값을 l 에 접근하도록 한다. 이는 부패성 상품의 주문간격은 상품의 수명보다 짧아야 관리적으로 유용하다는 것을 의미하며 주문기간 L 값이 클수록 이러한 상품수명이 사이클타임보다 큰 값을 갖도록 하는 것이 중요하다.

셋째, 부패성 재고의 경우 재고유지비용은 상품가격에 따른 이자비용에 의한 것이라기 보다는 상품의 선선도 유지에 필요한 보관유지비용이라고 할 수 있다. 이러한 재고유지비용의 증가는 식(13)에서 나타나는 바와 같이 급격하게 주문량의 감소를 가져오게 된다. 이것으로부터 상품의 보관유지가 어려울수록 주문량이 적어야 함을 알 수 있다.

넷째, $T < l$ 일 때 소매점의 관점에서 상품의 구매가격이 구매시기에 따라 차별이 나는 경우, 즉 구매가격이 증가하거나 감소하는 경우에 식(13)에 의하면 다음과 같은 관리적 관점의 기준을 정할 수 있다. 경제적 주문량은 근사적으로 1차적인 관계이고, 수요에는 근사적으로 2차적인 관계이다. 그리고 이러한 관계는 수요가 클수록 더욱 커진다. $T > l$ 경우에는 식(10)에서 나타나는 바와 같이 상품의 잔존가치가 큰 영향을 미친다.

다섯째, 상품수명이 한계가 있는 경우 재고에 관련된 비용의 감소는 식(10)에 따르면 상품수명을 연장시킴으로써 가장 효율적으로 달성될 수 있고, 재고준비비가 크거나, 사이클타임이 큰 경우에 상품수명은 더욱 더 관리적으로 중요한 변수가 된다.

여섯째, 부패성 상품에서의 효율적인 재고관리 정책은 주문기간을 얼마나 단축할 수 있는가 하는 문제와 직접적인 관계를 가진다. 만약 주문기간이 0이라면 단위기간 동안 필요한 양을 필요시 마다 구매하는 방법이 가장 효과적인 방법이다. 이 경우에는 전통적 harris공식을 이용하여 최적 주문량을 구하고 이를 근사적으로 이용하여도 된다.

일곱째, 재고주문정책의 선정에서 중요한 점은 고정량 주문시스템만 이용이 가능하다는 점이며, 서비스 수준의 결정은 주문기간의 크기에 의하여 영향을 받으므로 주문기간을 단축하는 관리시스템의 구축이 무엇보다도 중요함을 알 수 있다.

IV. 모형의 한계와 앞으로의 연구

본 연구에서는 부패성 재고의 최적주문량 결정을 위한 재고모형을 구축하고 그 의미를 살펴보았다. 본 논문의 한계와 앞으로의 연구방향은 다음과 같이 생각된다.

1. 본 논문에서 모형의 설정에서 제시한 가정은 부패성 상품의 상품수명이 확정적인 값으로 주어진다고 가정하고 상품의 일정율이 시간이 지나 감에 따라 부패하는 경우는 산정하지 않았다. 앞으로 이러한 경우에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

2. 본 논문에서는 전통적인 확정적 재고모형을 이용하여 보유중인 상품의 가격이 지속적으로 하락하고, 상품의 수명이 한정적인 경우의 경제적 주문량에 대한 문제를 분석하였다. 여기에서 재고유지비용은 재고유지기간에 제품가격은 시간과 함수관계를 가지는 것으로 가정하였는데, 앞으로 이러한 비용요소가 보유중인 상품의 수량 및 보유시간과 동시에 함수관계를 갖도록 모형을 설정하여 분석하는 것도 매우 유용하리라고 생각된다.

3. 본 연구에서 가격하락이 발생할 경우, 가격할인을 하여 수요가 증가하는 경우의 경제적 주문량의 문제를 분석하지 못하였다. 앞으로 부패성 재고의 가격하락과 수량할인 그리고 수요와의 관계를 분석하는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

앞으로 부패성 재고의 연구에서 중요한 것은 개별적 상품에 대한 상품의 특성과 분배 및 주문형태에 대한 연구라고 생각된다. 왜냐하면 부패성 상품의 성격이 매우 개별적이기 때문에 전체에 맞는 재고모형의 개발은 어려울 것이기 때문이다. 특히 앞으로 농수산물의 재고모형에 대한 개발은 경제적 유용성과 연구대상의 특성때문에 매우 유망할 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

- Ardalan, A., "Optimal ordering policies in response to a sale", *IIE Transactions* 20(1988) 292 - 294.
- Aucamp D.C. and Kuzdrall P.J., "Ordering quantities with temporary price reductions", *Journal of Operational Research Society* 40(1989) 937 - 940.
- Goh, M., "EOQ models with general demand and holding cost function", *European Journal of Operational Research* 73(1994) 50 - 54.
- Muhlemann, A. P. and Valtis - Spanopoulos, N. P., "Avariable holding cost rate EOQmodel", *European Journal of Operational Research* 4(1980) 132 - 135.
- Naddor, E., *Inventory Systems*, John Wiley & Sons., New York, 1966, 97 - 100.
- Nahmias, S., "Perishable inventory theory : A Review", *Operational Research* 30(1982) 680 - 708.
- Schmidt, C. P. and Nahmias, S., "(S - 1, S) Policies for Perishable inventory", *Management Science* 31(1985) 719 - 728.
- Taylor, S. G. and Bradley, C. E., "Optimal ordering strategies for announced price increases", *Operational Research* 33(1985) 312 - 325.
- Tersine, R. J., and Grasso, E. T., "Forward buying in response to announced prices increases", *Journal Of Purchasing And materials Management* 14(1978) 20 - 22.

- Tersine, R. J. and Schwarzkopf, A. B., "Optimal stock replenishment strategies in response to a temporary price reduction", *Journal of Business Logistics* 10(1989) 123 - 145.
- Van der Veen, B., *Introduction to the Theory of Operational Research*, Philips Technical Library, Springer-Verlag, New York, 1967.
- Weiss, H. J., "Economic order quantity models with nonlinear holding cost", *European Journal of Operational Research* 9(1982) 56 - 60.
- Xu, Haiping & Wang, Hsu-Pin, "An economic ordering policy model for deteriorating items with time proportional demand", *European Journal of Operational Research* 46(1990) 21 - 27

A Study on EOQ models for Perishable Inventory

Eh, Youn Yang

Abstract

We consider the continuous, deterministic, infinite horizon, perishable item inventory, within the setting of a retail sector, in which the price for an item is dependent on the lifetime of inventory. Replenishment cost is kept constant but the carrying cost per units is allowed to vary according to product lifetime. Two possibilities of variation are considered : (1) Product lifetime is longer than cycletime and (2) Product lifetime is shorter than cycletime.

We find the optimal policies and decision rules for perishable product.