

# 시물레이션을 이용한 공급사슬 계약 성사율 비교

고양 · 서동원<sup>†</sup>

## Comparison of Success Rates of Supply Chain Contract using Simulation

Yang Gao · Dong-Won Seo<sup>†</sup>

### ABSTRACT

This study compares and analyzes wholesale(or price-only) contract, revenue-sharing contract, quantity-flexibility contract, and channel-rebate contract in a decentralized supply chain consisting of one supplier and one retailer. By setting the parameters of each coordination contract based on the previous results, we conduct simulations using @RISK for several combinations of these parameters. Under the supply chain coordination, we evaluate the probability of successfully signing a contract and the participant in favor of each contract. As a result, the quantity-flexibility contracts is most advantageous for the retailer and the channel-rebate contracts is most advantageous for the supplier. It revealed that revenue-sharing contracts can be used more flexibly because they can be selected in the widest range to redistribute profits between supplier and retailer.

**Key words** : Simulation, Supply Chain Coordination Contracts, Probability of Successful Signing Contracts

### 요약

본 연구는 하나의 공급자와 하나의 소매자가 구성된 분산화된 공급사슬에서 도매 계약과 수익공유 계약, 수량유연 계약, 판매환급 계약을 비교·분석한다. 선행 연구의 결과에 따라 공급사슬 조정(coordination)이 이루어지는 각 조정 계약의 모수를 설정하였다. 이들 모수의 조합에 대해 @RISK를 활용하여 시물레이션을 수행하고 공급사슬 조정을 이루는 상태 하에서 계약의 성사율과 각 계약에 유리한 참여자를 평가한다. 결과적으로 수량 유연 계약은 소매자 쪽에 가장 유리하고 판매환급 계약은 공급자 쪽에 가장 유리하다. 수익공유 계약은 공급자와 소매자의 이익 재배분에 가장 넓은 범위에서 선택할 수 있어 더 유연하게 사용할 수 있음을 밝혔다.

**주요어** : 시물레이션, 공급사슬 조정 계약, 계약 성사율

## 1. 서론

일반적으로 공급사슬 시스템(supply chain system)에는 여러 참여자가 존재한다. 각 단계의 참여자들이 동일 기업이 아니라면, 각 참여자는 자신의 이익을 위해 독립적으로 의사결정을 한다. 이처럼 참여자 자신의 이익 최대화가 될 수 있도록 의사결정을 하는 참여자들로 구성

되어 있는 공급사슬이 분산화된 공급사슬(decentralized supply chain)이다(Tsay, 1999). Lariviere and Porteus (2001)는 분산화된 공급사슬에는 이중마진(double marginalization)과 같은 공급사슬의 비효율성이 존재하기 때문에 공급사슬 조정(coordination)의 필요성을 언급하였다(Spengler, 1950). 반면에 독립된 모든 기업을 단일 개체처럼 통제하며 의사결정하는 공급사슬이 집중화된 공급사슬(centralized supply chain)이다. 이에 따라 공급사슬 전체의 관점에서 공급사슬의 최적화를 위해 참여자들을 효율적으로 조정하고 통합하여 전체 최대 이익을 실현하는 효과적인 전략이 공급사슬 조정 계약(supply chain coordination contract)이다.

도매 계약(POC: wholesale or price-only contract)

**Received:** 6 December 2021, **Revised:** 22 January 2022,  
**Accepted:** 23 January 2022

<sup>†</sup> **Corresponding Author:** Dong-Won Seo

E-mail; dwseo@khu.ac.kr

School of Management, Management Research Institute,  
Kyung Hee University

은 소매자가 시장수요와 도매가격을 고려하여 공급자에게 주문한 주문량을 결정하고, 공급자는 주문량만큼 제품을 생산하고 제공하는 공급사슬 조정에서 가장 간단하고 일반적인 계약 방식이다. Lariviere and Porteus(2001)는 제품의 생산 비용과 도매가격, 소매가격, 시장 수요 등 기본 변수가 포함되는 간단한 도매가 계약 모형을 구축하였으며, 분석 결과 도매가 계약은 공급사슬의 조정을 이루지 못하여 공급사슬 시스템의 전체 이익을 최대화할 수 없다고 주장하였다.

기존 문헌을 보면 환매 계약(buy-back contract, Pasternack, 1985), 수익공유 계약(RSC: revenue-sharing contract, Yao et al., 2008), 판매환급 계약(CRC: channel-rebate contract, Taylor, 2002), 옵션 계약(option contract, Saithong and Luong, 2013), 수량유연 계약(QFC: quantity-flexibility contract, Tasy, 1999) 등 다양한 조정 계약이 소개되어 있다. 이 중 도매가 계약, 수익공유 계약, 수량유연 계약과 판매환급 계약이 대표적인 계약방식이라 할 수 있다. 기타의 여러 가지 계약들은 이들 계약을 기반으로 변형된 것이다. 따라서 본 연구는 앞의 4가지 조정 계약 방식에 대해 비교·분석하고자 한다.

공급사슬의 다양한 계약 방식을 서로 비교한 연구들도 있다. Cachon and Lariviere(2005)은 환매계약, 수량유연 계약, 판매환급 계약, 수량할인 정책과 수익공유 계약에 대한 수학적 방법으로 종합적인 연구하였으며 각 공급사슬 계약 모델의 최적해를 제시하고 각 계약의 장단점을 설명하였다. Arshinder and Deshmukh(2009)는 공급사슬 조정이 존재하지 않을 때와 환매 계약, 수익공유 계약과 수량유연 계약 세 가지 계약을 적용한 조정 시나리오에 대해 분석하였으며 참여자의 이윤, 매출, 비용 등을 성과 측정지표로 하여 평가하였다.

기존 연구의 대부분은 각 계약 방식에 대한 수학적 분석을 통해 공급사슬 조정 효과를 얻을 수 있음을 주로 소개하고 있다. 하지만 Katok and Wu(2009)는 학생들과의 컴퓨터 시뮬레이션 실험을 통해 받은 답안지 20건에 대한 통계분석으로부터 결과가 수학적으로 입증된 공급사슬 조정 효과만큼 좋지 않음을 밝혔다. Lin and Hou(2014)도 40명 학생을 대상으로 한 공급사슬 계약에 대한 실험 결과가 소매자의 주문량은 수학적인 결과보다 매우 낮고 계약을 체결하는 소매자와 공급자도 많지 않음을 보였다. 이러한 이유는 공급사슬 조정 효과에 대한 대부분의 분석이 참여자의 위험중립(risk-neutral)을 가정한 뉴스벤더(newsvendor) 모델을 기반으로 하고, 계약

방식들의 주요 성과지표로 공급사슬과 참여자의 평균 수익을 고려하였기 때문이라 할 수 있다. 계약이 성사되는 경우는 참여자 모두의 수익이 동시에 증대되는 경우로 볼 수 있는데, 이는 수익의 평균값이 증가되는 경우와 항상 같지는 않을 것이다(평균값의 민감성과 한계).

계약 방식들의 운영환경이 상이하기 때문에, 하나(또는 하나 이상)의 공통된 성과지표로 다양한 계약 방식을 비교하기는 어렵다. 하지만 공급사슬 조정 효과를 갖는 계약 방식들은 모두 동일한 공급사슬 전체의 평균 수익을 갖게 되므로 동일한 상황에서 비교가 가능해진다.

따라서 본 연구는 @RISK를 활용하여, 대표적인 4가지 계약 방식을 실험하고 각 계약의 모수 조합 변화에 따라 각 참여자의 관점에서 평균 수익의 변화와 조정 계약 효과를 평가하고 계약 성사율(참여자 모두의 수익이 증가되는 경우의 비율)에 대해 분석하고자 한다.

## 2. 계약 모형

본 연구는 하나의 소매자와 해당 소매자에게 상품을 공급하는 하나의 공급자로 구성된 2-단계 공급사슬을 가정한다. 거래되는 상품은 하나이고 특정 시즌 동안에만 수요가 발생한다. 공급자는 소매자의 주문에 대응하기 위해 일정 기간의 리드타임이 필요하므로 소매자는 판매 시즌 전에 미리 주문해야 하고 한 번의 주문 기회가 있다고 가정한다. 공급자의 상품 단위당 제조 비용은 생산 수량과 무관하며, 공급자는 판매 시즌에 맞추어 소매자가 주문한 수량만큼만 생산하여 공급한다. 판매 시즌이 끝난 후, 주문량이 수요량보다 많은 경우 남은 (잔여)상품은 잔존 가치(salvage value)를 갖는다.

의사결정 순서는 공급자는 판매 시즌 전에 계약 방식에 따른 모수를 결정하고, 소매자는 계약의 조건과 예측 수요량에 따라 자신의 이익 최적화를 위해 계약 체결 여부를 결정한다. 계약 체결이 거절되면 도매가 계약의 도매가격으로 최적 주문량을 결정한다. 조정 계약이 체결되면 계약의 도매가격으로 상품을 주문하고 최적 주문량을 결정하며 판매 시즌 후 계약에 따라 보상을 받거나 수익을 공유한다. 조정 계약은 공급사슬에서 개별 기업의 이익을 최적화하는 의사결정이 공급사슬 전체의 이익을 동시에 최적화하는 계약을 말한다(Arshinder and Deshmukh, 2009).

다음은 본 연구에서 사용되는 모수와 변수들이다.

$c$	단위당 공급자의 생산비용
$w$	(조정 하의) 단위당 도매가격
$p$	소매자의 상품 판매 가격
$s$	잔존 가치
$X$	시장 수요량
$f(x)$	시장 수요량의 확률밀도함수
$F(x)$	시장 수요량의 누적분포함수
$Q$	소매자의 주문량
$Q^*$	소매자의 최적 주문량
$r$	수익공유 계약에서 소매자가 보유하는 수익 비율
$g$	수량유연 계약에서 소매자가 약정한 예측치의 일정비율
$u$	판매환급 계약에서 공급자의 판매환급액
$T$	판매환급 계약에서 소매자의 목표 판매량
$\Pi_{sc}, \Pi_s, \Pi_r$	공급사슬/공급자/소매자 수익

### 2.1 집중화된 공급사슬

공급사슬 내의 독립된 모든 조직을 단일 개체처럼 통제하며 공급사슬의 전체 이익을 최대화하기 위해 의사결정을 하는 공급사슬을 집중화된 공급사슬이라 한다.

집중화된 공급사슬에서 공급사슬의 전체수익은 다음과 같다(Arshinder and Deshmukh, 2009).

$$\Pi_{sc} = pMIN(Q, X) + sMAX(Q - X, 0) - cQ$$

전체수익을 최대화하는 최적 주문량  $Q^*$ (집중화된 공급사슬에서 소매자의 최적 주문량)은 다음과 같이 결정된다(Arshinder, 2009).

$$Q^* = F^{-1}\left(\frac{p-c}{p-s}\right)$$

### 2.2 분산화된 공급사슬

분산화된 공급사슬에서는 참여자인 공급자와 소매자는 자신의 이익 최대화를 위한 의사결정을 한다. 공급사슬 전체의 수익은 각 참여자 수익의 합이다.

#### 2.2.1 도매가 계약(POC)

도매가 계약에서 소매자는 시장 수요와 공급자가 제시한 도매가격에 따라 결정된 주문량을 제시된 도매가격으로 공급자에게 주문하고, 공급자는 소매자의 주문량만큼

제품을 생산하여 제공하는 가장 일반적인 계약 방식이다. 소매자와 공급자, 공급사슬 전체의 수익은 다음과 같다(Arshinder and Deshmukh, 2009).

$$\Pi_r = pMIN(Q, X) + sMAX(Q - X, 0) - wQ$$

$$\Pi_s = (w - c)Q$$

$$\begin{aligned} \Pi_{sc} &= \Pi_r + \Pi_s \\ &= pMIN(Q, X) + sMAX(Q - X, 0) - cQ \end{aligned}$$

분산화된 공급사슬에서 소매자 자신의 수익을 최대화를 위한 최적 주문량  $Q^*$ 는 다음과 같다(Arshinder and Deshmukh, 2009).

$$Q^* = F^{-1}\left(\frac{p-w}{p-s}\right)$$

위의 식에서,  $w > c$ 이므로 일반적으로 공급자의 도매가격은 생산비용보다 크므로 도매가 계약의 경우 집중화된 공급사슬에서의 최적 주문량보다 적게 주문하게 되어 공급사슬 총 수익도 작게 된다. 도매가 계약에서 공급사슬의 전체 최적화를 위한 최적 주문량을 주문하기 위해,  $w = c$ , 즉 도매가격을 공급자의 생산비용과 같게 두면 되지만, 이때 공급자의 수익은 0이 된다(Lariviere and Porteus, 2001). 따라서 도매가 계약은 공급사슬 조정을 이룰 수 있는 효과적인 계약이 아니다.

도매가 계약은 공급사슬 전체의 수익과 공급사슬의 효율을 높이지는 못하지만, 계약의 모수 설정이 간단하고 적용 범위가 넓은 장점 때문에 다른 계약의 효과를 측정하는 기준이 되기도 한다. 또한 도매가 계약은 공급자와 소매자 간의 이익 배분을 합리적으로 조절하는 데에도 많이 사용되고 있다.

#### 2.2.2 수익공유 계약(RSC)

수익공유 계약은 소매자가 공급자로부터 매우 낮은 도매가격으로 상품을 구매한 후, 판매 시점이 끝나면 매출액이나 이윤의 일정 비율을 공급자에게 지급하는 계약이다. Mortimer(2002)는 최초로 미국의 비디오 대여 공급사슬에서 수익공유 계약을 적용한 연구를 진행하였으며 수익공유 계약을 적용한 후에 공급사슬 구성원들의 수익이 약 7% 증가함을 밝혔다. Yao et al.(2008)는 뉴스벤더 모델을 기반으로 수익공유 계약은 도매가 계약보다 더 나은 조정 효과를 얻을 수 있음을 증명하였다. 1990년대에 비디오 대여 사업에 처음 적용된 이래로, 수익공유 계약

약은 온라인 시장에 활용되고 있다(Ai et al., 2012).

수익공유 계약에서 공급자는 도매가격  $w$ 로 소매자에게 공급하고, 판매 시즌 후 소매자는 계약에 따라 매출액의 일정 비율  $r$ 을 보유하고  $(1-r)$ 를 공급자에게 지급한다. 미판매 재고의 잔존 가치에 대한 수익공유 없이, 판매 매출액에 대한 수익공유만 가정하였다.

공급자와 소매자 각각의 수익은 다음과 같으며, 공급사슬 전체의 수익은 각 참여자 수익의 합이다(Arshinder and Deshmukh, 2009).

$$\begin{aligned} \Pi_r &= rpMIN(Q, X) + sMAX(Q - X, 0) - wQ \\ \Pi_s &= (1-r)pMIN(Q, X) + (w-c)Q \end{aligned}$$

소매자의 수익을 최대화하는 주문량  $Q_1^*$ 는 다음과 같이 결정된다(Arshinder and Deshmukh, 2009).

$$Q^* = F^{-1}\left(\frac{rp-w}{rp-s}\right)$$

분산화된 시스템에서 전체 최적을 이루기 위하여 집중화된 시스템과의 주문량( $Q^*$ )과 같게 두면, 도매가격과 공유비율은  $w = \frac{p(c-s)r}{p-s} + \frac{s(p-c)}{p-s}$  관계를 만족해야 한다.

### 2.2.3 수량유연 계약(QFC)

수량유연 계약은 판매시즌 전에 소매자가 공급자에게 기준 예측 수요량을 주문하고 예측량의 일정 비율 이상을 구매할 것을 약정하고 초기 수요를 관찰한 후 상·하의 범위에서 실제 구매 수량을 조정하는 계약이다. Tsay (1999)는 공급자와 소매자 사이의 수요 불확실성의 위험을 공유하기 위해 수량유연 계약을 제안하였으며 공급사슬 전체의 최대 수익을 이루기 위한 공급사슬 조정을 이룰 수 있음을 증명하였다. Hu et al.(2013)는 유연한 주문 전략이 고정 주문 정책과 비교하여 공급사슬 전체의 수익을 높일 수 있음을 밝혔다.

수량유연 계약에서 소매자는 공급자에게  $Q$ 를 주문하고 판매 초기에 수요를 관찰하고  $(gQ, Q)$ 범위에서 실제 주문을  $g(0 < g \leq 1)$ 를 통해 조정할 수 있다. 수요가 불확실할 때 공급자와 소매자 수익에 대한 수리적 분석에는 수요를 여러 범위로 나누고 각 범위를 개별적으로 하나씩 분석해야 하는 어려움이 있다(Arshinder and

Deshmukh, 2009). 하지만 시물레이션을 사용하면 불확실한 수요를 모사하고 수량유연 계약의 효과를 더 명확하게 보일 수 있다.

수량유연 계약에서의 소매자와 공급자의 수익은 다음과 같다(Arshinder and Deshmukh, 2009).

$$\begin{aligned} \Pi_r &= pMIN(Q, X) + sMAX(Q - X, 0) - wQ \\ &+ \begin{cases} 0, & X \geq Q \\ (w-s)(Q-X), & gQ < X < Q \\ (w-s)(1-g)Q, & X \leq gQ \end{cases} \\ \Pi_s &= (w-c)Q \\ &- \begin{cases} 0, & X \geq Q \\ (w-s)(Q-X), & gQ < X < Q \\ (w-s)(1-g)Q, & X \leq gQ \end{cases} \end{aligned}$$

Tsay(1999)의 연구에 따르면 수량유연 계약에서 소매자의 최적 주문량이 집중화된 공급사슬 전체의 최적 주문량과 같게 되는 모수가 존재하므로 수량유연 계약은 공급사슬 조정을 이룰 수 있음을 보였다. 도매가격  $w$ 와 최소 주문비율  $g$ 의 관계가 다음과 같다.

$$w = s + \frac{c-s}{gF\left[gF^{-1}\left(\frac{p-c}{p-s}\right)\right] + \left(\frac{c-s}{p-s}\right)}$$

### 2.2.4 판매환급 계약(CRC)

판매환급 계약은 공급자는 소매자의 판매량에 기반하여 소매자에게 환급액(rebate)을 지급하는 계약이다. Taylor (2002)는 판매환급 계약을 선형환급(linear rebate)과 목표환급(target rebate), 두 가지로 나누고 두 방식 모두 공급사슬 조정을 이룰 수 있음을 증명하였다. Chiu et al. (2012)은 패션업에 대한 연구를 통해 적절하게 설계된 판매환급 계약은 공급사슬을 조정할 수 있을 뿐만 아니라 공급자와 소매자 모두의 위험 수준을 낮출 수 있음을 보였다.

판매환급 계약에서 소매자의 판매량은 목표 판매량  $T$ 를 넘으면, 공급자가 소매자에게 넘은 부분에 대해 단위당 환급액  $u$ 을 지급한다.

공급자와 소매자의 수익은 다음과 같다(Taylor, 2002, Theorem 1).

$$\begin{aligned} \Pi_r &= pMIN(Q, X) + sMAX(Q - X, 0) - wQ \\ &+ uMAX[MIN(Q, X) - T, 0] \\ \Pi_s &= (w-c)Q - uMAX[MIN(Q, X) - T, 0] \end{aligned}$$

Taylor(2002)의 연구에 따라 공급사슬 조정을 이루기 위한 최적 주문량  $Q^*$ 와  $(w, u, T)$ 는 다음과 같다.

$$Q^* = F^{-1}\left(\frac{p+u-w}{p+u-s}\right), u = \frac{(w-c)(p-s)}{c-s}$$

### 2.3 계약 간의 비교

계약 간의 비교를 위한 성능척도는 여러 가지가 있지만, 본 연구에서는 이익배분율(PAR: profit allocation ratio)을 활용하고자 한다. 이익배분율은 소매자 이익과 총 공급사슬 이익의 비율로 정의되며, 공급사슬의 각 참여자의 교섭력의 크기를 의미한다. 일반적으로 공급자-소매자의 이익배분율은 교섭력(bargaining power)에 의해서 결정된다(Koo, 2020). 기업의 교섭력은 기업 관계를 표현하는 중요한 부분으로써 공급사슬 협력적인 조정 결과에 영향을 미칠 수 있음은 알려져 있다(e.g., Baron et al., 2016).

공급사슬 계약은 공급사슬의 각 참여자의 관계 및 의사결정에 영향을 미침을 통해 공급사슬 조정을 이루는 방식이어서 이 과정에서 공급자와 소매자의 이익이 변화하고 이익분배도 변화할 수 있다. 따라서 이익배분율은 각 참여자의 이익 증가할 확률과 계약을 체결할 성공률에 대한 중요한 요인이다. 기존의 연구를 보면, 이익배분율은 계약 모수를 설정할 때 계산되거나 미리 결정할 수 없다. 시물레이션을 이용하면, 시물레이션 실험 결과를 통해 참여자 간의 이익배분 및 이익배분을 변화를 알 수 있으므로, 본 연구는 이익배분율을 살펴보고 계약의 성과에 대해 분석하고자 한다.

### 3. 시물레이션 실험 및 분석

시물레이션은 Palisade사의 @RISK를 사용하여 수행하였다. @RISK는 엑셀에 추가(add-in)되는 스프레드시트 시물레이션 프로그램으로 사회과학 전공자도 몬테칼로 시물레이션 수행과 실험 데이터의 통계적 처리를 비교적 쉽게 할 수 있는 기능을 제공한다.

본 연구의 가정에 맞도록 제품의 수명 주기가 짧은 계절 상품인 생화의 정보를 활용한 Momotaz and Banik (2020)의 예제(Table 1)를 인용하였으며, 대부분의 공급사슬 계약 연구(e.g., Hou et al., 2009; Hu et al., 2013)와 같이 정규분포(평균 1,000과 표준편차 200)를 수요분포로 가정하고 시물레이션을 수행하였다.

Table 1. Values of parameters

모수	$c$	$w$	$p$	$s$
값	3	4.5	8.5	1

따라서, 집중화된 공급사슬과 분산화된 공급사슬에서 각 계약 하의 소매자의 최적 주문량과 공급사슬 전체의 수익에 대한 실험 결과는 Table 2에 소개되어 있다. Table 2의 조정 계약에 대한 자료는 Table 3의 자료를 일부 요약 정리한 것이다.

Table 2. Optimal order quantity and profit

		Centralized SC	Decentralized SC			
			POC	RSC	QFC	CRC
$Q^*$		1125	1017	1125	1125	1125
Profit	Retailer	5007	3404	3475	3515	3575
	Supplier	0	1525	1532	1492	1432
	Total	5007	4929	5007	5007	5007
PAR		1.00	0.69	0.69	0.70	0.71

조정 계약을 적용하지 않을 때, 즉 분산화된 공급사슬에서 도매가 계약(POC) 하에서 소매자의 최적 주문량은 1,017이며 공급자 수익은 3,403.7, 소매자 수익은 1,525.1이다. 공급사슬의 이익배분율은 0.69이다.

분산화된 공급사슬에서 각 조정 계약을 적용한 후 소매자의 주문량과 공급사슬 전체의 수익은 집중화된 공급사슬의 성과(공급사슬의 조정 효과)와 같아지는데, 수요의 변동에 따라 공급사슬 각 계약의 모수 조합이 변화하면서 공급자와 참여자들의 수익이 항상 증가하지는 않는다. 공급자와 소매자의 수익이 동시에 증가할 때만 계약 체결이 가능하기 때문에 계약 성사율을 고려한 유의한 구간 내 각 계약의 모수를 결정하는 것이 중요하다.

시물레이션 실험에서 각 계약의 모수를 공급사슬 전체 최적화가 되도록 설정하고 공급자와 소매자의 수익 모두가 도매가 계약(POC)의 수익보다 크면 값 “1”을, 그렇지 아니면 값 “0”을 갖도록 이진변수를 설정하면 모두 1인 경우에 계약이 성사되는 것으로 판단할 수 있다. 시물레이션을 반복 수행(10,000번) 후 이 이진변수의 평균값(@RISK의 = RiskMean())으로부터 공급자와 소매자의 수익이 동시에 증가하는, 즉 계약이 성사되는 확률값을 읽을 수 있다.

조정 효과를 갖는 각 계약 방식에 따른 실험 결과가 Table 3에 소개되어 있다. 실험에서 사용된 각 계약 모

**Table 3.** Simulation results for Supply Chain Coordination Contracts

RSC(revenue-sharing contract)	r	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	
	w	2.27	2.30	2.32	2.34	2.37	2.39	2.41	2.43	2.46	2.48	2.50	2.52	2.55	
	Q*	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	
	Average profit	retailer	3191	3248	3305	3361	3418	3475	3532	3588	3645	3702	3759	3815	3872
		supplier	1816	1759	1702	1646	1589	1532	1475	1419	1362	1305	1248	1192	1135
		supply chain	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007
	Profit allocation ratio	0.64	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	
	Probability of profit increase	retailer	0.14	0.15	0.45	0.50	0.55	0.60	0.66	0.73	0.80	0.87	0.96	1.00	1.00
		supplier	0.76	0.73	0.70	0.66	0.62	0.57	0.52	0.47	0.41	0.35	0.28	0.00	0.00
		both	0.00	0.00	0.27	0.30	0.32	0.34	0.37	0.39	0.41	0.35	0.28	0.00	0.00
quantity-flexibility contract	w	4.90	4.83	4.76	4.69	4.62	4.55	4.49	4.42	4.36	4.30	4.24			
	g	0.800	0.805	0.810	0.815	0.820	0.825	0.830	0.835	0.840	0.845	0.850			
	Q*	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125			
	Average profit	retailer	3515	3567	3619	3671	3722	3773	3822	3871	3920	3967	4014		
		supplier	1493	1440	1388	1336	1285	1235	1185	1136	1087	1040	993		
		supply chain	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007		
	Profit allocation ratio	0.70	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80			
	Probability of profit increase	retailer	0.73	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
		supplier	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.00	0.00	
		both	0.00	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.00	0.00		
channel-rebate contract	T	1004	1024	1044	1064	1084	1104	1124							
	u	5.63	5.63	5.63	5.63	5.63	5.63	5.63							
	w	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50							
	Q*	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125							
	Average profit	retailer	3575	3522	3473	3429	3389	3353	3321						
		supplier	1432	1485	1534	1578	1618	1654	1686						
		supply chain	5007	5007	5007	5007	5007	5007	5007						
	Profit allocation ratio	0.71	0.70	0.69	0.68	0.68	0.67	0.66							
	Probability of profit increase	retailer	0.42	0.40	0.39	0.37	0.37	0.37	0.37						
		supplier	0.56	0.60	0.64	0.68	0.71	1.00	1.00						
both		0.00	0.01	0.03	0.05	0.08	0.37	0.37							

수에 대한 조합은 문헌 연구의 결과나 엑셀의 해 찾기 기능을 이용하여 조정 효과가 있도록 설정한 것들이다. 수익공유 계약에서는 공유비율은 0.68부터 0.80까지 0.01씩, 수량유연 계약에서는 최소주문 비율을 0.80부터 0.85까지 0.005씩 변화시켰으며, 각 조정 모수에 따라 도매 가격은 앞서 소개된 관계식에 따라 변화한다. 판매환급 계약에서는 도매가격은 4.5, 환급가격은 5.63으로 고정시키고 목표 환급 판매량을 1004부터 1124까지 20씩 변

화시켰다.

실험 결과에서 소매자, 공급자 모두의 수익이 증가되는 모수 조합, 즉 계약 성사율이 0 이상인 유의한 구간(어두운 음영 부분)에 대해 다음과 같은 해석이 가능하다. 다음 Fig. 1~3은 도매가 계약 대비 각 조정 계약의 이익 배분율과 수익 증가확률을 나타내고 있다. 그래프의 각 점은 조정 계약의 모수 조합에 따른 공급사슬, 소매자, 공급자의 관점에서의 결과이다.

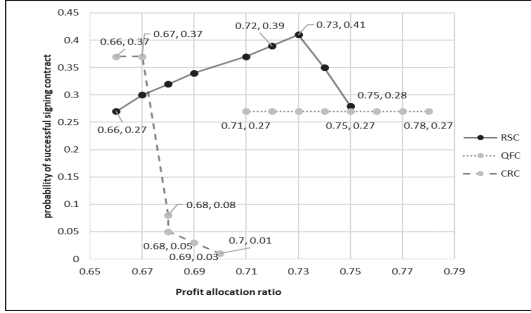


Fig. 1. Probability of successful signing contract

Fig. 1을 보면, 수익공유 계약에서 모수 조합의 변화에 따라 계약 성사율이 증가하다가 감소하는 추세를 보이고 성사율은 (0.27, 0.41) 범위에서 변화한다. 수량유연 계약에서 계약의 성사율은 항상 0.27로 나타나고 전체적으로 수익공유 계약보다 낮다. 판매환급 계약의 계약 성사율은 처음 0.37로 나타나다가 매우 낮은 값 0.01로 감소한다.

이익배분율을 교섭력의 측면에서 보면, 조정계약을 통해 소매자의 수익 증가 확률이 공급자보다 더 큰 구간은 소매자 교섭력 증가, 그 반대의 경우를 공급자 교섭력 증가로 해석할 수 있다(Table 3의 밝은 음영 부분). 이익배분율로 각 계약의 유의 구간을 보면 도매가 계약의 고정된 0.69 값(Table 2)과 비교하여 각 계약은 모두 참여자에 대해 이익재분배를 할 수 있다. 그중에서 수익공유 계약은 (0.66, 0.75) 구간에 공급자와 소매자의 이익 배분을 조정할 수 있으며, 수량유연 계약에서는 소매자 교섭력이 강해지는 (0.71, 0.78) 구간에서, 판매환급 계약에서는 공급자 교섭력이 강해지는 (0.66, 0.70) 구간에서 계약 체결이 가능하다.

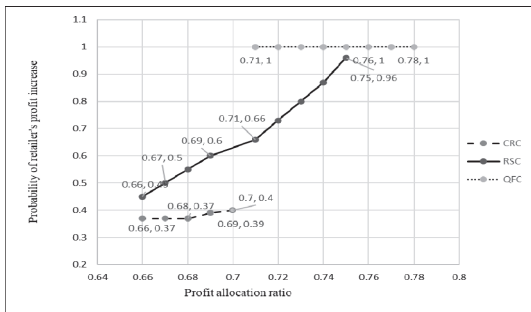


Fig. 2. Probability of retailer's profit increase

Fig. 2에서 수량유연 계약은 모수 조합이 유의한 구간에서 항상 1로 나타나고 있는데, 이는 소매자 수익은 항

상 증가함을 의미한다. 그리고 계약 체결 가능한 범위도 소매자의 교섭력이 강해지는 (0.71, 0.78) 구간에 포함되기 때문에 수량유연 계약은 소매자 쪽에 제일 유리한 계약이라고 할 수 있다.

수익공유 계약에서 소매자 수익은 증가하는 확률이 공유비율의 증가에 따라 0.45부터 0.96까지 꾸준히 증가하고 있음을 보이고, 마지막으로 판매환급 계약은 소매자 관점에서 수익이 증가하는 가능성이 가장 낮고 (0.37, 0.4) 범위에서 변동하며 이익배분율은 소매자의 교섭력은 약해질 때만 계약을 체결하는 가능성이 존재하기 때문에 판매환급 계약은 소매자 쪽에 가장 불리한 계약이라고 할 수 있다.

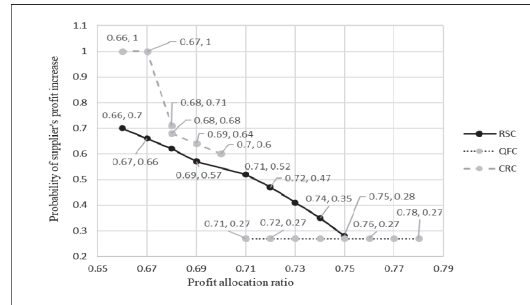


Fig. 3. Probability of supplier's profit increase

Fig. 3을 보면, 판매환급 계약은 공급자 쪽에 가장 유리한 계약으로 공급자 수익의 증가 가능성이 처음 1로 나타나다가 0.6으로 감소하는 추세가 보인다. 계약 체결 가능한 범위도 도매가 계약 대비 공급자 교섭력 강해지는 (0.66, 0.70) 구간에 포함되기 때문에 공급자 쪽에 유리하다고 할 수 있다.

수익공유 계약에서 공급자 수익은 증가하는 확률이 공유비율의 증가에 따라 0.70부터 0.28까지 꾸준히 감소하는 것으로 보인다. 수량유연 계약은 공급자 관점에서 수익 증가하는 확률이 0.27로 항상 낮은 값을 보인다. 계약 체결 가능한 범위도 공급자 교섭력 약해지는 (0.71, 0.78) 구간에 포함되기 때문에 공급자 쪽에 가장 불리한 계약이라고 할 수 있다.

#### 4. 결론

선행연구에서 조정 계약의 효과에 대해 상반된 결과가 존재하기 때문에, 본 연구에서는 동일한 환경 하에서 하나의 공급자와 하나의 소매자로 구성된 공급사슬에서 3

가지 조정 계약의 성사율을 도출하고 분석하였다. 이를 위해 선행연구의 결과에 따라 계약이 조정 효과를 갖도록 하는 각 계약의 모수 조합을 찾고 계약의 성사율을 생성하기 위한 시뮬레이션 모형을 @RISK 소프트웨어로 구현하였다. 시뮬레이션 결과를 공급사슬 전체와 공급자, 소매자의 관점에서 보면, 3개의 계약 중에 수량유연 계약은 소매자에게 가장 유리하고 판매환급 계약은 공급자에게 가장 유리하다. 반면에 수익공유 계약은 참여자인 공급자와 소매자의 이익재분배 관점에서 가장 넓은 범위에서 선택될 수 있어 가장 유연하게 사용될 수 있는 것으로 판단된다.

2단계 이상의 다단계로 구성된 공급사슬에 대한 분석, 경쟁이 있는 복수의 소매자, 복수의 제품, 2회 이상의 주문이 가능한 공급사슬에서의 조정 계약에 대한 연구도 흥미로운 주제가 될 것이다.

## References

- @RISK (2021) <http://www.palisade.com/risk> (Accessed July 9, 2021).
- Ai, X. Z., J. Chen, and J. J. Ma (2012) “Contracting with demand uncertainty under supply chain competition”, *Ann Oper Res*, Vol. 201, pp. 17-38.
- Arshinder, K. A. and S. G. Deshmukh (2009) “A framework for evaluation of coordination by contracts: a case of two-level supply chains”, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 56, pp. 1177-1191.
- Baron, O., O. Berman and D.-S. Wu (2016) “Bargaining within the supply chain and its implications in an industry”, *Decision Sciences*, Vol. 47, No. 2, pp. 193-218.
- Cachon, G. P. and M. A. Lariviere (2005) “Supply chain coordination with revenue-sharing contracts : strengths and limitations”, *Management Science*, Vol. 51, No. 1, pp. 30-44.
- Chiu, C.-H., T.-M. Choi, H.-T. Yeung, and Y.-X. Zhao (2012) “Sales rebate contracts in fashion supply chain”, *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2012, pp. 1-19.
- Hou, Y., D. Zhou and B. Tian (2009) “Ordering decisions on supply chains under revenue sharing policies”, *Industrial engineering journal*, Vol. 12, No. 1, pp. 24-33.
- Hu, F., C. C. Lim and Z. Lu (2013) “Coordination of supply chains with a flexible ordering policy under yield and demand uncertainty”, *Int. J. Production Economics*, Vol. 146, pp. 686-693.
- Katok, E. and D.-Y. Wu (2009) “Contracting in Supply Chains: A Laboratory Investigation”, *Management Science*, Vol. 55, No. 12, pp. 1953-1968.
- Koo, P.-H. (2020) “A new buy-back contract model for a two-echelon supply chain”, *Journal of the Korea Management Engineers Society*, Vol. 25, No. 3, pp. 25-37.
- Lariviere, M. A. and E. Porteus (2001) “Selling to the newsvendor: an analysis of price-only contracts”, *Manufacturing and Service Operations Management*, Vol. 3, No. 4, pp. 293-305.
- Lin, R.-H. and R.-Q. Hou (2014) “Experimental Tests of Buyback Contract Coordination and Analysis for its Failure”, *Journal of management science*, Vol. 27, No. 3, pp. 75-82.
- Momotaz, S. N. and S. Banik (2020) “Effects of seasonal variation driven price disparity on fresh flower business: evidences from Bangladesh”, *Journal of business and retail management research*, Vol. 14, No. 2, pp. 33-45.
- Mortimer, J. H. (2002) “The Effects of Revenue-Sharing Contracts on Welfare in Vertically-Separated Markets: Evidence from the Video Rental Industry”, *Harvard Institute of Economic Research, Discussion Paper Number 1964*, 1-49.
- Pasternack, B. A. (1985) “Optimal Pricing and Return Policies for Perishable Commodities”, *Marketing Science*, Vol. 4, No. 2, pp. 166-176.
- Saithong, C. and T. H. Luong (2013) “Supply chain contract with put and call option: the case of non-linear option premium price”, *Industrial engineering & Management systems*, Vol. 12, No. 2, pp. 85-94.
- Spengler, J. J. (1950) “Vertical Integration and Antitrust Policy”, *Journal of Political Economy*, Vol. 58, No. 4, pp. 347-352.
- Taylor, T. A. (2002) “Supply chain coordination under channel rebates with sales effort effects”, *Management science*, Vol. 48, No. 8, pp. 992-1007.



Tsay, A. A. (1999) “The quantity flexibility contract and supplier-customer incentives”, *Management science*, Vol. 45, No. 10, pp. 1339-1358.  
Yao, Z., S. C. H. Leung and K.-K. Lai (2008)

“Manufacturer’s revenue-sharing contract and retail competition”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 186, pp. 637-651.



**고 양** (ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-4798-1523> / [gaoyang@khu.ac.kr](mailto:gaoyang@khu.ac.kr))

2014 Hebei University of Economics and Business 학사  
2020 경희대학교 일반대학원 경영학과 석사과정

관심분야 : 공급사슬관리, 시뮬레이션 응용



**서 동원** (ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-3894-4691> / [dwseo@khu.ac.kr](mailto:dwseo@khu.ac.kr))

1991 성균관대학교 산업공학과 학사  
1996 성균관대학교 대학원 산업공학과 석사  
2002 Georgia Institute of Technology, 산업시스템공학 박사  
2003~ 현재 경희대학교 경영대학 경영학과 교수

관심분야 : 확률과정론, Series Expansion, (Max,+)-algebra, 시뮬레이션 응용, 수익경영