

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.5.577>

JCCT 2022-9-72

주문량에 따라 종속적으로 외상거래기간이 허용되는 상황 하에 선형수요함수를 고려한 RPLS 재고모형의 퇴화율에 따른 민감도분석

Sensitivity analysis of RPLS inventory model with price dependent demand linearly under order-size-dependent delay in payments in a two-stage supply chain

신성환*

Seong-Whan Shinn*

요약 외상 거래는 고객의 수요를 증대시킬 목적으로 공급자가 경쟁 업체와의 가격 차별화 수단의 하나로 활용되어 진다. 특히 공급자(Supplier), 중간유통자(Retailer) 그리고 고객(Customer)으로 구성되는 2 단계 공급사슬의 경우 공급자로부터 허용되는 상품 대금의 지불 유예는 중간유통자의 재고투자비용을 줄이는 수단인 되고, 중간유통자는 줄어든 재고 투자비용의 절감으로부터 최종 고객의 수요 증대를 기대하면서 판매 가격을 할인 할 수 있는 여지를 갖게 된다. 이와 같이 외상을 통한 지불 유예가 고객의 수요 증대를 목적으로 경쟁 기업과의 차별화 방안으로 제공되어 진다는 면에서 보면 외상 거래 기간은 거래량에 따라 차등적으로 허용되는 것이 좀 더 일반적일 수 있다. 퇴화성 제품의 경우 주문량에 따라 주어지는 외상 거래 기간은 중간유통자의 주문량에 긍정적인 요인이 되지만 제품의 퇴화는 주문량의 증가에 부정적인 요인이 될 수 있어 중간유통자의 재고정책 결정에는 두 요인의 절충이 필요하고, 특히 퇴화율은 중간유통자의 재고정책 결정에 중요한 역할을 하게 된다. 본 연구에서는 주문량에 따라 종속적으로 외상 거래 기간이 허용되는 상황 하에서 퇴화율이 중간유통자의 재고정책에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

주요어 : 외상 거래, 선형수요함수, 퇴화, 판매가격, 경제적주문량

Abstract Credit transactions are used as a means of price discrimination from competitors in order for suppliers to increase customer demand. In particular, in the case of a two-stage supply chain consisting of a supplier, a retailer, and a customer, the deferral of payment for goods allowed by the supplier is a means of reducing the inventory investment cost of the retailer. Retailers have the opportunity to discount the selling price while anticipating an increase in end-customer demand through the reduction of the inventory investment cost. In view of the fact that such trade credit is provided for the purpose of increasing demand as a means of discrimination from competitors, it may be more general that the credit transaction period is allowed flexibly according to the transaction volume. In particular, in the case of deteriorating products, the credit transaction period given according to the order volume is a factor that increases the order volume of the retailer, but product deterioration can be a limiting factor in the increase in the order volume. The deterioration rate actually plays an important role in determining the inventory policy of the retailer. Therefore, in this paper, the effect of such deterioration rate on the inventory policy of retailer is analyzed.

Key words : Credit Period, Linear Demand Function, Deterioration, Price, Lot-size

*정회원, 한라대학교 신소재화학공학과 교수 (제1저자)
접수일: 2022년 7월 27일, 수정완료일: 2022년 8월 18일
게재확정일: 2022년 9월 3일

Received: July 27, 2022 / Revised: August 18, 2022

Accepted: September 3, 2022

*Corresponding Author: swshinn@halla.ac.kr

Dept. of Advanced Materials & Chemical Engineering, Halla Univ, Korea

1. 서론

외상 거래는 공급자(Supplier)가 고객(Customer)의 수요를 증대 시킬 목적으로 경쟁 업체와의 가격 차별화 전략의 하나로 활용되어진다. 일반적으로 외상 거래는 외상 거래를 허용하는 공급자나 상품을 구입하는 고객, 모두에게 중요한 역할을 하게 된다. 공급자의 경우 외상 거래는 경쟁사에 대한 차별화 수단으로 활용될 수 있으며, 이와 같은 외상 거래를 통하여 고객의 잠재 수요를 유발하는 효과를 기대할 수 있다. 반면에 고객의 경우에는 외상 거래로부터 지불 유예 기간 동안에 상품 가격의 지불이 유예됨으로써 재고 투자비용이 절감되고, 결국 고객의 주문량이 증대되는 긍정적인 영향을 미치게 된다(Fewings [1]). 이와 관련하여 공급자로부터 일정 기간 상품 대금에 대한 지불 유예가 허용된다는 가정 하에 재고 모형에 대한 연구가 다양하게 수행되어 왔다. Chung [2]과 Teng et al. [3]은 공급자(Supplier), 중간유통자(Retailer) 그리고 고객(Customer)으로 구성되는 2 단계 공급사슬을 대상으로 공급자가 일정 기간 동안 외상 거래를 허용한다는 가정 하에 중간유통자의 재고정책에 대한 연구를 수행하였다. 분석 결과에 따르면, 공급자로부터 일정 기간 허용되는 외상 거래는 중간유통자 재고 투자 비용 절감의 효과적인 수단이 되고, 중간유통자는 재고 투자비용의 절감으로부터 최종 고객의 수요 증가를 기대하면서 판매 가격을 할인할 수 있게 된다는 사실을 알 수 있었다.

특히 2 단계 공급사슬의 경우에 고객의 수요는 중간유통자가 제시하는 판매 가격에 영향을 받게 되고, 중간유통자의 주문량은 결국 최종 고객의 수요에 영향을 받게 됨으로 중간유통자의 주문량의 크기와 고객에 대한 판매 가격은 동시에 결정되는 것이 타당 할 수 있다.(Joint Retailer's Price and Lot-size Model : RPLS model) 이와 같은 관점에서 Ouyang et al. [4]는 고객의 수요가 구입 가격에 따라 지수적으로 감소(a constant price elasticity function)한다는 가정 하에 주문량과 판매 가격을 동시에 결정하는 문제를 분석하였고, Avinadav et al. [5]은 고객의 수요가 구입 가격에 따라 선형적으로 감소(a linearly decreasing function) 한다는 가정 하에 동일한 모형을 분석하였다. 또한 Tsao and Sheen [6]은 외상 거래 하에 일정률로 퇴화하는 상품에 대한 판매 가격 및 주문량 결정 문제를 발표하였다.

최근에 Shinn [7]은 한국의 제약회사와 농기계 유통의 사례를 통하여 이와 같은 외상 거래 기간이 중간유통자의 거래량에 따라 종속적으로 주어지는 상황을 가정하고, 재고 모형을 분석하였다. 일반적으로 외상 거래가 경쟁 기업들과의 차별화 수단의 하나로 공급자로부터 제공되어 진다는 측면에서 공급자는 고객의 주문량 증대를 기대하면서 지불 유예 기간을 거래량에 따라 차등적으로 허용되는 것이 더 일반적일 수 있다. 이와 같은 관점에서 고객의 수요가 중간 유통자의 판매 가격에 따라 선형적으로 감소하는 감소함수의 형태로 나타난다는 가정 하에 중간유통자의 주문량과 판매가격을 결정하는 모형을 분석하였고, 그 결과 주문량에 종속적으로 지불 유예가 허용되는 경우 지불 유예로부터 기대되는 투자비용의 절감 효과는 판매 가격을 낮추는 동인이 되어 장기적으로 고객의 수요를 증대 시켜 2 단계 공급사슬 전체의 이익을 극대화 시킬 수 있다는 사실을 확인할 수 있었다.

또한 Shinn [8]은 앞의 논문과 동일한 상황의 가정 하에 일정률로 퇴화하는 퇴화성 제품에 대한 재고 모형을 발표하였다. 이 때 퇴화율이 0 이라는 것은 퇴화가 발생하지 않는 경우를 의미하며, Shinn [8]의 모형의 퇴화율에 0을 대입하면, 퇴화가 없는 경우, 주문량에 따라 종속적으로 외상 거래 기간이 허용되는 상황의 가정 하에 선형수요함수를 고려하여 RPLS 재고 모형을 분석한 Shinn [7]의 결과와 동일한 결과를 얻게 됨을 알 수 있었다.

두 논문의 분석 결과에 따르면 공급자로부터 허용되는 외상 거래로부터 중간유통자의 재고 투자 비용은 줄어들게 되고, 이와 같은 재고 투자 비용의 절감으로 제품의 판매 가격 할인을 통하여 최종 고객의 수요 증대를 기대 할 수 있다. 특히 중간유통자의 판매 가격은 수요 함수에 따라 탄력적으로 결정되는 것을 알 수 있었고, 또한 주문량에 따라 주어지는 외상 거래 기간은 중간유통자의 주문량을 증가시키는 긍정적인 요인으로 작용하지만, 제품의 퇴화는 주문량의 증가에 부정적인 요인으로 작용하여 최적 주문량 결정에는 외상 거래 기간과 퇴화율, 두 요인의 절충이 필요함을 알 수 있었다. 결과적으로 퇴화율은 실제 중간유통자의 재고정책 결정에 대단히 중요한 역할을 하게 된다는 사실을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 이와 같은 퇴화율이 중간유통자의 재고정책, 즉 최적 판매 가격과

주문량에 미치는 영향을 분석해 보고자 한다. 본 연구는 공급자, 중간유통자 그리고 고객으로 구성되는 2 단계 공급 사슬을 대상으로 하여 최종 고객의 수요가 중간유통자의 판매 가격에 선형 감소함수라는 가정과 공급자로부터 허용되는 외상 거래 기간이 중간유통자의 거래량의 크기에 따라 종속적으로 주어지는 상황을 가정하고, 퇴화율이 중간유통자의 최적 판매가격 및 주문량에 미치는 영향을 계량적으로 분석해 보고 중간유통자의 최적 재고정책에 대해서 논의해 보고자 한다.

II. 중간유통자의 수리모형과 재고정책

본 연구는 주문량에 따라 종속적으로 외상 거래 기간이 허용되는 상황 하에서 선형수요함수를 고려한 RPLS 재고모형으로 부터 퇴화율의 정도가 중간유통자의 재고정책에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 따라서 본 연구에서 사용된 가정과 수리 모형은 Shinn [8]의 연구 결과와 동일하다.

<가정>

- (1) 공급자(Supplier)는 중간유통자(Retailer)의 주문량의 크기에 따라 종속적으로 상품 대금에 대하여 외상 거래를 허용한다. 즉 중간유통자의 거래 주문량이 일정 수준 이상이 되면, 공급자는 상품 대금에 대해 좀 더 오랜 기간 지불 유예를 허용한다.
- (2) 중간유통자(Retailer)는 공급자(Supplier)가 허용하는 외상 거래 기간 동안 상품 대금의 지불이 유예되어 일시적으로 유예된 상품 대금에 대하여 수익(투자수익률, I)이 발생하고, 신용거래 기간이 만료되면 상품 대금이 지불되어 남아있는 재고에 대한 재고비용(재고투자비용, R)이 발생한다.
- (3) 고객(Customer)의 수요는 중간유통자(Retailer)의 판매 가격에 따라 선형적으로 감소한다.
- (4) 상품은 일정한 비율(λ)로 퇴화한다.

<기호>

- C = 공급자로부터 단위 상품 가격.
- S = 1회 주문 비용.
- H = 재고유지비용(재고투자비용 제외).
- I = % 값으로 주어진 투자수익률.
- R = % 값으로 주어진 재고투자비용.

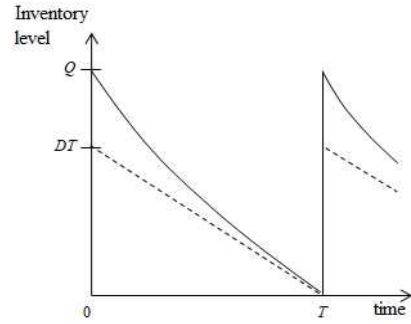


그림 1. t 시점의 재고 수준, $q(t)$
 Figure 1. Inventory level ($q(t)$) vs. Time (t).

D = 고객의 연간 수요, $D = a - bP$, $a, b > 0$

P = 중간유통자의 단위 판매 가격($< a/b$)

λ = 상품의 퇴화율

Q = 중간유통자의 주문량.

T = 중간유통자의 주문주기.

tc_j = 공급자가 중간유통자에게 허용하는 지불 유예 기간 $v_{j-1} \leq TDC < v_j$, $tc_{j-1} < tc_j$, $j = 1, 2, \dots, m$
 그리고 $v_0 < v_1 < \dots < v_m$, $v_0 = 0$, $v_m = \infty$.

$q(t)$ = t 시점의 재고 수준.

상품의 재고가 일정한 비율로 퇴화하는 경우에 시점 t 의 재고 수준은 [그림 1]과 같고, 시점 t 의 퇴화량은 시점 t 의 재고 수준에 비례한다. 따라서 Shinn [8]이 설명한 대로 주기당 주문량, Q 는 $q^0(t)$ 를 시점 t 에 퇴화에 의한 재고 소모량을 고려하지 않은 재고 수준이라고 할 때,

$$Q = (q^0(T) - q(T)) + DT \quad (1)$$

이 되고, t 시점의 재고 수준, $q(t)$ 는 다음과 같다.

$$q(t) = \frac{D}{\lambda}(e^{\lambda(T-t)} - 1), \quad 0 \leq t \leq T \quad (2)$$

결과적으로 중간유통자의 연간 이익식, $\Pi(P, T)$ 는 Shinn [8]의 결과와 같이 다음과 같이 다섯 가지 비용 항목으로 구성된다.

- (1) 연간 판매수입 = PD
- (2) 연간 구매비용 = $CQ/T = CD(e^{\lambda T} - 1)/\lambda T$
- (3) 연간 주문비용 = S/T ,
- (4) 연간 재고유지비용 = $\frac{H}{T} \int_0^T q(t) dt = \frac{HD(e^{\lambda T} - \lambda T - 1)}{\lambda^2 T}$.
- (5) 연간 재고투자비용

1) Case 1($tc_j \leq T$) : Case 1의 경우에는 [그림 2]에 표현한 대로 지불 유예기간($0, tc_j$) 동안에는 $\frac{1}{2}Dtc_j(tc_jCI)$ 의 투자 수익이 발생하고, 외상 거래 기간이 만료됨에 따라 상품 구매 비용은 지불되어, (tc_j, T) 동안 재고투자비용 $CR \int_{tc_j}^T q(t)dt$ 이 발생하게 된다. 따라서 $tc_j \leq T$ 의 경우 연간 재고투자비용은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{연간 재고투자비용} &= \frac{1}{T} \left\{ CR \int_{tc_j}^T q(t)dt - \frac{CIDtc_j^2}{2} \right\} \\ &= \frac{1}{\lambda^2 T} CRD(e^{\lambda(T-tc_j)} - \lambda(T-tc_j) - 1) - \frac{CIDtc_j^2}{2T}. \end{aligned}$$

(ii) Case 2($tc_j > T$) : Case 2의 경우에는 [그림 3]에 표현한 대로 상품 구매 비용은 외상 거래 기간 동안 투자수익만 발생한다. 즉 ($0, T$) 동안에는 $\frac{1}{2}DT(TCI)$, (T, tc_j) 동안에는 $DT((tc_j - T)CI)$ 의 투자 수익이 발생하게 되어 결국 $tc_j > T$ 의 경우,

$$\begin{aligned} \text{연간 재고투자비용} &= -\frac{1}{T} \left\{ \frac{DT}{2} TCI + DT(tc_j - T)CI \right\} \\ &= \frac{CIDT}{2} - CIDtc_j \end{aligned}$$

이 된다.

따라서 $\Pi(P, T)$ 는 tc_j 와 T 의 크기에 따라 다음의 두 가지 형태로 모형화 된다.

(1) Case 1($tc_j \leq T$)

$$\begin{aligned} \Pi_{1,j}(P, T) &= PD - \frac{CD(e^{\lambda T} - 1)}{\lambda T} - \frac{S}{T} - \frac{HD(e^{\lambda T} - \lambda T - 1)}{\lambda^2 T} \\ &\quad - \left(\frac{CRD(e^{\lambda(T-tc_j)} - \lambda(T-tc_j) - 1)}{\lambda^2 T} - \frac{CIDtc_j^2}{2T} \right), \\ &\quad TDC \in [v_{j-1}, v_j), \\ &\quad j = 1, 2, \dots, m. \end{aligned} \quad (3)$$

(2) Case 2($tc_j > T$)

$$\begin{aligned} \Pi_{2,j}(P, T) &= PD - \frac{CD(e^{\lambda T} - 1)}{\lambda T} - \frac{S}{T} - \frac{HD(e^{\lambda T} - \lambda T - 1)}{\lambda^2 T} \\ &\quad - \left(\frac{CIDT}{2} - CIDtc_j \right), \\ &\quad TDC \in [v_{j-1}, v_j), \\ &\quad j = 1, 2, \dots, m. \end{aligned} \quad (4)$$

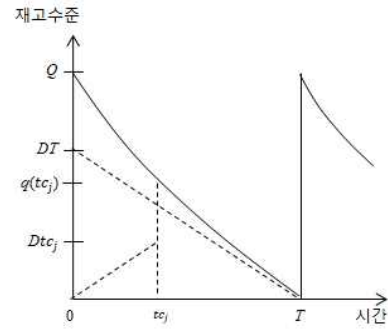


그림 2. 외상기간(tc_j) vs. 주기시간(T), $tc_j \leq T$
Figure 2. Credit Period (tc_j) vs. Cycle Time (T).

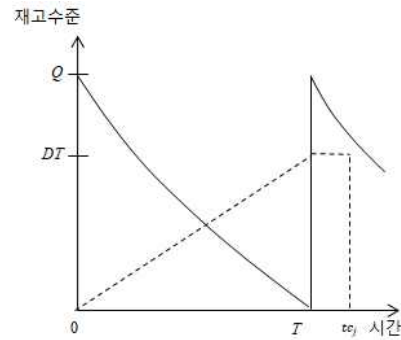


그림 3. 외상기간(tc_j) vs. 주기시간(T), $tc_j > T$
Figure 3. Credit Period (tc_j) vs. Cycle Time (T).

또한 식 (3)과 (4)의 지수항에 대한 테일러 급수 전개를 통하여 다음의 근사식을 얻게 된다.

$$\begin{aligned} \Pi_{1,j}(P, T) &= PD - CD - \frac{S}{T} - \frac{(H+CA)DT}{2} \\ &\quad - \left(\frac{C(R-I)Dtc_j^2}{2T} + \frac{CRDT}{2} - CRDtc_j \right), \\ &\quad TDC \in [v_{j-1}, v_j), \quad j = 1, 2, \dots, m. \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Pi_{2,j}(P, T) &= PD - CD - \frac{S}{T} - \frac{(H+CA)DT}{2} \\ &\quad - \left(\frac{CIDT}{2} - CIDtc_j \right), \\ &\quad TDC \in [v_{j-1}, v_j), \\ &\quad j = 1, 2, \dots, m. \end{aligned} \quad (6)$$

결과적으로 Shinn [8] 이 제시한 대로 중간유통자의 최적 재고정책, 즉 연간 총이익 $\Pi(P, T)$ 를 최대화하는 판매 가격(P^*)과 발주 주기(T^*)는 다음과 같은 판매 가격(P)의 일변수함수로부터 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \max_{P, T} \Pi(P, T) &= \left\{ \max_{P \in PR_1} \Pi_{i,j}^0(P), \max_{P \in PR_2} \Pi_{i,j}(P, v_{j-1}/DC), \right. \\ &\quad \left. \max_{P \in PR_3} \Pi_{i,j}(P, v_j^-/DCP) \right\}. \end{aligned} \quad (7)$$

이 때, 각 T 값들이 최적 발주주기 T^* 의 후보 값이 되기 위한 P 의 범위는

(PR-1) $T_{i,j}(P)$ 가 $T^*(P)$ 의 후보가 되기 위한 P 의 범위:
 (Case 1) $PR1_j = \{P \geq P1_j\} \cap \{P \geq P2_{j-1} \text{ 또는 } P \leq P3_{j-1}\} \cap \{P6_j < P < P5_j\}$, $R > I$
 $PR1_j = \{P \geq P1_j\} \cap \{P4_j < P \leq P4_{j-1}\}$, $R = I$
 (Case 2) $PR1_j = \{P < P1_j\} \cap \{P7_j < P \leq P7_{j-1}\}$

(PR-2) $\frac{v_{j-1}}{DC}$ 가 $T^*(P)$ 의 후보가 되기 위한 P 의 범위:
 (Case 1) $PR2_j = \{P \geq P8_{j-1}\} \cap \{P3_{j-1} < P < P2_{j-1}\}$, $R > I$
 $PR2_j = \{P \geq P8_{j-1}\} \cap \{P > P4_{j-1}\}$, $R = I$
 (Case 2) $PR2_j = \{P < P8_{j-1}\} \cap \{P > P7_{j-1}\}$

(PR-3) v_j/DC 가 $T^*(P)$ 의 후보가 되기 위한 P 의 범위:
 (Case 1) $PR3_j = \{P > P9_j\} \cap \{P \geq P5_j \text{ 또는 } \{P \leq P6_j\}$, $R > I$
 $PR3_j = \{P > P9_j\} \cap \{P \leq P4_j\}$, $R = I$

와 같고, $P1_j, P2_j, \dots, P9_j$ 는

$$P1_j = \frac{a}{b} - \frac{2S}{b(H + C\lambda + CI)t_j^2} \quad (8)$$

$$P2_j = \frac{a}{b} + \frac{2SC^2 + \sqrt{4S^2C^4 + 4C^3(R-I)t_j^2(H + C\lambda + CR)v_j^2}}{2bC^3(R-I)t_{j+1}^2} \quad (9)$$

$$P3_j = \frac{a}{b} + \frac{2SC^2 - \sqrt{4S^2C^4 + 4C^3(R-I)t_j^2(H + C\lambda + CR)v_j^2}}{2bC^3(R-I)t_{j+1}^2} \quad (10)$$

$$P4_j = \frac{a}{b} - \frac{(H + C\lambda + CR)v_j^2}{2bSC^2} \quad (11)$$

$$P5_j = \frac{a}{b} + \frac{2SC^2 + \sqrt{4S^2C^4 + 4C^3(R-I)t_j^2(H + C\lambda + CR)v_j^2}}{2bC^3(R-I)t_j^2} \quad (12)$$

$$P6_j = \frac{a}{b} + \frac{2SC^2 - \sqrt{4S^2C^4 + 4C^3(R-I)t_j^2(H + C\lambda + CR)v_j^2}}{2bC^3(R-I)t_j^2} \quad (13)$$

$$P7_j = \frac{a}{b} - \frac{(H + C\lambda + CI)v_j^2}{2bSC^2} \quad (14)$$

$$P8_j = \frac{a}{b} - \frac{v_j}{bCt_{j+1}} \quad (15)$$

$$P9_j = \frac{a}{b} - \frac{v_j}{bCt_j} \quad (16)$$

와 같이 표현된다.

또한 $\lambda = 0.0$ 은 퇴화가 일어나지 않는 상품의 경우를 의미하며, 각각의 식에 $\lambda = 0.0$ 을 대입한 결과는

퇴화가 없는 경우에 주문량에 따라 종속적으로 신용거래 기간이 허용되는 상황 하에서 선형수요함수를 고려한 RPLS 재고 모형을 분석한 Shinn [7]의 모형과 동일한 결과를 제시함을 알 수 있다.

III. 퇴화율에 따른 민감도 분석

이제 퇴화율이 주문량에 따라 종속적으로 외상 거래 기간이 허용되는 상황 하에서 선형수요함수를 고려한 RPLS 재고 모형에 미치는 영향을 분석해 보자. 앞에서 분석한 대로 중간유통자의 연간 총이익 $\Pi(P, T)$ 는 불연속함수라는 특성으로 분석적으로 민감도 분석을 시행할 수 없다. 따라서 동일한 예제에 몇 가지 다른 퇴화율을 적용하여 퇴화율이 중간유통자의 최적 판매 가격(P^*)과 발주 주기(T^*)에 미치는 영향을 계량적으로 분석하였다. 또한 문제 분석을 위하여 본 연구에서 적용한 예제는 Shinn [8]이 적용한 예제를 동일하게 사용하였다. 본 연구에서 적용한 예제는 다음과 같다.

(1) $S = 50$ [\$\$/회], $C = 3$ [\$\$/단위], $H = 0.1$ [\$\$/단위·년], $R = 0.15$ (=15%), $I = 0.1$ (=10%)

(2) 신용거래 기간

구입비용	신용거래기간
$0 \leq TDC < \$1,500$	$t_1 = 0.1$
$\$1,500 \leq TDC < \$3,000$	$t_2 = 0.2$
$\$30,000 \leq TDC$	$t_3 = 0.3$

판매가격에 선형적으로 감소하는 수요($D = a - bP$)를 고려하기 위하여, $a = 10,000$, $b = 1,250$ 로 가정하고, $P \leq a/b$ (=8)의 범위에서 먼저 퇴화가 없는 경우를 가정하고, 근사적인 최적해를 도출하였다. 최적해 도출 결과, 최적 판매 가격(P^*)과 발주 주기(T^*)는 각각 5.48, 0.32로 Shinn [7]의 결과와 동일한 결과를 보였다.

다음으로 퇴화율이 중간유통자의 재고 모형에 미치는 영향을 계량적으로 분석하기 위하여 $\lambda = 0.05, 0.1, 0.2, 0.3$ 그리고 0.5로 총 5 가지 수준의 퇴화율을 적용하여 퇴화율이 중간유통자의 최적 판매 가격(P^*)과 발주 주기(T^*)에 미치는 영향을 분석하였다(표 1). 분석 결과 다음의 사실을 확인할 수 있었다.

- 1) 퇴화율이 증가함에 따라 중간유통자의 연간 총이익은 감소하면서, 최적 판매 가격(P^*)은 증가한다.
- 2) 퇴화율이 증가함에 따라 중간유통자의 연간 총이익은 감소하면서, 발주 주기(T^*)는 감소한다.

표 1. 퇴화율에 따른 최적해의 결과

Table 1. Results of the optimal solution with various values of λ

λ	0.0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5
$\Pi(P, T)$	7738	7475	7426	7348	7270	7137
P^*	0.320	0.220	0.199	0.180	0.162	0.129
T^*	5.48	5.518	5.522	5.530	5.535	5.547

일반적으로 퇴화율이 증가함에 따라 중간유통자의 주문량은 퇴화량을 고려하여 줄어들게 되고, 퇴화량의 증가로 연간 총이익은 감소 할 것으로 예측되어진다. 분석 결과에 따르면, 퇴화율이 증가함에 따라 중간유통자의 연간 총이익은 감소하면서, 판매가격이 감소하고 있는 것을 알 수 있다. 판매 가격의 감소는 중간유통자의 판매 가격에 따라 선형적으로 감소하는 고객 수요의 감소를 의미하고, 결과적으로 중간유통자의 주문량이 감소하게 된다. 또한 중간유통자의 발주 주기 감소 역시 주문량을 줄이는 결과로 나타나게 되어 예측과 동일한 결과가 나타남을 확인 할 수 있었다.

IV. 결 론

본 연구는 Shinn [7, 8]이 분석한 주문량의 크기에 따라 지불 유예가 차별적으로 허용되는 2 단계 공급 사슬 모형에서 퇴화율이 중간유통자의 재고 모형에 미치는 영향을 분석 해 보았다. 문제 분석을 위하여 Shinn [7, 8]의 연구와 마찬가지로 최종 고객의 수요는 중간유통자의 판매가격에 선형적으로 감소한다는 가정 하에 퇴화율이 중간유통자의 재고정책에 미치는 영향을 분석하였다. 퇴화율이 중간유통자의 최적 판매 가격(P^*)과 발주 주기(T^*)에 미치는 영향에 대한 계량적분석을 위하여 퇴화가 일어나지 않는 경우($\lambda=0.0$)와 함께 $\lambda=0.05, 0.1, 0.2, 0.3$ 그리고 0.5로 총 5 가지 수준의 퇴화율을 적용하여 퇴화율이 중간유통자의 재고정책에 미치는 영향을 계량적으로 분석하였다.

일반적으로 공급자로부터 외상 거래가 허용 될 경우 중간유통자의 재고 투자 비용의 절감 효과가 발생하고, 중간유통자는 재고 투자 비용의 절감을 통하여 최종 고객의 수요가 커지기를 기대하면서 제품 판매 가격을 할인할 수 있게 된다. 또한 주문량의 크기에 따라 주어지는 외상 거래 기간은 중간유통자의 주문량을 증가시키는 긍정적인 요인으로 작용하는 반면에 제품의 퇴화는 주문량의 증가를 제한하는 부정적인 요인이 될 수 있고,

퇴화율이 증가 함에 따라 주문량에 미치는 영향이 더 커지는 것을 알 수 있었다. 따라서 퇴화가 일어나는 경우에 최적 주문량 결정에는 외상 거래 기간과 퇴화율 두 요인의 절충이 절대적으로 필요함을 알 수 있었다.

References

- [1] D.R. Fewings, "A credit limit decision model for inventory floor planning and other extended trade credit arrangement," Decision Science, Vol.23, No.1, pp.200-220, 1992.
- [2] K. J. Chung, "A theorem on the determination of economic order quantity under conditions of permissible delay in payments," Computers & Operations Research, Vol.25, No.1, pp49-52, 1998.
- [3] J. T. Teng, C. T. Chang, M. S. Chern and Y. L. Chan, "Retailer's optimal ordering policies with trade credit financing," International Journal of Systems Science, Vol.38, No.3, pp.269-278, 2007.
- [4] L. Y. Ouyang, C. H. Ho, and C. H. Su, "An optimization approach for joint pricing and ordering problem in an integrated inventory system with order-size dependent trade credit," Computers & Industrial Engineering, Vol.57, pp.920-930, 2009.
- [5] T. Avinadav, A. Herbon and U. Spiegel, "Optimal ordering and pricing policy for demand functions that are separable into price and inventory age," International Journal of Production Economics, Vol.155, pp.406-417, 2014.
- [6] Y. C. Tsao and G. J. Sheen, "Joint pricing and replenishment decisions for deteriorating items with lot-size and time-dependent purchasing cost under trade credit," International Journal of Systems Sci. Vol.38, No7, pp.549-561, 2007.
- [7] S. W. Shinn "Optimal pricing and ordering policies with price dependent demand linearly under order-size-dependent delay in payments," International Journal of Advanced Culture Technology, Vol.9, No2, pp.91-99, 2021. <http://dx.doi.org/10.17703/IJACT.2021.9.2.91>
- [8] S. W. Shinn "Distributor's pricing and ordering policies with linearly price dependent demand for decaying products under order-size-dependent delay in payments," The Journal of the Convergence on Culture Technology, Vol.8, No3, pp.485-491, 2022. <http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.3.485>