

공급 사슬 환경에서 중소 제조 기업의 가격 결정 전략에 관한 연구

황승준* · 김태영**† · 금병찬***

*한양대학교 경상대학 경영학부

**동양미래대학 경영학부

***한양대학교 전략경영학과

A Study on Pricing Decision Strategy of Small and Medium Size Manufacturing Company in Supply Chain Environment

Seung-June Hwang* · Tai-Young Kim**† · Keum-Byung Chan***

*Department of Business Administration, Hanyang University

**School of Management, Dongyang Mirae University

***Department of Strategic Management, Hanyang University

The purpose of this paper is to suggest a supplier and buyer's pricing decision strategy model with discount-policy over a long-term replenishment contract in a supply chain environment by small and medium size manufacturing company. We assume that the buyer has a superior economic power over a supplier and each agent in a supply chain is unaware of each other.

The supplier proposes pricing decision strategy to induce the buyer to choose the terms of contract for the benefit of the supplier. Then buyer decides the terms of contract to maximize her profit considering supplier's discount-policy. We also present a numerical example to illustrate the efficiency of pricing decision strategy.

Keywords : Pricing Decision Strategy, Supply Chain, Vehicle Industry

1. 서 론

자동차 산업을 비롯하여 많은 제조 산업이 공급 사슬 환경에서 중간 부품을 제조하여 그 다음 단계의 생산을 진행하는 기업에게 판매한다. 이와 같은 구조에서는 구매 기업이나 판매 기업 모두 장기 계약을 통하여 안정적인 판매처와 구매처를 확보하는 것이 유리하다. 특히 자동차, 반도체, 철강 등과 같이 시장의 경쟁이

치열하면서 초기 투자비용이 크고 유가 및 원자재 가격 변동폭이 큰 산업에서는, 장기 공급 계약을 통하여 판매 기업과 구매 기업이 공급 사슬의 형태로 묶이면서 공급 사슬 전체의 경쟁력을 강화하는 것이 시장에서 생존하기 위하여 필수적이다. 본 연구는 중간 반제품을 생산하여 완성품 제조 기업이나 다음 단계의 반제품을 생산하는 제조 기업에 부품을 공급하는 중소 제조 기업의 판매 가격 결정 전략에 대하여 연구하였

논문접수일 : 2011년 05월 23일 게재확정일 : 2011년 06월 01일

† 교신저자 tykim@dongyang.ac.kr

다. 특히 공급 사슬 환경에서 최소한 일년 이상의 장기 공급 계약을 진행할 경우에 대하여 연구하였으며, 계약에 관여하는 참여자가 최종 완성품 제조 기업과 대상 업체가 생산한 부품을 구매하여 중간 반제품을 생산하는 1차 업체 두 곳일 경우를 고려하였다.

부품을 생산하는 중소 규모의 공급업체가 완제품 제조 기업과 1년 이상의 장기 공급 계약을 체결할 경우, 공급업체와 구매업체는 거래 수량에 따른 할인정책, 재고 관리 정책, 발주 횟수, 발주에 대한 의사 결정 권한 등에 대해서 합의하게 된다. 일반적으로 구매업체가 공급업체들보다 이러한 계약 결정 권한이 우위에 있는 경우가 많으며, 자동차 산업 등이 이러한 힘의 관계에 영향을 받는다.

공급 사슬 환경에서의 장기 공급 계약에 관한 연구로는, Ertek and Griffin[4]은 단일 공급업체와 단일 구매업체의 장기 계약에 있어서 누가 경제적으로 우위에 있는가에 따라 공급업체 모형과 구매업체 모형으로 분류하였고, 시장 가격에 대한 민감도 분석과 계약의 양 참여자의 이익에 관하여 분석하였다. Cachon[1]은 공급사슬에서의 장기 공급 계약에서 공급 사슬을 조정하는 방법에 따라 모형을 제시하였다. Kwak et al.[7]은 단일 공급업체와 단일 구매업체간의 (r, Q) 정책에 의한 거래 수량에 대한 협상 모형을 제안하였고, Kim and Kwak[6]은 장기 공급 계약의 협상 과정을 나타내기 위한 게임 이론에 기반한 방법론을 제시하였으며, 구매업체에게 계약 기간에 기인한 가격 할인 정책을 적용하였으며, Viswanathan and Wang [13]은 구매업체의 일회 주문량과 연간 주문량에 대한 할인 정책이 발생시키는 이익을 분석하였다. Li and Liu[9]는 공급업체와 구매업체 간에 수량 할인 정책을 이용하여 계약을 조정하고 이익을 분배하는 방법에 대하여 연구하였다. Sarmah et al.[10]은 수량 할인을 통하여 구매업체-공급업체 간에 협력을 진행하는 기존 연구들을 정리하였다. 하지만 구매업체의 구매횟수와 일회구매량에 대한 할인정책의 구체적인 연구는 근래에 많이 이루어지지 않고 있다.

본 연구는 Kim and Kwak[6]를 바탕으로 공급업체와 구매업체가 서로의 정보를 파악하지 못하는 상황을 고찰하고, 구매업체가 공급업체에 비하여 우위에 있는 상황을 고려하여 가격을 결정하는 연구를 진행하였다. 또한 Kwak et al.[7]에서 수량 중심의 협상을 진행하였던 것에 비하여 본 연구에서는 가격 정책을 반영한 협상 전략을 제시한 것이 특징이다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 본 연구가 고려하는 가정과 비용 및 이익 함수를 제시하고 이를 바탕으로 수리모형을 수립한다. 제 3장에서는 본 연구에서 제안하는 할인을 고려한 가격 산정 및

계약의 결정 과정에 대하여 설명하고, 이를 통하여 가격 결정 전략이 어떻게 구성될 수 있는 지 설명한다. 제 4장에서는 수치 예제를 통하여 가격 결정 전략의 효율성을 검증하며, 마지막으로 제 5장에서는 연구의 결론을 정리하고 향후 연구의 확장 방향에 대하여 고찰한다.

2. 수리 모형

2.1 연구의 가정 및 기호 정의

본 연구의 가정은 계약의 참여자는 단일 공급업체와 단일 구매업체 간의 협상임일 전제로 하고 있고, 이 때 구매업체 이외에 최종 완성품 제조업체가 가격 협상에 참여하는 상황을 전제로 한다. 단일 품목을 고려하며, 시장의 형태는 대상 기업을 비롯하여 유사한 상품을 제조하여 공급할 수 있는 기업이 몇 개 되지 않는 사실상 과점 시장으로 볼 수 있다. 구매업체는 자신의 이익을 최대화하기 위해서 비용, 가격과 수요의 관계 및 최종 완성품 제조 기업의 입장 등을 고려하여 판매 가격을 결정한다. 구매업체가 요구한 주문에 대하여 품질이 발생하여 수요에 대응하지 못하였을 경우 해당 수요는 상실되며, 품질 비용은 품질 수량에 관계되고 품질 지속 시간과는 무관하다. 각 참여자들이 서로에 대한 비용, 이득 등에 대한 정보를 모르는 불완전 정보 상황에서의 계약임을 가정하며, 구매업체의 재고는 VMI 환경 하에 있고 수요는 비정상 또는 정상(nonstationary or stationary) 확률 과정에서 발생하는 것으로 가정하였다.

본 연구에서 고려하는 기호 정의는 다음과 같다.

- n : 구매횟수
- \bar{n} : 최대 구매횟수
- n_b^* : 계약 초기 구매업체의 최적 구매횟수
- n_s^* : 계약 초기 공급업체의 최적 발주횟수
- Q : 일회구매량
- $Q_b^*(n_b^*)$: 계약 초기 구매업체의 최적 일회구매량
- $Q_s^*(n_s^*)$: 계약 초기 공급업체의 최적 일회발주량
- τ : 예측시점으로부터의 기간(period)
- $s(\tau, n)$: 구매횟수가 n 일 경우의 τ 기 재주문점
- δ_t : τ 기간의 조달기간 수요의 예측치
- ξ_τ : τ 기간의 조달기간 수요의 예측치(δ_t)오차의 표준편차
- κ : 안전계수
- $P(e_\tau)$: τ 기간의 조달기간 수요의 예측치(δ_t)오차의 확률분포

- d_τ : τ 기간 동안의 평균수요율의 예측치
 h_b : 단위재고를 단위연간 보관할 때 구매업체의 보관비용
 b : 구매업체의 단위 개당 품질비용
 ϑ : 공급업체에게 지급되는 구매업체의 단위 개당 운송 가격
 p_τ : τ 기간 동안의 구매업체의 소매가격
 ϑ : 공급업체의 단위 개당 공급가격
 ψ_p : 공급업체의 단위 개당 생산원가
 β : 공급업체의 생산원가 할인계수
 h_s : 단위재고를 단위연간 보관할 때 공급업체의 보관비용
 σ_s : 공급업체의 준비비용
 $\rho(n, Q)$: 공급업체의 단위시간당 기대 이익
 γ : 할인계수
 ϕ_n : 계약의 길이가 n 일 때 공급업체가 구매업체에게 제안하는 할인율
 $R(n, Q)$: 구매업체의 단위 시간당 이익 함수

보충되는 상품의 도착 바로 전 기대 재고 수준은 재주문점 $s(\tau, n)$ 에서 τ 기간의 조달기간 수요의 예측치를 빼 준 양이다. 그러므로, τ 기 동안의 기대 재고 수준은 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{Q}{2} + (s(\tau, n) - \delta_\tau) &= \frac{Q}{2} + (\delta_\tau + \kappa\xi_\tau - \delta_\tau) \\ &= \frac{Q}{2} + \kappa\xi_\tau \end{aligned} \quad (4)$$

연간 기대 품질 비용은 Silver et al.[11]에 제시된 품질 수량 근사화 방법을 활용하면 식 (5)와 같다.

$$G(n, Q) = \sum_{\tau=1}^n \sum_{e_\tau = \lfloor \kappa\xi_\tau \rfloor}^{\infty} (e_\tau - \kappa\xi_\tau) P(e_\tau) b \frac{1}{m} \quad (5)$$

연간 기대 구매비용은 식 (6)과 같다.

$$J(n, Q) = \frac{nQ\vartheta}{m} \quad (6)$$

공급업체가 제품 판매로 얻는 연간 기대 매출액 $R(n, Q)$ 은 식 (7)과 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$R(n, Q) = \frac{Q \sum_{\tau=1}^n p_\tau}{m} \quad (7)$$

2.2 구매업체 이익 모형

계약의 길이가 n 일 때, 구매업체는 τ 기간의 재주문점은 식 (1)과 같이 쓸 수 있다(Silver et al.[11]).

$$s(\tau, n) = \delta_\tau + \kappa\xi_\tau \quad (1)$$

각 주기의 평균 길이는 주기의 일회구매량을 주기 동안의 평균수요의 예측치로 나눈 값이며, τ 기의 길이는 Q/d_τ 로 표현된다. 계약은 n 개의 주기들로 이루어지므로, 전체 주기 길이는 식 (2)와 같다.

$$m = \sum_{\tau=1}^n \frac{Q}{d_\tau} = Q \sum_{\tau=1}^n \frac{1}{d_\tau} = Qd_n^{-1} \quad (2)$$

자동차 업계와 같이 완제품을 생산하는 구매업체는 단지 자신의 이익 함수만을 기준으로 소매가격을 결정할 수 없다. 구매업체는 생산을 위해 필요한 부품 수요, 부품 구매비용 그리고 경쟁 업체의 반응을 고려하여 구매 가격을 결정하거나 예측한다. 거래 가격을 기준으로 구매업체는 수요를 예측하여 d_τ 와 δ_τ 그리고 d_n^{-1} 을 입력모수로 사용한다. 계약 기간 동안의 기대 재고 수준을 $\frac{Q}{2} + \kappa\xi_\tau$ 라고 하면, 연간 기대 보관비용은 식 (3)과 같다.

$$H(n, Q) = \sum_{\tau=1}^n \left(\frac{Q}{2} + \kappa\xi_\tau \right) \vartheta h_b \frac{Q}{d_\tau} \frac{1}{m} \quad (3)$$

구매업체의 연간 기대 이익은 식 (8)과 같이 연간 기대 매출액에서 연간 기대 구매비용, 연간 기대 재고 비용, 연간 기대 품질 비용을 뺀 값이고, 이를 정리하면 식 (9)와 같다.

$$R(n, Q) = R(n, Q) - J(n, Q) - H(n, Q) - G(n, Q) \quad (8)$$

$$\begin{aligned} R(n, Q) &= \frac{1}{d_n^{-1}} \left(\sum_{\tau=1}^n p_\tau - n\vartheta - \frac{b \sum_{\tau=1}^n \sum_{e_\tau = \lfloor \kappa\xi_\tau \rfloor}^{\infty} (e_\tau - \kappa\xi_\tau) p(e_\tau)}{Q} \right. \\ &\quad \left. - \kappa h_b \vartheta \sum_{\tau=1}^n \left(\frac{\xi_\tau}{d_\tau} \right) \right) - \frac{h_b \vartheta Q}{2} \end{aligned} \quad (9)$$

이 때 구매업체의 연간 기대이익 $R(n, Q)$ 를 일회구매량 Q 에 관하여 편미분하면 식 (10)과 같다.

$$\frac{\partial R(n, Q)}{\partial Q} = \frac{b \sum_{\tau=1}^n \sum_{e_\tau = \lfloor \kappa\xi_\tau \rfloor}^{\infty} (e_\tau - \kappa\xi_\tau) P(e_\tau)}{Q^2 d_n^{-1}} - \frac{h_b \pi_n}{2} \quad (10)$$

식 (10)의 결과를 일회구매량 Q 에 관하여 이차 편미분하면 식 (11)과 같다.

$$\frac{\partial^2 R(n, Q)}{\partial Q^2} = \frac{2b \sum_{\tau=1}^n \sum_{e_\tau=[k\zeta_\tau]}^{\infty} (e_\tau - k\zeta_\tau) P(e_\tau)}{Q^3 d_n^{-1}} \quad (11)$$

일회구매량 $Q > 0$ 일 때 식 (11)은 $\frac{\partial^2 R(n, Q)}{\partial Q^2} < 0$ 이므로 $R(n, Q)$ 은 오목함수고, $R(n, Q)$ 를 미분한 식 (10)

에서 $\frac{b \sum_{\tau=1}^n \sum_{e_\tau=[k\zeta_\tau]}^{\infty} (e_\tau - k\zeta_\tau) P(e_\tau)}{Q^2 d_n^{-1}} - \frac{h\pi_n}{2} = 0$ 를 얻을 수

있다. 이 결과를 Q 에 대해서 정리하면, 계약의 길이가 n 으로 주어졌을 경우 구매업체의 연간 기대이익 $R(n, Q)$ 의 값을 최대화시키는 최적 일회구매량을 식 (12)와 같이 구할 수 있다.

$$Q_b^*(n) = \frac{\sqrt{2b \sum_{\tau=1}^n \sum_{e_\tau=[k\zeta_\tau]}^{\infty} (e_\tau - k\zeta_\tau) P(e_\tau)_n}}{h_b \partial d_n^{-1}} \quad (12)$$

2.3 공급업체 이익 모형

계약을 통한 공급업체의 이익은 상품 이송을 통해 발생하는 수익에서 비용 발생 분을 뺀 금액으로 정의된다. 여기에서 비용은 발주비용, 재고비용, 생산비용을 포함한다. 본 논문에서는 계약의 길이를 n 으로 정의하고 이 때 공급업체의 생산원가 할인율이 0보다 클 때, 미래 시점의 발주량을 확보한 것에 인한 비용 감소의 결과로 통상의 생산비용 ψ_p 가 $\psi_p e^{-\beta n}$ 으로 감소되는 것으로 파악할 수 있다. 계약기간 동안의 공급업체의 이익은 Lal and Staelin[8] 등의 기존의 연구들과 같이 기대 매출에서 기대 비용을 뺀 것으로 정의할 수 있으며, 기대 비용은 기대 생산비용, 기대 발주비용, 재고비용의 합으로 구성된다. 따라서 공급업체의 기대 이익은 식 (13)과 같이 표현할 수 있다.

$$\partial n Q - \psi_p e^{-\beta n} n Q - n \sigma_s - \frac{h_s \psi_p Q n}{2} \quad (13)$$

식 (12)와 같이 표현된 공급업체의 기대 이익을 기대 계약 길이로 나누면 식 (14)와 같이 공급업체의 연간 기대 이익 $\varphi(n, Q)$ 를 구할 수 있다.

$$\varphi(n, Q) = \frac{n\vartheta}{d_n^{-1}} - \frac{n\psi_p e^{-\beta n}}{d_n^{-1}} - \frac{n\sigma_s}{Q d_n^{-1}} - \frac{h_s \psi_p Q}{2} \quad (14)$$

계약의 길이가 n 으로 주어졌을 경우에 대하여, 공급업체의 연간 기대 이익 $\varphi(n, Q)$ 의 값을 최대화할 수 있는 최적 일회발주량 $Q_s^*(n)$ 는 식 (14)를 편미분하였을 때의 결과가 0이 될 때의 값을 Q 에 대하여 정리함으로써 구할 수 있으며, 구매업체의 이익을 구하는 방식과 동일한 과정으로 증명된다. 그 결과는 식 (15)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Q_s^*(n) = \sqrt{\frac{2n\sigma_s}{h_s \psi_p d_n^{-1}}} \quad (15)$$

3. 가격 결정 정책 알고리즘

본 장에서는 중소 제조 공급업체가 구매업체에게 제안하는 가격 정책의 개념과 결정 방법에 관하여 구체적으로 알아본다. 공급업체는 초기 계약 조건과 공급업체가 선호하는 계약 조건, 그리고 공급업체가 구매업체에게 할인 금액과 함께 제안하는 새로운 계약 조건에 따라 할인정책을 결정한다.

초기 계약 조건은 계약 초기 구매업체의 연간 총 기대이익을 최대화하는 최적 구매횟수와 최적 일회구매량을 의미한다. 구매업체 입장에서 초기 계약 조건의 초기 최적 구매횟수 n_b^* 는 식 (16)과 같으며, 그 때의 최적 일회 구매량 $Q_b^*(n_b^*)$ 은 식 (17)과 같다.

$$n_b^* = \arg \max_n R(n, Q_b^*(n)) \quad (16)$$

$$Q_b^*(n_b^*) = \frac{\sqrt{2b \sum_{\tau=1}^{n_b^*} \sum_{e_\tau=[k\zeta_\tau]}^{\infty} (e_\tau - k\zeta_\tau) P(e_\tau)}}{h_b \partial d_{n_b^*}^{-1}} \quad (17)$$

공급업체 선호 계약 조건은 계약 초기 공급업체의 연간 총 기대이익을 최대화하는 최적 발주횟수와 최적 일회발주량을 의미한다. 공급업체 입장에서 초기 계약 조건의 최적 발주횟수는 식 (18)과 같이 구해지고, 최적 일회발주량은 식 (19)와 같이 구할 수 있다.

$$n_s^* = \arg \max_n \varphi(n, Q_s^*(n)) \quad (18)$$

$$Q_s^*(n_s^*) = \sqrt{\frac{2n_s^* \sigma_s}{h_s \psi_p d_{n_s^*}^{-1}}} \quad (19)$$

가격 결정 전략이 포함된 갱신된 계약 조건은 공급업체가 구매업체에게 할인정책으로서 제안하는 모든 발주 횟수 $n(n=1 \sim \tilde{n})$ 와 각 발주 횟수에 대한 최적 일회 발주량 $Q_s^*(n)$ 에 의해 구할 수 있다. 식 (15)를 이용하여 공급업체는 구매업체에게 새로운 계약 조건과 그에 따른 단위 개당 가격을 할인에 의한 판매 정책으로써 제안하는 것을 구할 수 있게 된다.

공급업체는 판매 가격을 결정할 때 우선 할인을 ϕ 을 상호간의 입장에 대한 거리를 정의함으로써 구한다. 할인을 ϕ 는 초기 계약 조건($n_b^*, Q_b^*(n_b^*)$)에서 공급업체가 선호하는 계약 조건($n_s^*, Q_s^*(n_s^*)$)까지의 거리 λ 를 기준으로 결정한다. 그리고 갱신된 계약 조건($n, Q_s^*(n)$)에서 공급업체가 선호하는 계약 조건($n_s^*, Q_s^*(n_s^*)$)까지 거리와 λ 의 비율로써 할인 정도를 결정한다. 즉, 구매업체는 공급업체의 최적 계약 조건에 가까운 계약 조건을 선택할수록 많은 할인을 받을 수 있다.

초기 계약조건에서 공급업체 선호 계약조건까지의 거리 λ 는 식 (20)과 같이 구할 수 있다.

$$\lambda = \sqrt{(n_s^* - n_b^*)^2 + (Q_s^*(n_s^*) - Q_b^* - Q_b^*(n_b^*))^2} \quad (20)$$

그리고 할인을 ϕ_n 은 식 (20)을 이용하여 다음과 같이 계산한다.

$$\phi_n = 1 - \frac{\sqrt{(n_s^* - n)^2 + (Q_s^*(n_s^*) - Q_s^*(n))^2}}{\lambda} \quad (21)$$

즉, 구매업체가 초기 계약조건을 유지할 경우에는 $\phi=0$ 이 되므로 공급업체는 구매업체에게 공급 단가를 할인해 줄 수 없게 된다. 만약 구매업체가 전적으로 공급업체가 선호하는 계약조건에 따를 경우에는 $\phi=1$ 이 되어 공급업체는 구매업체에게 최대한 할인해 줄 수 있다.

공급업체가 공급가격에 대한 할인을 해 줄 때에는 추가적으로 얻는 이익의 적당한 정도만큼을 할인해 주는 것이 바람직하므로 실제 총 할인액 α_n 은 할인계수와 할인율의 곱에 공급업체의 이익증가분을 곱하여 구할 수 있으며 식 (22)와 같다.

$$\alpha_n = \gamma \phi_n \mu_n \quad (22)$$

할인을 $\phi_n=1$ 인 경우에는 할인계수를 고려하지 않는 상황을 말하며, 공급업체가 새로운 계약조건으로 이동하면서 얻게 되는 이익의 증가분 전부를 할인해 주게 된다. 이 때 공급업체는 할인계수를 통하여 새로 얻

는 이익 증가분의 적당한 정도를 구매업체에게 할인해 준다. 공급업체의 이익 증가분은 갱신된 계약조건인 공급업체의 이익에서 초기 계약조건인 공급업체의 이익의 차이로 정의할 수 있으며, 식 (23)과 같이 정리할 수 있다.

$$\mu_n = \varphi(n, Q_s^*(n)) - \varphi(n_b^*, Q_b^*(n_b^*)) \quad (23)$$

따라서 $\phi_n > 0$ 이고 $\mu_n > 0$ 일 때, 공급업체는 구매업체에게 할인을 제시하며 이때 제품 개당 할인액 f_n 은 총 할인액을 발주횟수와 최적 일회주문량으로 나누어 구할 수 있으며, 식 (24)와 같다.

$$f_n = \frac{\alpha_n}{n Q_s^*(n)} \quad (24)$$

제품 개당 할인액을 적용한 공급업체의 단위 개당 공급가격 ϑ_n' 은 식 (25)와 같다.

$$\vartheta_n' = (\vartheta - f_n) \quad (25)$$

이와 같은 할인정책을 통해 공급업체는 구매업체에게 갱신된 계약조건으로 발주횟수 n 에 따른 최적 일회 발주량 $Q_s^*(n)$ 과 제품 단위 개당 공급가격 ϑ_n' 을 제안할 수 있다. 공급업체의 할인정책에 따라 구매업체와 공급업체는 할인된 공급가격 ϑ_n' 과 공급업체가 새로 제안하는 계약조건을 기준으로 자신의 연간 총 기대 이익을 새로 계산한다. 할인된 공급가격을 적용한 구매업체의 연간 총 기대이익은 식 (26)과 같이 구할 수 있다.

$$R(n, Q) = \frac{1}{d_n^{-1}} \left(\sum_{\tau=1}^n p_\tau - n \vartheta_n' - \frac{b \sum_{\tau=1}^n \sum_{e_\tau = |k \xi_i|}^{\infty} (e_\tau - \kappa \xi_\tau) p(e_\tau)}{Q} - \kappa h_b \vartheta \sum_{\tau=1}^n \left(\frac{\xi_\tau}{d_\tau} \right) \right) \quad (26)$$

더불어 할인된 공급가격을 적용한 갱신된 공급업체의 연간 총 기대이익을 식 (27)과 같이 구할 수 있다.

$$\varphi'(n, Q) = \frac{n \vartheta_n'}{d_n^{-1}} - \frac{n \psi_p e^{-\beta n}}{d_n^{-1}} - \frac{n \sigma_s}{Q d_n^{-1}} - \frac{h_s \psi_p Q}{2} \quad (27)$$

이상과 같이 전개된 수식을 바탕으로, 가격 결정 절차를 단계별로 정의하면 다음과 같다.

단계 1 : 초기 계약조건 결정

모든 n 에 대해서 구매업체의 최적 일회구매량, $Q_b^*(n)$ 을 계산한다.

$$Q_b^*(n) = \frac{\sqrt{2b \sum_{\tau=1}^n \sum_{e_\tau=[K\zeta_\tau]}^\infty (e_\tau - K\zeta_\tau) P(e_\tau)}}{h_b \vartheta d_n^{-1}}$$

구매업체의 최적 일회구매량에 기인한 최적 구매횟수를 계산한다.

$$n_b^* = \arg \max_n R(n, Q_b^*(n))$$

단계 2 : 공급업체의 할인정책 결정

단계 2.1 : 공급업체의 최적 계약조건 계산

모든 n 에 대해서 공급업체의 최적 일회발주량, $Q_s^*(n)$ 을 계산한다.

$$Q_s^*(n) = \sqrt{\frac{2n\sigma_s}{h_s \psi_p d_n^{-1}}}$$

구매업체의 최적 일회 구매량에 기인한 최적 구매횟수를 계산한다.

$$n_s^* = \arg \max_n \varphi(n, Q_s^*(n))$$

단계 2.2 : 해당 할인 금액 결정

공급업체의 최적 계약조건과 초기 계약조건과의 거리 λ 를 계산한다.

$$\lambda = \sqrt{(n_s^* - n_b^*)^2 + (Q_s^*(n_s^*) - Q_b^*(n_b^*))^2}$$

모든 n 에 대해서 λ 기준으로 할인을 ϕ_n 및 공급업체 이익 변화량 μ_n 를 계산한다.

$$\phi_n = 1 - \frac{\sqrt{(n_s^* - n)^2 + (Q_s^*(n_s^*) - Q_s^*(n))^2}}{\lambda}$$

$$\mu_n = \varphi(n, Q_s^*(n)) - \varphi(n_b^*, Q_b^*(n_b^*))$$

모든 n 에 대해서 공급업체의 공급가격에 대한 총 할인 금액 $\alpha_n = \gamma \phi_n \mu_n$ 및 해당 할인 금액 $\vartheta_n' = \left(\vartheta - \frac{\alpha_n}{n Q_s^*(n)} \right)$ 를 계산한다.

단계 3 : 최종 가격 결정

단계 3.1 : 구매업체의 갱신된 계약조건

구매업체의 갱신된 최적 일회구매량을 공급업체의 최적 일회발주량으로 한다.

$$Q_b^n(n) = Q_s^*(n)$$

구매업체의 갱신된 최적 일회구매량에 기인한 최적 구매횟수를 계산한다.

$$n_b^n = \arg \max_n R'(n, Q_b^n(n))$$

단계 3.2 : 공급업체에게 최종 계약조건을 계산하여 제시 만약 $R(n_b^*, Q_b^*(n_b^*)) \geq R'(n_b^n, Q_b^n(n_b^n))$ 일 경우에는 공급업체에게 최종 계약조건은 $(n_e, Q_e) = (n_b^*, Q_b^*(n_b^*))$ 으로 제시하게 되고, $R(n_b^*, Q_b^*(n_b^*)) < R'(n_b^n, Q_b^n(n_b^n))$ 일 경우에는 공급업체에게 최종 계약조건은 $(n_e, Q_e) = (n_b^n, Q_b^n(n_b^n))$ 으로 계산하여 제시한다.

4. 수치예제

제3장에서 제시된 중소 제조 공급업체의 할인정책에 따른 공급 사슬에서의 가격 결정 전략의 정확성 및 효율성을 검증하기 위해서 수치예제로 실험을 실시하였다. Kim and Kwak[6]의 연구에서 제시된 입력모수를 수치예제 실험에서 활용하였으며, 공급업체에 대한 입력모수는 <표 1>과 같고, 구매업체에 대한 입력모수는 <표 2>와 같다. 이 때 \bar{n} 를 40으로 하여 수치예제에 대한 실험을 실시하였다.

<표 1> 공급업체 입력 모수

입력 모수	값
h_s	15%
σ_s	200
ψ_p	18
ϑ	22
β	0.01
γ	0.8

<표 2> 구매업체 입력 모수

입력 모수	값
h_b	15%
b	22
K	1.65
P_r	$P_1 = 27.4438, P_2 = 26.5525, P_3 = 28.1294, \dots$ 정규분포 $N(1.3\vartheta, 2)$ 생성
Ξ_n	$\Xi_1 = 7.2073, \Xi_2 = 6.9349, \Xi_3 = 5.6433, \dots$ 정규분포 $N(5, 2)$ 생성
ζ_r	$\xi_1 = 1.0700, \xi_2 = 1.1449, \xi_3 = 1.2250, \dots$
d_n^{-1}	$d_1^{-1} = 0.0016, d_2^{-1} = 0.0032, d_3^{-1} = 0.0047, \dots$ 예측된 수요에 의해 계산

일반적으로 완제품을 생산하는 구매업체가 대기업이라고 할 수 있고, 대기업이 중소 제조기업인 공급업체보다 경제적으로 우위에 있다고 파악할 수 있다. 따라서 일반적으로 계약에 대한 제반 조건은 구매업체에 의하여 결정된다고 볼 수 있다. 재주문점은 발주횟수가 결정되면 식 (1)에 의해 결정되는 구조를 가지며, 구매업체는 계약조건으로 구매횟수와 일회구매량을 결정한다. 중소 제조 공급업체는 할인을 반영한 가격 결정 전략에 따라 최적 계약 방안을 구하게 되며, 그 결과는 <표 3>과 같다.

구매업체는 먼저 자신의 연간 총 기대이익 $R(n_b^*, Q_b^*(n_b^*))$

을 2609.34로 최대화 시키는 최적 일회구매량 $Q_b^*(n_b^*)$ 값인 249.29와 이에 기인한 최적 구매횟수 n_b^* 값인 4를 초기 계약조건으로 선택하고, 이를 구매업체에게 제시한다. 초기 계약조건을 제시 받은 공급업체는 계약 이전에 자신의 연간 총 기대이익 $\varrho(n, Q)$ 을 최대화 시키는 계약조건을 찾고, 자신이 선호하는 계약조건을 기준으로 구매업체에게 할인정책을 제안한다. 계약 이전 공급업체의 연간 총 기대이익을 최대화 시키는 최적 일회발주량 $Q_s^*(n_s^*)$ 값과 이에 기인한 최적 발주횟수 n_s^* 값은 각각 288.92와 40이었다. 그리고 공급업체는 이 계약조건에 대한 초기 계약조건과 공급업체가 선호하는 새로운 계약조건 $Q_s^*(n)$, n 과의 거리를 기준으로 구매업체에게 할인정책을 제안한다. 공급업체로부터 할인정책을 제안 받은 구매업체는 공급업체가 제안한 각각의 구매횟수와 일회구매량을 기준으로 자신의 연간 총 기대이익을 최대화하는 최적 계약조건을 다시 한 번 계산한다. 이때의 최적 일회구매량 $Q_b^n(n_b^n)$ 은 291.51이었고, 최적 구매횟수 n_b^n 는 37이었다. 그리고 새로 계산한 구매업체의 최대 이익 $R'(n_b^n, Q_b^n(n_b^n))$ 은 2658.91이었으며, 이 값은 초기 계약조건 $n = 4, Q = 249.29$ 를 유지하였을 때에 대한 구매업체의 이익보다 크므로 구매업체는 갱신된 계약조건을 최종 계약조건으로 결정하게 된다.

결과적으로 구매업체는 공급업체의 할인정책을 받아들임으로써 초기 계약조건을 고수하는 것에 비해 49.57의 추가 이익을 얻을 수 있었으며, 공급업체는 구매업체에게 할인정책을 제안함으로써 초기 조건 때의 이익량에 비해 2382.91라는 추가적인 이익을 가질 수 있다.

<표 3> 할인정책을 적용한 가격 결정 전략 모형 실험결과

정책 구분	할인 전			할인 후		
	초기 일회 구매량 $Q_b^*(n_b^*)$	구매업체 이익 R	공급업체 이익 ϱ	최종 일회 구매량 $Q_b^n(n_b^n)$	구매업체 이익 R'	공급업체 이익 ϱ'
1	243.38	2546.46		302.18	2527.58	1760.01
2	241.48	2288.49		302.71	2268.06	1877.19
3	234.80	2588.96		304.77	2562.46	2018.49
4	249.29	2609.34	2219.69	311.47	2588.86	2240.63
...
37	221.73	2584.82		291.51	2658.91	4602.60
38	220.42	2506.86		290.30	2581.90	4629.80
39	219.47	2518.15		289.57	2594.27	4672.01
40	218.72	2506.08		288.92	2583.38	4716.07

5. 결 론

본 연구에서는 자동차 산업과 같이 중소 제조업체인 공급업체와 대형 완제품 제조업체인 구매업체 사이에 공급 사슬 환경이 구성될 때, 상호 간에 안정적인 수요 거래처 확보 및 공급처 확보를 위하여 계약 체결 시 취할 수 있는 가격 결정 전략에 대해서 연구하였다. 주로 부품을 생산하여 대기업에 납품하는 중소규모 제조업체와 해당 부품을 구매하여 완제품 조립에 투입하는 대형 완제품 제조 기업 간에는 본 연구에서 제안한 것과 같은 가격 결정 정책이 필요하다. 본 연구 결과를 자동차 산업계와 같이 복잡한 공급 사슬을 갖는 공급업체와 구매업체 사이에 적용할 경우, 공급업체와 구매업체 간에 장기 공급 계약을 효과적으로 체결할 수 있으며, 장기적인 협력에 의한 추가적인 이득을 공급업체와 구매업체가 모두 얻을 수 있는 것으로 분석된다.

향후 연구과제로는 공급 사슬 상에서 공급업체와 구매업체가 거래 대상 기업의 가격 산정에 대한 정보를 미리 파악하고 있는 상황을 고려하여 계약 상황에 대한 게임이론적인 분석이 진행될 수 있다.

참고문헌

- [1] Cachon, G. P.; "Supply Chain Coordination with Contracts," *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Graves, S. and de Kok, T. (Ed.), Elsevier, North-Holland : 227-339, 2003.
- [2] Collins, A.; "Evaluating Reinforcement Learning for Game Theory Application Learning to Price Airline Seats Under Competition," Ph.D. Dissertation, University of Southampton, Southampton, 2009.
- [3] Egri, P.; "Coordination in Production Networks," Ph.D. Dissertation, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 2008.
- [4] Ertek, G. and Griffin, P. M.; "Supplier- and Buyer-driven Channels in a Two-stage Supply Chain," *IIE Transactions*, 34(8) : 691-700, 2002.
- [5] Guan, R. and Zhao, X.; "On Contracts for VMI Program with Continuous Review (r, Q) Policy," *European Journal of Operational Research*, 207(2) : 656-667, 2010.
- [6] Kim, J. S. and Kwak, T. C.; "Game Theoretic Analysis of the Bargaining Process over a Long-term Replenishment Contract," *Journal of the Operational Research Society*, 58(6) : 769-778, 2007.
- [7] Kwak, T. C., Kim, J. S. and Moon, C.; "Supplier-buyer Models for the Bargaining Process over a Long-Term Replenishment Contract," *Computers and Industrial Engineering*, 51(2) : 219-228, 2006.
- [8] Lal, R. and Staelin, R.; "An Approach for Developing an Optimal Discount Pricing Policy," *Management Science*, 30(12) : 1524-1539, 1984.
- [9] Li, J. and Liu, L.; "Supply Chain Coordination with Quantity Discount Policy," *International Journal of Production Economics*, 101(1) : 89-98, 2006.
- [10] Sarmah, S. P., Acharya, D. and Goyal, S. K.; "Buyer Vendor Coordination Models in Supply Chain Management," *European Journal of Operational Research*, 175(1) : 1-15, 2006.
- [11] Silver, E. A., David, F. P. and Rein, P.; *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, John Wiley and Sons, Inc, New York, 1998.
- [12] Shukla, S. K., Tiwari, M. K. Wana, H. D. and Shankar, R.; "Optimization of the supply chain network : Simulation, Taguchi, and Psychological algorithm embedded approach," *Computers and Industrial Engineering*, 58(1) : 23-39, 2010.
- [13] Viswanathan, S. and Wang, Q.; "Discount Pricing Decisions in Distribution Channels with Price-Sensitive Demand," *European Journal of Operational Research*, 149(3) : 571-587, 2003.