

공급망 글로벌최적화를 위한 반품계약 및 수익공유계약 비교분석

구평희[†]

국립부경대학교 시스템경영안전공학부

Exploring the Relationship between Buyback and Revenue Sharing Contracts in Channel Coordination

Pyung-Hoi Koo

Division of Systems Management and Safety Engineering

Effective supply contract designs are essential for ensuring coordination among the supply chain members involved. Two typical coordinated contracts are buyback contracts and revenue-sharing contracts. This study investigates how the contract parameters are designed in each contract type for channel coordination and explores the relationship between these two supply contracts. We especially examine the supply contract designs under various market power structures among supply chain members. Furthermore, we analyze the relationship between the profit volatilities in the two contract types. The results demonstrate that, with appropriate parameter design, these contracts fundamentally exhibit no difference in terms of profit volatility as well as expected profit. This study contributes to the understanding of supply chain contracting by shedding light on the nuanced relationship between buyback and revenue-sharing contracts.

Keywords: Coordinated Supply Contracts, Buy-Back Contract, Revenue-Sharing Contract, Bargaining Power, Profit Variability

1. 서론

본 논문에서는 수요가 불확실하고 생산리드타임이 긴 제품을 대상으로 생산자-판매자로 이루어진 2단계 공급망 환경에서 두 당사자 간의 공급계약 문제를 다룬다. 이러한 공급망 형태는 패션의류, 계절상품, 짧은 유통기한의 제품 등 여러 시장 환경에서 접할 수 있다. 공급계약은 공급망의 구성원 간에 특정 상품이나 서비스의 공급 조건을 명시하는 계약을 말하며, 불확실한 공급망 환경에서 전체 효율성에 큰 영향을 준다는 점에서 학계와 산업계에서 관심이 증가하고 있다. 산업현장에서 판매자가 미리 제품을 확보하기 위해 일반적으로 널리 사용되는 공급계약 형태는 도매계약(wholesale contract)이다. 도매계약에서는 생산자가 생산단가와 기타 비용을 고려하여 일정한 도매가

를 책정하여 제시하면, 판매자는 예측된 수요를 고려하여 자신의 이익을 최대화하는 주문량을 결정한다. 이때, 실제 수요는 예측된 수요와 차이는 경우가 대부분이므로 판매자는 수요 변동에 따른 위험을 감수해야 하고, 따라서 위험관리 차원에서 보수적으로 주문량을 결정하게 된다. 이는 결국 전체 공급망의 효율성을 저하시키게 된다. 이와 같이 개별적인 공급망 구성원의 결정이 전체 공급망의 관점에서 볼 때는 시스템 효율성을 저해하는 것을 이중마진(double marginalization) 현상이라 한다.

이중마진 현상을 해결하는 대표적인 방법은 두 단계의 공급망을 하나로 통합한 수직적통합(vertical integration) 전략을 들 수 있다(Kahneman and Tversky, 1979). 수직적통합 환경에서는 단일 중앙 관리자가 공급망 전체최적화를 목적으로 중앙집중식(centralized)으로 의사결정을 하므로 독립적인 구성원에 의

이 논문은 부경대학교 자율창의기술연구비(2023년)에 의하여 연구되었음.

[†] 연락처 : 구평희 교수, 부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교 시스템경영안전공학부, Tel: 051-629-6485, E-mail: phkoo@pknu.ac.kr
2024년 3월 12일 접수; 2024년 7월 22일 게재 확정.

한 순차적인 부분최적 의사결정에 의해 발생하는 이중마진 문제를 해결할 수 있다. 그러나 수직 통합에는 상당한 자본 투자와 해당 기술의 확보가 필요하고, 수요 변동성 리스크를 자체적으로 모두 감당해야 하는 문제점이 있기 때문에 대부분의 공급망은 상위(upstream)와 하위(downstream) 기업이 서로 독립적인 다른 기업으로 구성된다(Stuckey and White, 1993; Li and Chen, 2020). 공급망에서 각 기업이 자체 의사결정을 내릴 때, 전체 공급망이 최적으로 운영될 수 있도록 하려면 구성원 간에 위험을 공유하는 것이 중요하다. 최근에 독립적인 기업의 의사결정이 전체 공급망 이익의 최대화를 달성할 수 있도록 유도하는 다양한 공급계약이 연구되고 있다. 공급망 구성원의 개별적인 최적 의사결정이 전체 공급망의 글로벌 최적과 일치 되도록 하는 계약을 최적조정계약(coordinated contract)이라고 한다.

본 연구에서는 최적조정공급계약 방법 중 대표적인 두 방법, 즉 반품계약(buyback(BB) contract)과 수익공유계약(revenue sharing(RS) contract)에 대해 계약 파라미터들 간의 관계를 규명하고자 한다. 반품계약에서는 판매자가 생산자로부터 일정한 금액을 지불하고 공급받은 제품 중에 판매시점 말까지 재고로 남아있는 물량을 자체적으로 처분하지 않고 생산자에게 반납하는 계약방식을 말한다. 이때 반품가는 미판매재고의 처분가보다 높게 설정하여 판매자의 입장에서는 반품계약을 통하여 미판매로부터 발생하는 손실위험을 줄일 수 있다. 이러한 위험감소는 판매자가 주문량을 늘리는 역할을 하게 되고 결국 기대되는 판매량이 증가하여 전체 공급망의 총이익을 증가시키게 된다. 수익공유계약은 판매를 통해 발생된 매출액의 일부를 판매자가 생산자와 공유하는 계약 형태이다. 수익을 공유하는 대신 생산자가 판매자에게 공급하는 제품의 공급가는 낮게 책정된다. 이처럼 낮아진 공급가는 판매자의 위험을 감소시키고 따라서 주문량을 늘리는 효과가 있어 기대되는 판매량이 증가한다. 본 논문에서는 이 두 공급계약 형태에서 최적조정계약이 되기 위해서 계약 파라미터들이 어떻게 설계되는지를 소개하고, 이 두 공급계약의 파라미터 간에는 어떤 관계가 있는지 연구한다. 또한 공급망 참여자 간의 시장교섭력(bargaining power)이 주어진 상황에서 이익 분배 비율을 만족하기 위해서 반품계약과 수익공유계약에서 계약 파라미터를 어떻게 설계해야 하는지와 그들의 관계에 대해서도 분석한다.

대부분의 공급계약과 관련된 기존 논문에서 주문량을 결정하는 기준은 기대이익의 최대화이다. 하지만 각 계약 형태가 기대되는 이익이 동일하더라도 이익의 변동성(위험)에 있어 차이가 있을 수 있다. 이익의 변동성에 대한 판매자의 성향은 위험중립형, 위험추구형, 위험회피형으로 구분할 수 있다(Choi et al., 2020). 위험중립형 참여자는 위험노출 정도와는 관계없이 기대이익의 최대화가 우선인 성향이 있고, 위험추구형은 이익변동성이 큰 시나리오를 선호하고, 위험회피형은 반대로 작은 이익변동성을 선호하는 성향이 있는 참여자를 말한다. 본 논문에서는 공급망 참여자의 위험에 대한 성향을 고려할 때 일반적으로 활용되는 의사결정 평가지표인 이익의 변동성에 대

한 분석을 수행하고, 이익 변동성 측면에서 반품계약과 수익공유계약 간의 관계를 조사하고자 한다.

본 논문에서는 반품계약과 수익공유계약의 관계를 다음 내용을 중심으로 분석한다. (1) 반품계약과 수익공유계약에서 최적조정계약이 성립되기 위한 각 계약 파라미터들의 관계를 정립하고, 공급망 참여자들의 이익 변동성(위험)의 관계를 분석한다. (2) 시장교섭력이 주어진 상태에서 반품계약과 수익공유계약의 최적 계약 파라미터를 설계하는 절차와 이들의 관계를 규명한다. (3) 최적조정계약이 되기 위하여 반품계약과 수익공유계약의 계약 파라미터들이 가질 수 있는 값의 범위를 설정한다. (4) 자본흐름의 시점을 고려하여 공급망 참여자간의 선호계약 형태를 논한다. 본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 제2장에서는 본 연구와 관련된 기존 연구를 살펴보고, 제3장에서는 기본적인 공급계약 모형을 설명한다. 제4장에서는 반품계약과 수익공유계약을 소개하고, 최적조정계약 하에서 이 두 계약의 계약파라미터들 간의 관계를 조사한다. 또한 두 계약에서 최적조정계약 하에서의 이익 변동성의 관계를 규명하고, 시장교섭력이 주어진 상황에서 계약 파라미터 설계 방법을 소개한다. 제5장에서는 반품계약과 수익공유계약의 관계를 수치실험을 통해 확인하고, 제6장에서는 연구의 결론을 요약하고 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 선행 문헌 조사

공급망의 이중마진 현상을 극복하기 위해, 최근에 다양한 최적조정 공급계약 방식들이 소개되었다. 반품계약(Pasternack, 1985; Choi et al., 2008a), 수익공유계약(Cachon and Lariviere, 2005; Bart et al., 2019), 판매-리베이트계약(Taylor 2002), 위탁계약(Giovanni et al., 2019; Lu et al., 2019), 옵션계약(Zhao et al., 2018; Zhuo et al., 2018), 포트폴리오 계약(Liu et al., 2022; Luo et al., 2023) 등 공급망 전체 최적화를 도모하기 위해 여러 방향에서 다양한 공급계약 방안이 연구되어 왔다. 기존의 최적조정 공급계약에 대한 광범위한 조사연구는 Cachon and Lariviere(2005)와 Shen et al.(2019)에서 찾아볼 수 있다. 이번 절에서는 본 논문에서 다루는 최적조정 공급계약 형태인 반품계약과 수익공유계약에 대해 선행 연구를 조사한다.

반품계약과 수익공유계약은 판매 기간이 한정적이고 수요가 불확실한 환경에서 공급망 참여자들이 수요 변동성 위험을 공유하여 공급망 전체 최적화를 달성하는 의사결정을 할 수 있도록 유도한다. 반품계약은 일정한 판매기간 동안에 수요가 예상보다 미치지 못하여 미판매재고로 남는 경우, 이 미판매 재고를 생산자에게 일정한 금액을 받고 반납할 수 있는 권리를 판매자에게 주는 조건을 명시한 계약 형태이다. 반품계약은 판매자의 수요변동성 위험을 생산자와 공유함으로써 도매계약 형태에서보다 더 많은 주문을 유도하여 결국 생산자와 판매자 모두에게 이익증대 효과를 가져다준다. Pasternack

(1985)은 반품계약에서 공급가와 반품가를 적절히 설정하면 위험중립적인 참여자들로 구성된 공급망에서 전체 최적화를 이룰 수 있다는 것을 보였다. 또한 공급가가 주어진 상태에서는 공급망 이익을 최대화 하는 최적 반품가는 공급가의 함수로 표현할 수 있고 따라서 최적 반품가는 유일하게 존재한다는 것을 밝혀냈다. 이후 여러 연구자들에 의해 다양한 상황에서의 반품계약에 대해 연구하였다. Su(2009)는 미판매재고 전체를 반품하는 계약과 일부분을 반품하는 계약이 공급망 효율성에 미치는 영향을 연구하였다. Niu *et al.*(2018)은 패션 공급망에서 반품계약과 아웃소싱 전략과의 관계를 연구하고, 시장교섭력이 높을 때 패션브랜드는 낮은 반품가를 선호한다는 것을 보였다. Momeni *et al.*(2022)은 반품계약이 재생산업에 미치는 영향을 조사 연구하였다.

수익공유계약은 판매자가 일정한 금액을 받고 판매하여 매출이 발생하면 그 매출액을 생산자와 공유하는 계약 형태이다. 반품계약과는 다르게 판매시점말까지 재고로 남아있는 제품은 판매자가 직접 저가격으로 판매한다. Cachon and Lariviere(2005)는 이익의 최대화를 하는 단일 공급업체-소매업체 공급망에서 수익공유계약을 통하여 공급망 전체 이익 최대화를 달성할 수 있음을 보였다. Pan *et al.*(2010)은 상이한 시장교섭력을 가진 참여자로 구성된 공급망에서 수익공유계약과 도매계약의 관계를 연구하였다. 이 외의 수익공유계약의 다양한 연구는 조사연구논문인 Bart *et al.*(2019)에서 찾아볼 수 있다.

반품계약과 수익공유계약을 비교 분석한 논문으로서, Cachon and Lariviere(2005)는 기대이익의 최대화를 목적으로 하는 단일 공급업체-소매업체 공급망에서 반품계약과 수익공유계약은 적절한 계약설정을 통하여 기술적으로 동일하게 설계할 수 있다는 것을 보였다. Zhang *et al.*(2016)은 반품계약과 수익공유계약 형태 선택에 있어서 공급망 구성원의 위험 성향에 따라 생산비용과 판매가의 비율이 중요한 역할을 한다고 주장하였다. 예를 들어, 위험회피 성향을 갖는 생산자는 판매가가 생산비용에 비하여 매우 높은 경우에는 수익공유계약을 선호하고, 판매가가 생산비용과 크게 차이 나지 않을 때는 반품계약을 선호한다는 결론을 내놓았다. Liu(2015)는 여러 국가가 연관되어 있는 글로벌 공급망 환경에서 환율이 반품계약과 수익공유계약의 효율성에 어떤 영향을 주는지 분석하였다. 해당 연구에서는 생산자의 환율이 강한 추세이면 반품계약이 선호되고, 반면에 생산자의 환율이 약한 추세인 경우에는 수익공유계약이 더 좋은 결과를 보인다고 주장하였다. Zhang *et al.*(2023)은 반품계약과 수익공유계약이 각기 현금흐름 구조가 같지 않다는 것을 토대로 기회비용을 언급하고, 공급망에서 반품계약과 수익공유계약의 효율성을 기회비용을 고려하여 비교분석하고 이러한 경우에 계약 파라미터는 어떻게 설계해야 하는지 연구하였다. 해당 연구에서는 생산자의 기회 비용이 판매자의 기회 비용보다 높을 때 반품계약이 수익공유계약보다 우월한 결과를 나타내고, 반대의 경우에는 수익공유계약이 반품계약보다 우월한 결과를 보였다.

대부분의 공급계약 관련 기존 논문에서 주문량을 결정할 때 결정기준은 기대이익의 최대화이지만, 일부연구자들은 이익의 변동성을 계약설계 프로세스에 포함하였다. Niederhoff and Kouvelis(2019)는 수익공유계약이 위험중립형으로 구성된 공급망에서는 최적조정계약을 구성할 수 있으나, 위험회피형인 경우에는 최적의 해를 보장할 수 없다는 것을 보였다. Tsay(2002)는 위험성향에 따른 재고수준 결정을 위하여 MV(mean-variance)기반의 가치함수를 제안하였다. 실현되는 이익이 확률적인 수요에 따라 변하는 변수 Z 로 표현될 때 이익의 평균과 표준편차로 구성된 MV 가치함수($=\mu_Z - k\sigma_Z$)를 정의하고 주문량을 결정할 때 이 가치함수를 이용하였다. 여기서 μ_Z 와 σ_Z 는 이익 Z 의 기대값과 표준편차를 의미하고, k 는 위험회피성향 정도를 나타낸다. 즉, $k=0$ 이면 위험중립형이고, $k > 0$ 이면 위험회피형 마지막으로 $k < 0$ 이면 위험추구형 모형이다. 이후 여러 연구자들이 MV모형을 기반으로 하는 모형을 제시하였다. Choi *et al.*(2008a, 2008b)은 이익의 변동성이 일정한 수준을 넘지 않는 것을 조건으로 이익의 기대치를 최대화 하는 모형 $\{\max \mu_z, \text{s.t. } \sigma_z \leq \sigma_0\}$ 과 이익을 일정수준 이상으로 하는 조건하에 변동성을 최소화 하는 모형 $\{\min \sigma_z, \text{s.t. } \mu_z \geq \mu_0\}$ 를 제안하였다. 여기서, σ_0 와 μ_0 는 의사결정자가 사전에 설정한 이익의 기대값과 표준편차의 한계값이다. Koo(2020)는 시장교섭력에 따라 주어진 이익분배율과 판매자의 위험성향을 고려한 반품계약 모델을 제시하였다. MV모형에 대한 광범위한 조사연구는 Chiu and Choi(2016)에서 찾아볼 수 있다.

반품계약과 수익공유계약은 기대이익의 최대화를 달성할 수 있는 최적조정계약이라는 것은 기존의 여러 연구 결과에 의해 확인되었다. 본 연구는 기존의 연구에서 다음과 같은 면을 추가적으로 연구하고자 한다.

- (1) 반품계약과 수익공유계약에서 최적조정계약이 성립되기 위한 각 계약 파라미터들의 관계를 정립하고, 두 계약에서 참여자들의 이익 변동성(표준편차)을 구하는 절차를 소개하고 그 둘의 관계를 분석한다.
- (2) 시장지배력에 의한 교섭력이 주어진 상태에서 반품계약과 수익공유계약의 최적 계약 파라미터를 설계하는 절차와 이들의 관계를 규명한다.
- (3) 최적조정계약이 되기 위하여 반품계약과 수익공유계약의 계약 파라미터들이 취할 수 있는 값의 범위를 설정한다.

3. 공급계약 기본모델

3.1 대상 시스템의 기본분석

본 연구에서는 생산자-판매자로 이루어진 2단계 공급망 구조에서 한 시즌 동안 판매하는 단일제품을 대상으로 하고, 시즌 말까지 미판매된 제품은 일정한 가격으로 일괄 처분되는 상황을 다룬다. 생산을 위해 준비하고 공급하는 시간은 길기

때문에 판매자는 시즌이 시작되기 오래전에 생산자에게 해당 제품을 수요예측을 근거로 일정량을 주문해야 하고, 생산자는 해당 주문에 대해 자원을 준비하고 일정한 생산비용을 들여 생산하여 판매자에게 공급한다. 본 논문에서 사용되는 기호와 그에 대한 설명이 <Table 1>에 정리되어 있다. 현실적으로 공급망 구성원인 생산자와 판매자 모두 이익을 얻는 계약이어야 하므로 $p > c > s$ 조건이 만족되어야 한다.

Table 1. Notations and Descriptions

Notations	Descriptions
Q	Order (production) quantity
c	per-unit production cost of the manufacturer
w	per-unit wholesale price paid by retailer to manufacturer
p	per-unit retail price at the retailer
s	per-unit salvage price for unsold products
ϕ	revenue sharing ratio (retailer's portion)
x	market demand (random variable) with pdf $f(x)$ and cdf $F(x)$
$S(Q)$	expected sales volume, given order amount Q
$I(Q)$	expected left-over inventory, given order amount Q
$\bar{\xi}(Q)$	variance of the sales volume, given order amount Q
π	expected profit
sc, m, r	index for supply chain, manufacturer, and retailer, respectively.
ws, bb, rs	index for wholesale, buy-back and revenue-sharing contracts, respectively.

제품의 수요 x 는 불확실하며 확률적으로 변하고, 밀도함수 (pdf) $f(x)$, 분포함수(cdf) $F(x)$ 를 따른다고 가정한다. 주문을 너무 적게 하면 품질에 의한 손실이 발생할 확률이 높으며 반대로 너무 많이 주문하면 시즌 말까지 판매되지 못하고 재고로 남는 제품이 있어 미판매 손실이 발생할 수 있으므로, 적정량을 주문하는 것이 중요하다. 판매자가 Q 만큼을 주문했는데 실제 수요가 x 이라면, 판매량은 $\min(x, Q)$ 이고, 따라서, Q 만큼 주문했을 때 기대되는 판매량 $S(Q)$ 는 다음과 같다.

$$S(Q) = E[\min(x, Q)] = \int_0^Q xf(x)dx + \int_Q^\infty Qf(x)dx \quad (1)$$

$$= Q - \int_0^Q F(x)dx$$

미판매재고 $(Q-x)^+$ 는 $((a)^+)$ 는 $\max(a, 0)$ 를 의미함) 주문량에서 판매량을 제한 값이므로 $Q - \min(x, Q)$ 로 계산될 수 있다. 따라서, Q 만큼 주문했을 때 미판매재고량의 기대값은 $I(Q)$ 은 다음과 같다.

$$I(Q) = E[(Q-x)^+] = Q - S(Q) = \int_0^Q F(x)dx \quad (2)$$

3.2 글로벌 최적 모형과 이중마진 문제

앞에서 언급한 것처럼 수직적통합 환경에서의 의사결정은 공급망 전체최적을 목표로 한다. 불확실한 수요 하에서 공급망 중앙관리자는 아래의 식에서 얻어지는 공급망 기대이익 π_{sc} 이 최대화 될 수 있도록 의사결정을 내릴 것이다.

$$\pi_{sc} = pS(Q) + sI(Q) - cQ = (p-c)Q - (p-s)I(Q) \quad (3)$$

식 (3)에서 첫 번째 항은 제품의 판매수익이고, 두 번째 항은 미판매재고의 처분수익이며, 세 번째 항은 Q 만큼을 생산하는데 소요된 생산비용이다. 식 (3)의 Q 에 대한 1차 도함수와 2차 도함수는 다음과 같다.

$$\frac{d\pi_{sc}}{dQ} = (p-c) - (p-s)F(Q) \quad (4)$$

$$\frac{d^2\pi_{sc}}{dQ^2} = -(p-s)f(x) \quad (5)$$

식 (5)의 이차도함수는 $p > s$ 가정 하에서 음수이므로, 식 (4)의 1차도함수는 concave 함수이고, 따라서 $\frac{d\pi_{sc}}{dQ} = 0$ 를, 즉

$F(Q) = \frac{p-c}{p-s}$ 를 만족하는 Q 가 공급망의 최대 이익을 가져다준다. 결과적으로 글로벌 최적 생산공급량은 아래와 같이 구할 수 있다.

$$Q_{sc}^* = F^{-1}\left(\frac{p-c}{p-s}\right) \quad (6)$$

논문의 가독성을 위하여 이후로는 $z^* = \frac{p-c}{p-s} = F(Q_{sc}^*)$ 로 표현한다.

수직적통합 환경이 아니고 생산자와 판매자가 독립적으로 다른 기업인 경우에 판매자는 자신의 이익 최대화를 위해 의사결정한다. 이러한 경우 일반적으로 산업체에서 자주 이용되는 공급계약형태는 정해진 도매공급가 w_{ws} 를 기반으로 하는 도매계약이다. 도매계약에서 생산자는 아래의 이익식을 최대 로 하는 물량을 주문하게 된다.

$$\pi_r^{ws} = pS(Q) + sI(Q) - w_{ws}Q \quad (7)$$

식 (7)에서 첫 번째 항은 제품의 판매수익이고, 두 번째 항은 미 판매재고의 처분수익이며, 세 번째 항은 주문량 Q 의 도매비용이다. 위의 수직적통합 환경에서의 계산 절차와 동일하게 도매계약에서의 최적 주문량은 아래의 식에 의해 구할 수 있다.

$$Q_{ws}^* = F^{-1}\left(\frac{p-w_{ws}}{p-s}\right) \quad (8)$$

식 (8)에서 구한 최적생산량이 식 (6)의 글로벌 최적 생산량과 동일하기 위해서는 $w_{ws} = c$ 가 되어야 한다. 이는 생산자의 이익을 0으로 하므로 현실적으로는 성립할 수 없는 계약이다. 일반적으로 도매계약에서의 공급가 w_{ws} 는 생산비용에 목표 이익을 추가하여 생산자가 책정하므로 $w_{ws} > c$ 이고, 따라서 $Q_{ws}^* < Q_{sc}^*$ 의 관계가 성립되어 글로벌 최적과는 다른 결정을 하게 된다. 반품계약과 수익공유 모형은 이러한 비효율적 공급망 운영 문제를 해결하기 위해 제안된 대표적인 계약 형태이다.

4. 반품계약과 수익공유계약의 관계 분석

4.1 반품계약 모형

반품계약에서는 도매기반 선물계약에서 미판매재고를 판매자가 시장에 파는 대신에 생산자에게 재고를 모두 반납하는 형태이다. 반품계약에서의 의사결정 순서는 다음과 같다.

- (1) 생산자가 판매자에게 도매가 w_{bb} 와 반품가 b 로 구성된 계약구조를 제시한다.
- (2) 판매자는 계약을 받아들이고, 수요예측치를 기반으로 일정 수량 Q 를 주문한다.
- (3) 생산자는 단위당 c 의 생산비용으로 주문량을 생산하여 공급하고 $w_{bb}Q$ 만큼의 공급 대금을 받는다.
- (4) 판매자는 판매시즌 동안 제품을 일정한 판매가 p 로 판매한다.
- (5) 시즌이 끝나면 판매자는 미판매 제품을 b 를 받고 생산자에게 반품한다.
- (6) 생산자는 반품된 제품을 재고처리가 s 로 판매한다. 여기서 $s < b$ 를 가정한다.

반품계약에서 판매자의 기대이익은 다음과 같다.

$$\pi_r^{bb} = pS(Q) + bI(Q) - w_{bb}Q = (p - w_{bb})Q - (p - b)I(Q) \quad (9)$$

위 수식의 첫 번째 항은 매출액을 나타내고, 두 번째 항은 미판매재고에 대한 반품수익을 말하며, 세 번째 항은 주문량의 구입비용을 의미한다. 앞에서와 같이 식 (9)는 Q 에 대하여 concave이기 때문에, 반품계약에서 판매자의 기대이익을 최대한으로 하는 최적의 주문량 Q_b^* 는 $\frac{d\pi_r^{bb}}{dQ} = 0$ 을 만족하는 수량이고, 이는 아래와 같이 구할 수 있다.

$$Q_b^* = F^{-1}\left(\frac{p - w_{bb}}{p - b}\right) \quad (10)$$

반품계약이 최적조정계약이 되기 위해서는 식 (10)과 식 (6)의 최적주문량이 동일해야 하므로, $\frac{p - w_{bb}}{p - b} = z^*$ 의 관계가 성

립되어야 한다. 이를 w_{bb} 에 대해서 정리하면 다음의 관계가 성립한다.

$$w_{bb} = p - z^*(p - b) \quad (11)$$

식 (11)을 이용하여 식 (9)를 다시 정리하면 아래와 같다.

$$\pi_r^{bb} = (p - b)(z^*Q - I(Q)) \quad (12)$$

위 식에서 최적조정계약에서는 반품가 b 가 증가하면 판매자의 이익은 감소함을 알 수 있다. 이는 일반적으로 받아들일 수 있는 상식과는 상반되는 결과이다. 이러한 현상은 반품가 b 와 공급가 w_{bb} 의 관계 때문에 나타난다. 즉 식 (11)에 의하면 최적조정계약 하에서 반품가 b 를 한 단위 증가하면 공급가는 만큼 증가함을 알 수 있다. 반품가 b 는 미판매재고에만 해당되고, 공급가 w_{bb} 는 주문량 모두에 해당되므로 w_{bb} 의 증가로 인한 이익 감소가 더 크므로 나타나는 현상으로 풀이할 수 있다.

4.2 수익공유계약 모형

수익공유계약은 판매자의 매출액 일부를 생산자와 공유하는 형태이다. 수익공유계약에서 생산자-공급자의 의사결정 순서는 다음과 같다.

- (1) 생산자가 판매자에게 도매가 w_{rs} 와 수익공유율 ϕ 로 구성된 계약 구조를 제시한다.
- (2) 판매자는 계약을 받아들이고, 수요예측치를 기반으로 일정 수량 Q 를 주문한다.
- (3) 생산자는 주문량을 생산하여 공급하고 $w_{rs}Q$ 만큼의 공급 대금을 받는다.
- (4) 판매자는 판매시즌 동안 제품을 일정한 판매가 p 로 판매한다.
- (5) 시즌이 끝나면 판매자는 단위당 매출액 일부 $(1 - \phi)$ 를 생산자에게 지불한다.
- (6) 판매자는 미판매제품을 재고처리가 s 로 판매한다.

수익공유계약에서 판매자의 기대이익은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \pi_r^{rs} &= \phi pS(Q) + sI(Q) - w_{rs}Q \\ &= (\phi p - w_{rs})Q - (\phi p - s)I(Q) \end{aligned} \quad (13)$$

앞에서와 같이 위 식은 주문량 Q 에 대해 concave 함수이므로, 수익공유계약에서의 최적 주문량 Q_b^* 는 아래와 같다.

$$Q_{rs}^* = F^{-1}\left(\frac{\phi p - w_{rs}}{\phi p - s}\right) \quad (14)$$

수익공유계약이 최적조정계약이 되기 위해서는 식 (14)와

식 (6)에서 $\frac{\phi p - w_{rs}}{\phi p - s} = z^*$ 의 관계가 성립되어야 한다. 이를 w_{rs} 에 대해서 정리하면 다음의 관계가 성립한다.

$$w_{rs} = \phi(1 - z^*)p + sz^* \quad (15)$$

식 (15)을 이용하여 식 (13)을 다시 정리하면 아래와 같다.

$$\pi_r^{rs} = (\phi p - s)(z^*Q - I(Q)) \quad (16)$$

식 (15)와 식 (16)으로부터 최적조정계약에서는 수익공유율 ϕ 가 증가하면 공급가 w_{rs} 가 증가하고, 판매자의 기대이익도 증가함을 알 수 있다.

4.3 반품계약과 수익공유계약 모형의 계약 파라미터 관계 분석

최적조정계약 환경에서 반품계약과 수익공유계약은 식 (6)에서의 최적 생산주문량과 동일한 제품 수량을 주문한다. 판매량과 미판매량에 대해 각 계약에서의 비용과 수익을 고려해 보면, 우선 반품계약 하에서 판매자는 판매된 제품에 대해서 제품 한 단위당 $p - w_{bb}$ 만큼의 이익이 발생하고, 미판매재고량에 대해서는 $w_{bb} - b$ 만큼의 손해를 입게 된다. 반면에, 수익공유계약 형태에서는 판매자는 판매된 제품에 대해서 제품 한 단위당 $\phi p - w_{rs}$ 만큼의 이익이 발생하고 미판매재고에 대해서는 $w_{rs} - s$ 만큼 손해보게 된다. <Table 2>는 반품계약과 수익공유계약 환경에서 판매량과 미판매량에 대한 단위당 손익 규모를 보여주고 있다.

Table 2. Retailer's Profit and Loss under BB and RS Contracts

	Retailer's profit/loss in BB contract	Retailer's profit/loss in RS contract
Per-unit profit for sold products	$p - w_{bb}$	$\phi p - w_{rs}$
Per-unit loss for unsold products	$w_{bb} - b$	$w_{rs} - s$

이 두 계약이 최적조정계약 하에서 동일한 이익구조를 갖기 위해서는 다음의 관계가 성립되어야 한다.

$$p - w_{bb} = \phi p - w_{rs} \quad (17)$$

$$w_{bb} - b = w_{rs} - s \quad (18)$$

식 (17)과 식 (18)로부터 최적조정계약 하에서 ϕ 와 b 사이에는 다음과 같은 관계식이 도출된다.

$$b = (1 - \phi)p + s \quad (19)$$

위 식으로부터 최적조정계약 하에서 수익공유계약에서의 단위당 수익공유금액 ($= \phi p$)이 증가하면 같은 수익구조를 만족하기 위해서 반품가 b 는 동일한 금액만큼 감소해야 함을 알 수 있다.

4.4 반품계약과 수익공유계약 모형의 이익 변동성 분석

위에서 기술한 반품계약과 수익공유계약 모형은 공급망 참여자들이 모두 위험중립이라는 가정을 하고 있다. 이번 절에서는 공급망 참여자들의 위험성향이 위험중립형이 아닌 경우에 MV 모형을 기반으로 한 연구에서 공통적으로 이용하는 이익의 변동성 (분산)에 대해 최적조정 계약 상황에서 반품계약과 수익공유계약의 관계에 대해 분석한다.

공급망의 수익은 판매량 $\min(x, Q)$ 에 의해 결정되므로 수익에 대한 분산을 구하기 위해 우선 Q 를 주문했을 때의 판매량에 대한 분산 $\xi(Q)$ 을 구한다. 판매량은 주문량에서 미판매량 $(Q - x)^+$ 을 제외한 수량, 즉 $\min(x, Q) = Q - (Q - x)^+$ 이므로, 판매량의 분산은 미판매량의 분산과 동일하다. 즉,

$$\begin{aligned} \xi(Q) &= V[\min(x, Q)] = E[(Q - x)^+] - E[(Q - x)^+]^2 \\ &= E[(Q - x)^+]^2 - [E(Q - x)^+]^2 \end{aligned}$$

여기서, $E[(Q - x)^+]^2 = \int_0^Q (Q - x)^2 f(x) dx = 2 \int_0^Q (Q - x) F(x) dx$ 이고 $E(Q - x)^+ = I(Q) = \int_0^Q F(x) dx$ 이므로, 판매량의 분산 $\xi(Q)$ 은 다음과 같이 표현된다.

$$\xi(Q) = 2 \int_0^Q (Q - x) F(x) dx - \left[\int_0^Q F(x) dx \right]^2 \quad (20)$$

위의 식에서 판매량의 분산은 주문량과 수요의 함수임을 알 수 있다. 반품계약 상황에서 판매자의 이익은 $p \min(x, Q) + b(Q - x)^+ - w_{bb}Q = (p - b) \min(x, Q) - (w_{bb} - b)Q$ 이므로 주문량 Q 가 주어졌을 상황에서 이익의 표준편차 σ_r^{bb} 는 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \sigma_r^{bb} &= \sqrt{V[(p - b) \min(x, Q) - (w_{bb} - b)Q]} \\ &= (p - b) \sqrt{\xi(Q)} \end{aligned} \quad (21)$$

같은 방법으로 수익공유계약 상황에서 판매자의 이익은 $\phi p \min(x, Q) + s(Q - \min(x, Q)) - w_{rs}Q = (\phi p - s) \min(x, Q) - (w_{rs} - s)Q$ 이므로 이익의 표준편차 σ_r^{rs} 는 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \sigma_r^{rs} &= \sqrt{V[(\phi p - s) \min(x, Q) - (w_{rs} - s)Q]} \\ &= (\phi p - s) \sqrt{\xi(Q)} \end{aligned} \quad (22)$$

최적조정계약에서의 b 와 ϕ 의 관계를 나타내는 식 (19)를 만족하는 계약을 설계하면 식 (21)과 식 (22)는 동일한 값을 갖는다는 것을 알 수 있다. 즉, 최적조정계약 환경에서 반품계약과 수익공유계약의 이익의 표준편차는 아래와 같이 동일하다.

$$\sigma_r^{bb} = \sigma_r^{rs} \quad (23)$$

4.5 주어진 이익분배 비율을 만족하는 계약 파라미터

공급망 전체 이익에서 구매자가 갖는 이익의 비율로 정의되는 구매자 이익분배율은 공급망에서의 시장교섭력(bargaining power)에 의해서 결정된다. 만일 판매자가 높은 시장교섭력을 보유하게 되면 판매자 이익분배율은 높게 된다. 본 섹션에서는 이익분배율과 공급계약 파라미터들 간의 관계를 규명한다. 공급망 전체 이익 중 판매자에게 귀속되는 이익의 분배비율을 α 라고 하자: $\alpha = \pi_r / \pi_{sc}$. 이익분배율이 주어진 공급망 환경에서 반품계약에서의 최적조정 반품가격과 공급가는 식 (3), 식 (11), 식 (12)를 이용하여 아래와 같이 구할 수 있다.

$$b = p - \alpha \frac{(p-c)Q - (p-s)I(Q)}{z^*Q - I(Q)} = (1-\alpha)p + \alpha s; \quad (24)$$

$$w_{bb} = p - z^*(p-b) = p - \alpha(p-c)$$

현실적으로 공급망 구성원 간의 계약이 성립되기 위해서는 공급망 구성원 모두 수익이 발생해야 하므로 $0 < \alpha < 1$ 조건이 성립되어야 한다. 대상 공급망 환경에서 $p > c > s$ 가 성립되므로 반품계약에서 이익분배율 α 가 증가하면 최적조정반품가 b 와 공급가 w_{bb} 는 둘 모두 감소함을 식 (24)로부터 알 수 있다. 최적조정계약 환경에서 $\alpha=0$ 인 경우 $b=p$ 이고 $\alpha=1$ 인 경우 $b=s$ 이므로, 식 (24)로부터 최적조정계약에서 반품가 b 와 공급가 w_{bb} 의 범위는 아래와 같다는 것을 알 수 있다.

$$s < b < p; c < w_{bb} < p \quad (25)$$

또한, 수익공유계약에서 반품계약과 동일한 이익분배율을 만족하기 위한 수익공유비율 ϕ 과 최적공급가 w_{rs} 는 식 (15), 식 (19), 식 (24)를 이용하면 다음과 같다.

$$\phi = \alpha + (1-\alpha)s/p; w_{rs} = \alpha c + (1-\alpha)s \quad (26)$$

식 (26)에서 수익공유비율 ϕ 과 최적공급가 w_{rs} 는 이익분배율 α 에 대하여 증가함수이므로, $0 < \alpha < 1$ 조건이 성립되기 위해서는 최적수익공유비율과 최적공급가의 범위는 아래와 같아야 한다.

$$s/p < \phi < 1; s < w_{rs} < c \quad (27)$$

이익배분비율이 주어진 상황에서 반품계약 공급가 w_{bb} 와 수익공유계약 공급가 w_{rs} 는 식 (24)와 식 (26)으로부터 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$w_{bb} = w_{rs} + (1-\alpha)(p-s) \quad (28)$$

위 식은 이익배분비율이 주어진 최적조정계약 상황에서 반품계약 공급가는 수익공유계약 공급가보다 커야 한다는 것을 보여준다.

4.6 반품계약과 수익공유계약의 자본흐름 비교

앞에서 반품계약과 수익공유계약 두 모형은 최적조정계약 상황에서 생산자와 판매자 모두 동일한 수익을 가져다줄음을 보였다. 그러나 자본 흐름의 측면에서는 이 두 계약이 시점 별로 다른 자본흐름이 발생한다는 것을 알 수 있다. 공급에 대한 거

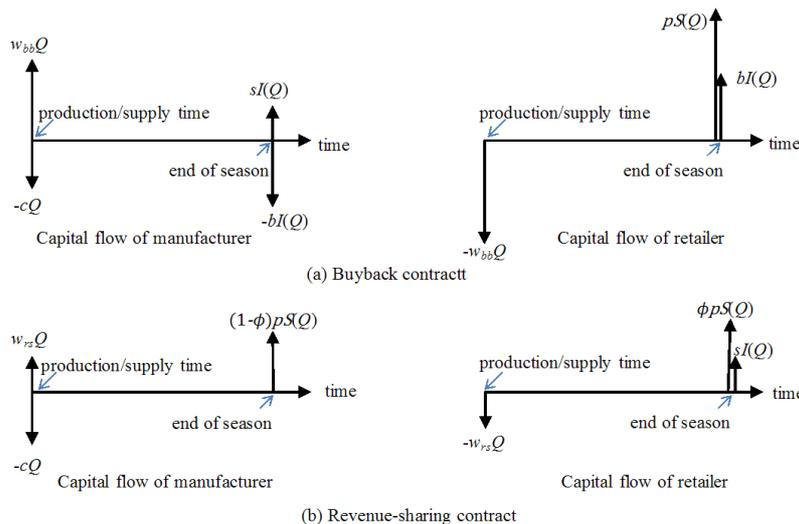


Figure 1. Supply Chain Scenario for Experimental Analysis

래금액은 계약 당시 또는 물품을 공급하는 시점에서 현금흐름이 발생하고, 미판매재고 처분과 반품 및 수익공유에 의한 현금흐름은 판매시즌이 종료된 후에 현금흐름이 발생한다. <Figure 1>은 생산자와 판매자의 시점별 기대되는 자본흐름을 보여주고 있다. 생산자의 입장에서 보면 반품계약은 초기에 수익(양의 자본흐름)이($w_{bb} > c$ 이므로) 발생하고 미판매재고 량에 따라 판매시즌 말에 비용(음의 자본흐름)이($b > s$ 이므로) 발생하는 반면, 수익공유 계약은 초기에 비용이 발생하고($w_{rs} < c$ 이므로) 판매시즌 말에 수익이 발생한다. 판매자의 입장에서 초기에 반품계약이 수익공유계약보다 더 많은 비용이 발생하고 반대로 판매시즌 말에 상대적으로 더 많은 수익이 발생한다. 따라서 자본의 시간적 가치와 기회비용을 감안하면 생산자는 초기에 수익이 많은 반품계약이 유리하고 판매자는 초기에 비용이 적은 수익공유계약이 유리하다고 할 수 있다.

5. 수치 실험을 통한 예시

이번 장에서는 앞에서 제시한 반품계약과 수익공유계약의 관계를 수치실험을 통하여 보여주고자 한다. 대상으로 하는 기본 시나리오는 Koo(2020)가 제시한 것과 동일하게 수요 X의 분포는 $X \sim \text{unif}(100, 300)$ 인 균일분포(uniform distribution)를 따르고, 가격 및 비용 데이터는 다음과 같다고 가정한다: $p = 60, c = 20, s = 10$.

대상 시스템의 글로벌 최적 주문량을 구하기 위하여 z^* 값을 우선 계산하고($z^* = \frac{p-c}{p-s} = 0.8$) 이를 이용하여 통합시스템에서의 최적 생산량을 식(6)에 의해 구한다: $Q_{sc}^* = F^{-1}(z^*) = 260$. 이때 기대되는 판매량과 미판매재고량은 식(1)과 식(2)에 의해 각각 196.0과 64.0이고 따라서 기대되는 공급망 전체의 이익은 식(3)에 의해 7,200이라는 것을 알 수 있다. 만일 공급망이 서로 독립적인 생산자와 판매자로 구성된 경우에 공급가를 생산비 20에 15를 추가한 35로 주어진 도매계약을 체결한다면, 판매자는 식(8)에 의해 200을 주문하게 된다. 이 결과는 판매자 3,750, 생산자 3,000의 이익을 가져다 주게 되어, 공급망 총 이익은 6,750이 되고, 이는 중앙의사결정 시스템에서의 최대 기대이익인 7,200보다 450만큼 감소됨을 의미한다. <Figure 2>는 생산량(주문량)별로

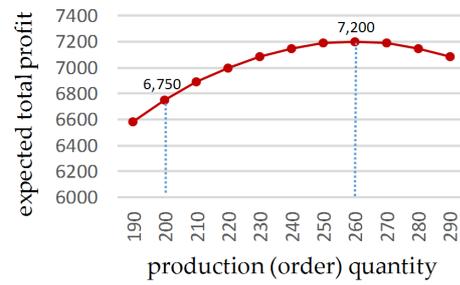


Figure 2. Expected Profit of the Supply Chain over Varying Production (Order) Quantity

공급망의 총 기대이익을 보여준다. 공급망 총이익은 식(5)에 의해 구해진 글로벌 최적 생산량 260에서 기대이익은 7,200으로 최대가 되고, 도매계약에서 공급가가 35인 경우에 판매자의 입장에서 최적주문량인 200을 주문생산하면 이중마진현상에 의한 공급망 비효율성으로 인하여 총이익이 6,750으로 감소한다는 것을 볼 수 있다. 본 논문에서 다루는 반품계약과 수익공유계약은 이와 같은 이중마진문제를 해결하기 위하여 판매자로 하여금 통합시스템에서의 결정과 동일한 량을 주문하도록 유도한다.

<Table 3>은 반품계약에서 최적조정 공급계약을 유도하는 계약 파라미터와 그 결과로 얻어지는 공급망 참여자의 기대이익을 보여준다. 식(11)에서 보듯이 반품계약을 통해 공급망 최대의 이익을 실현하기 해서 무수히 많은 파라미터 조합이 존재한다. 예를 들어 <Table 3>에서 공급가 28과 반품가 20으로 이루어진 반품계약과 공급가 52와 반품가 50으로 이루어진 공급계약 모두 공급망 최대이익인 7,200을 달성할 수 있음을 보이고 있다. 또한 공급가와 반품가의 조합에 따라 생산자, 판매자의 이익 분배가 다를 수 있다. 예를 들어 공급가 28과 반품가 20으로 이루어진 반품계약에서는 공급망 총이익의 80%를 판매자가 가져가고, 공급가 52와 반품가 50으로 이루어진 공급계약에서는 공급망 총이익의 20%만이 판매자의 몫이라는 것을 보여준다. <Table 3>에서 최적조정계약 하에서는 반품가를 한단위 올리면, 공급가 w_{bb} 는 z^* 만큼 증가함을 확인할 수 있다(이 예에서 $z^* = 0.8$ 이므로 반품가격이 5.0 증가할 때 공급가격은 $0.8 \times 5.0 = 4.0$ 증가됨). 또한 식(12)에서 언급한 것과 같이 최적조정 반품계약 하에서 공급가격과 반품가격이 증가할수록 판매자의 이익은 감소하고 생산자의 이익은 증가한다는 것을 알 수 있다.

Table 3. Coordinated Contract Parameters (w_{bb}, b) and Resulting Profit under buy-back Contract

공급가격, w_{bb}		28.0	32.0	36.0	40.0	44.0	48.0	52.0
반품가격, b		20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
기대이익	판매자, π_r^{bb}	5760.0	5040.0	4320.0	3600.0	2880.0	2160.0	1440.0
	생산자, π_m^{bb}	1440.0	2160.0	2880.0	3600.0	4320.0	5040.0	5760.0
	공급망, π_{sc}^{bb}	7200.0	7200.0	7200.0	7200.0	7200.0	7200.0	7200.0
	이익분배율, α	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2

<Table 4>는 수익공유공급계약에서 최적조정 공급계약을 유도하는 계약 파라미터와 그 결과로 얻어지는 공급망 참여자의 기대이익을 보여준다. 반품계약과 마찬가지로 수익공유계약에서도 최적조정계약을 만족시키는 수많은 최적 파라미터 조합이 존재하고, 어떤 계약 조건을 선택하는가에 따라 생산자와 판매자의 이익분배 비율이 결정됨을 볼 수 있다. 최적조정 수익공유공급계약 하에서는 반품계약일 때와는 다르게 공급가격이 증가할수록 판매자의 이익은 증가하고 생산자의 이익은 감소한다는 것을 알 수 있다.

<Table 5>는 공급망 참여자들 간의 이익 분배율이 주어진 경우 반품계약과 수익공유계약의 최적 파라미터와 그들간의 관계, 그리고 계약 결과 각 참여자 이익의 표준편차를 보여준다. 예를 들어 이익분배율이 40%인 경우에 공급가격과 최적조정반품가의 조합은 $(w_{bb}, b) = (44.0, 40.0)$ 이고, 이에 해당하는 수익공유계약에서의 공급가와 수익공유비율은 수익공유비율은 $(w_{rs}, \phi) = (14.0, 0.5)$ 이다. <Table 5>는 또한 반품계약과 수익공유계약에서 이익분배율이 주어진 상태에서 최적조정 계약의 이익 변동성(표준편차)을 보여주고 있다. 예를 들어 이익분배율이 40%인 경우에 식 (21)과 식 (22)로부터 판매자의 이익 표준편차는 $\sigma_r^{bb} = \sigma_r^{rs} = 1,567.7$ 이고 $\sigma_m^{bb} = \sigma_m^{rs} = 1,045.1$ 으로, 이익분배율이 동일하면 최적조정계약환경에서 반품계약과 수익공유계약 모두 동일한 이익 변동성을 가져다 준다는 것을 확인할 수 있다. 또한, 공급망 전체 이익의 변동성은 공급자와 생산자 변동성을 합하면 일정한 값, 즉 2,612.8이 됨을 알 수 있다. 이는 Choi(2008)가 주장한 각 참여자의 표준편차의 합이 전체 이익의 표준편차와 같다는 것을 확인해 주고 있다.

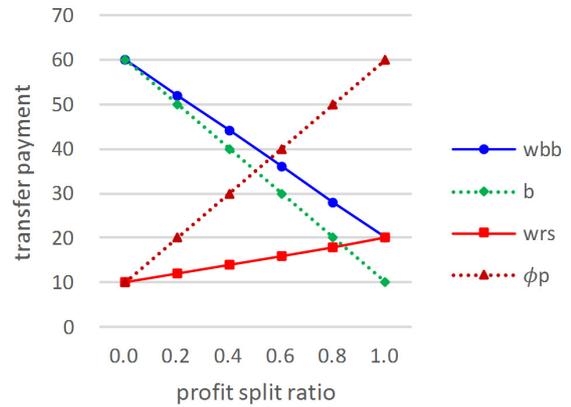


Figure 3. Contract Parameters for BB and RS Contracts over Various Profit Split Ratios

<Figure 3>은 공급망 참여자의 이익분배율별로 최적조정계약하에서 반품계약과 수익공유계약의 계약 파라미터가 어떻게 변하는지를 보여주고 있다. 여기서, 수익공유와 관련된 지표로는 수익공유비율 ϕ 와 판매가를 곱하여 (즉, ϕp) 단위당 수익공유가격으로 나타내었다. 양 극단의 경우, 즉 공급망 이익 전체가 생산자에게 귀속되게 하려면 (즉, $\alpha = 0$) 계약 파라미터 조합이 반품계약에서는 $(w_{bb}, b) = (60, 60)$, 수익공유계약에서는 $(w_{rs}, \phi p) = (10, 10)$ 이 되어야 하고, 반대로 모든 이익이 판매자에게 귀속되게 하려면 (즉, $\alpha = 1$) 반품계약에서는 $(w_{bb}, b) = (20, 10)$, 수익공유계약에서는 $(w_{rs}, \phi p) = (20, 60)$ 이 되어야 한다는 것을 보여주고 있다. 따라서, 본 시나리오에서 현실적으로 최적조정계약 상황에서 계약 파라미터들의 범

Table 4. Coordinated Contract Parameters (w_{rs}, ϕ) and Resulting Profit under Revenue-sharing Contract

공급가격, w_{rs}		12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0
수익공유비율(판매자), ϕ		0.333	0.417	0.500	0.583	0.667	0.750	0.833
기대이익	판매자, π_r^{rs}	1440.0	2160.0	2880.0	3600.0	4320.0	5040.0	5760.0
	생산자, π_m^{rs}	5760.0	5040.0	4320.0	3600.0	2880.0	2160.0	1440.0
	공급망, π_{sc}^{rs}	7200.0	7200.0	7200.0	7200.0	7200.0	7200.0	7200.0
	이익분배율, α	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8

Table 5. Contract Parameters and Resulting Profit Variability under Given Profit Distribution Ratios

공급망 이익분배율, α		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
반품계약	공급가격, w_{bb}	52.0	48.0	44.0	40.0	36.0	32.0	28.0
	반품가격, b	50.0	45.0	40.0	35.0	30.0	25.0	20.0
	이익표준편차(판매자), σ_r^{bb}	522.6	783.8	1045.1	1306.4	1567.7	1829.0	2090.2
	이익표준편차(생산자), σ_m^{bb}	2090.2	1829.0	1567.7	1306.4	1045.1	783.8	522.6
수익공유계약	공급가격, w_{rs}	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0
	수익공유율, ϕ	0.333	0.417	0.500	0.583	0.667	0.750	0.833
	이익표준편차(판매자), σ_r^{rs}	522.6	783.8	1045.1	1306.4	1567.7	1829.0	2090.2
	이익표준편차(생산자), σ_m^{rs}	2090.2	1829.0	1567.7	1306.4	1045.1	783.8	522.6

위는 반품계약에서는 $10 < b < 60$ 와 $20 < w_{bb} < 60$ 이고, 수익 공유계약에서는 $0.167 < \phi < 1.0$ (즉, $10 < \phi p < 60$)과 $10 < w_{rs} < 20$ 이고, 이 결과는 식 (25)와 식 (27)에서 보여준 최적조정계약 상황에서 각 파라미터들이 가질 수 있는 범위를 확인시켜 주고 있다.

6. 결론

본 논문에서는 제품을 공급하는 공급자와 이를 공급받아 판매하는 판매자로 구성된 2단계 공급망에서의 공급계약을 대상으로 하여, 대표적인 최적조정계약 방법, 즉 반품계약과 수익공유계약에 대해 최적조정계약이 되기 위해서 계약 파라미터들이 어떻게 설계되는지를 소개하였다. 반품계약에서 반품가와 공급가와와의 관계, 수익공유계약에서의 수익공유율과 공급가의 관계를 분석하였다. 또한 공급망 참여자 간의 시장교섭력이 주어진 상황에서 이익 분배비율을 만족하기 위해서 반품계약과 수익공유계약에서 계약 파라미터를 어떻게 설계해야 하는지와 현실적인 공급망 환경에서 계약 파라미터가 가질 수 있는 범위에 대한 분석 결과를 보여주었다. 특히, 최적조정계약에서 두 계약방식의 파라미터 간의 관계를 분석하여 계약 파라미터를 적절히 설계하면 두 공급계약 형태는 공급망 각 참여자 이익의 기댓값뿐만 아니라 변동성에 있어서도 동일한 결과를 제공함을 보였다. 두 계약형태의 이익 변동성에 대한 결과는 공급망 참여자들 각각의 위험대처성향에 따라 계약을 설계하기 위해 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 결론적으로 본 논문은 반품계약과 수익공유계약이 계약조건을 적절히 설계하면 기대되는 이익뿐만 아니라 이익의 위험성(변동성)에 있어서도 두 계약 형태가 근본적으로 차이가 없다는 것을 보여주었다. 단, 자본흐름의 발생시점이 다른 경우를 고려하면 공급망 참여자 각각의 선호 계약이 존재할 수 있음을 소개하였다. 본 연구의 결과는 학계나 산업계에서 최적 공급계약의 설계 및 선택에 있어 중요한 인사이트 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

반품계약과 수익공유계약은 운영상 다소의 차이가 존재할 수 있다. 예를 들어 반품 계약에서는 반품과 관련된 추가적인 로지스틱 비용을 고려해야 하고, 수익공유계약은 판매자의 매출 정보를 생산자와 공유해야 한다는 조건을 만족해야 한다. 두 계약형태의 자본 흐름 시점이 동일하지 않은 상황은 기회비용과 금융위험 체감 정도에 영향을 주며, 복수의 국가가 연관된 계약이라면 현금흐름 시점과 관련된 환율위험 문제도 중요한 고려사항이다. 이러한 내용을 추가로 고려하여 본 연구를 확장할 수 있을 것으로 기대된다. 최근에 유연한 공급계약으로서 옵션을 기반으로 한 공급계약이 여러 연구자들에 의해 연구되고 있다(Zhao et al., 2018; Zhuo et al., 2018). 반품계약/수익공유계약과 옵션계약의 관계에 대한 명확한 규명 또한 향후 연구되어야 할 분야이다.

참고문헌

- Bart, N., Chernonog, T., and Avinadav, T. (2019), Revenue Sharing Contracts in a Supply Chain: A Literature Review, *IFAC-Papers OnLine*, **52**(13), 1578-1583.
- Becker-Peth, U. W. and Thonemann, U. W. (2016), Reference Points in Revenue Sharing Contracts: How to Design Optimal Supply Chain Contracts, *European Journal of Operational Research*, **249**(3), 1033-1049.
- Cachon, G. P. (2003), Supply Chain Coordination with Contracts, *Handbooks Operations Research and Management Science: Supply Chain management*, Edited by Steve Graves and Ton de Kok, North-Holland, 229-340.
- Cachon, G. P. and Lariviere, M. A. (2005), Supply Chain Coordination with Revenue-Sharing Contracts: Strengths and Limitations, *Management Science*, **51**(1), 30-44.
- Chiu, C. H. and Choi, T. M. (2016), Supply Chain Risk Analysis with Mean-variance Models: A Technical Review, *Annals of Operations Research*, **240**, 489-507.
- Choi, T. M. and Guo, S. (2020), Is a 'Free Lunch' a Good Lunch? The Performance of Zero Wholesale Price-based Supply-chain Contracts, *European Journal of Operational Research*, **285**, 237-24.
- Choi, T. M., Li, D., and Yan, H. (2008a), Mean-variance Analysis of a Single Supplier and Retailer Supply Chain under a Returns Policy, *European Journal of Operational Research*, **184**(1), 356-376.
- Choi, T. M., Li, D., and Yan, H. (2008b), Mean-variance Analysis for the Newsvendor Problem, *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics - Part A Systems and Humans*, **38**(5), 1169-1180.
- Giovanni, P. D. Karray, S., and Martin-Herran, G. (2019), Vendor Management Inventory with Consignment Contracts and the Benefits of Cooperative Advertising, *European Journal of Operational Research*, **272**(216), 465-480.
- Kahneman, D. and Tversky, A. (1979), Prospect Theory: An analysis of Decision Under Risk, *Econometrica*, **47**(2), 263-291.
- Koo, P. H. (2020), A New buy-back Contract Model for a Two-echelon Supply Chain, *Journal of the Korean Management Engineers Society*, **25**(3), 2020, 25-37.
- Li, W. and Chen, J. (2020), Manufacturer's Vertical Integration Strategies in a Three-tier Supply Chain, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **135**, 101884, <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101884>.
- Liu, X., Luo, G., and Xu, X. (2022), Optimal Purchasing Decisions with Supplier Default in Portfolio Procurement, *Mathematics*, **10**, 3155.
- Liu, Y. (2015), Buy-back and Revenue-sharing Contracts in Global Supply Chain, *Journal of Industrial Engineering and Management*, **8**(4), 1218-1235.
- Lu, F., Zhang, X., and Tang, W. (2019), Wholesale Price Contract Versus Consignment Contract in a Supply Chain Considering Dynamic Advertising, *International Transactions in Operational Research*, **26**, 1977-2003.
- Luo, G., Liu, X., and Chan, F. T. S. (2023), Optimal Ordering Decisions in Portfolio Procurement Considering Spot Price Fluctuation, *Sustainability*, **15**, 11169.
- Momeni, M., Jain, V., Govindan, K., Mostofi, A., and Fazel, S. (2022), A Novel buy-back Contract Coordination Mechanism for a Manufacturer-retailer Circular Supply Chain Regenerating Expired Products, *Journal of Cleaner Production*, **375**, 133319.

- Niederhoff, J. A. and Kouvelis, P. (2019), Effective and Necessary: Individual Supplier Behavior in Revenue Sharing and Wholesale Contracts, *European Journal of Operational Research*, **277**(3), 1060-1071.
- Niu, B., Chen, L., Zhuo, X., and Yue, X., (2018), Does buy-back Induce More Fashion Sub-sourcing? Contract Property and Performance Analysis, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **113**, 22-37.
- Pan, K., Lai, K. K., Leung, S. C. H., and Xiao, D. (2010), Revenue-sharing Versus Wholesale Price Mechanisms under Different Channel Power Structures, *European Journal of Operational Research*, **203**(2), 532-538.
- Pasternack, B. A. (1985), Optimal Pricing and Return Policies for Perishable Commodities, *Marketing Science*, **4**(2), 166-176.
- Shen, B., Choi, T., and Minner, S. (2019), A Review on Supply Chain Contracting with Information Considerations: Information Updating and Information Asymmetry, *International Journal of Production Research*, **57**(15-16), 4898-4936, <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1467062>.
- Stuckey, J. and White, D. R. (1993), When and when not to Vertically Integrate, *MIT Sloan Management Review*, **34**(3).
- Su, X. (2009), Consumer Returns Policies and Supply Chain Performance, *Manufacturing & Service Operations Management*, **11**(4), 595-612.
- Taylor, T. A. (2002), Supply Chain Coordination under Channel Rebates with Sales Effort Effects, *Management Science*, **48**(8), 992-1007.
- Tsay, A. A. (2002) Risk Sensitivity in Distribution Channel Partnerships: Implications for Manufacturer Return Policies, *Journal of Retailing*, **78**(2), 147-160.
- Zhang, Y., Donohue, K., and Cui, T. H. (2016), Contract Preferences and Performance for the Loss-averse Supplier: Buyback vs. Revenue Sharing, *Management Science*, **62**(6), 1734-1754.
- Zhang, S., Tong, X., and Jin, X. (2023), Contract Design and Comparison under the Opportunity Cost of Working Capital: Buyback vs. Revenue Sharing, *European Journal of Operational Research*, **309**(2), 845-856.
- Zhao, Y., Choi, T. M., Cheng, T. C. E., and Wang, S. (2018), Supply Option Contracts with Spot Market and Demand Information Updating, *European Journal of Operational Research*, **266**(3), 1062-1071.
- Zhuo, W., Shao, L., and Yang, H. (2018), Mean-variance Analysis of Option Contracts in a Two-echelon Supply Chain, *European Journal of Operational Research*, **271**(2), 535-547.

저자소개

구평희 : 한양대학교 산업공학과에서 학사, 미국 Purdue 대학교 산업공학 석, 박사 학위를 취득하였다. 1999년부터 부경대학교 시스템경영안전공학부 교수로 재직 중이다. 연구분야는 공급망 관리, 생산물류경영, 시스템최적화이다.