

삼단계 공급망에서 이차 협력업체의 품질 향상을 위한 보상 방안

유승호(제1저자)

선문대학교 경영학과 부교수
(shy1228@sunmoon.ac.kr)

이평수(교신저자)

고려대학교 경영대학 박사과정
(pyoungsoo@korea.ac.kr)

본 연구는 구매업체-일차 공급업체-이차 공급업체로 이루어진 삼단계 공급망 하에서 공급업체의 품질 개선을 촉진하여 공급망 전체의 성과를 개선시키기 위한 보상 방안에 대해 분석한다. 과거 직접적 파트너인 일차 공급업체에 관련된 분석에 집중했던 과거 공급망 연구들과 달리 본 연구는 이차 공급업체의 역량 개선에 집중한다. 또한 삼단계 공급망 하에서 세 구성원들 간 나타날 수 있는 여러 상호작용의 유형을 비교하여 어떠한 방식의 이차 공급업체에의 보상이 공급망 전체의 품질 및 시장 성과, 이익 성과에 최적의 성과를 도출할 수 있는지 밝힌다. 본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다. 공급망 혁신은 공급망 주도업체의 역량에 좌우된다. 구매업체의 재무적 역량이 높을수록 더 높은 수준으로 품질 개선을 촉진할 수 있으며, 어떠한 보상 전략도 품질 및 시장 성과, 이익 등 공급망의 전반적 성과를 향상시키는 데에 도움이 된다. 더 나은 역량을 가진 구매업체가 이차 공급업체를 직접 통제할 경우, 일차 공급업체가 이를 통제하는 경우에 비해 전반적 성과를 더욱 개선시킬 수 있다. 하지만 구매업체의 보상 제공은 구매업체 스스로에게 더 나은 수준의 이익을 항상 보장하지는 않는다. 구매업체의 수익성이 타 공급망 구성원들에 비해 충분히 높은 수준을 유지하는 경우에만 보상의 제공으로 자신의 이익 역시 개선시킬 수 있다. 전반적으로 본 연구는 구매업체-공급업체 간 이단계 공급망의 분석에만 집중하였던 과거 연구들을 확장하고 보다 현실적인 공급망 상황을 고려하여 과거 연구들에서 주목받지 못하였던 이차 공급업체의 역량 개선을 위한 방안을 제시한다.

주제어: 공급망 관리, 삼단계 공급망, 이차 협력업체, 품질 보상, 대리인 이론

1. 서론

현대의 기업 환경 하에서 한 기업이 경영에 필요한 모든 활동을 전담하는 것은 매우 비효율적이며 또한 실질적으로 불가능하다. 그러므로 현대의 경영은 여러 기업이 각각 구매업체, 공급업체 역할을 수행하며 부족한 역량을 상호 교환하는 공급망에 기반하여 이루어지고 있으며, 시간이 흐를수록 극심해져가고 있는 경쟁 상황 하에서 구매업체와 공급업체

간의 협력적 개선 활동과 이를 통한 역량 강화는 공급망 생존을 위한 필수 조건이 되고 있다. 한국의 현대차, 삼성전자, 미국의 애플(Apple), GM, 일본의 토요타(Toyota) 등에서처럼 공급망의 교섭력은 구매업체가 쥐고 있는 경우가 많으며, 이들은 산하의 공급업체들과 협력하여 다양한 개선 활동을 진행해 오고 있다. 이렇게 다양한 공급망 역량 개선 활동 중 가장 중요한 하나는 무엇보다도 협력적 품질개선 활동일 것이다. 제품의 설계 및 마케팅 등 자신의 핵심 역량에만 집중하며 제품 및 부품의 개발 및 생산 등

은 전 세계의 공급업체들에게 전담시키는 미국의 애플, 나이키(Nike), 중국의 샤오미(Xiaomi) 등 현실의 사례를 고려한다면 분산화 시스템의 품질 개선 방안은 최근 더욱 중요하게 연구되어야 할 주제일 것이다.

본 연구는 다양한 협력적 개선 활동 중 구매업체 주도의 품질개선 활동에 초점을 두어 진행한다. 구매업체-일차 공급업체-이차 공급업체가 공존하는 삼단계 공급망을 고려하며, 보상 정책을 통해 이차 공급업체의 품질을 촉진하여 공급망 전체의 역량을 더욱 높은 수준으로 개선할 수 있는 방법은 무엇인지 분석하는 것이 본 연구의 목적이다. 연구의 방법론으로는 공급망 구성원들 간의 협력적 상호작용을 다루는 데에 가장 적합한 대리인 이론(principal-agent paradigm)을 활용하여 수학 모형을 구성할 것이다. 과거 다양한 연구들이 대리인 이론을 활용한 여러 형태의 공급망 개선 활동을 다룬 바 있으나, 대부분의 연구들은 구매업체와 일차 공급업체의 두 구성원만이 존재하는 이단계 공급망 상황을 가정하였다(Nagarajan과 Sošić, 2008; Choi와 Wu, 2009; Yan 등, 2015). 전체적 성과가 전략적 파트너인 일차 공급업체의 역량에 크게 좌우되는 일반적 상황에서 이러한 연구방향은 합리적 선택으로 볼 수 있다. 하지만 일차 공급업체 역시 하위의 이차 공급업체와 구매업체-공급업체 관계를 맺고 있으므로 일차 공급업체 및 구매업체, 그리고 공급망 전체의 성과는 결국 이차 공급업체의 역량에 역시 영향을 받는다. 예를 들어 애플 공급망의 경우 계약생산업체(CM, contract manufacturer)인 대만의 팍스콘(Foxconn)이 아이폰(iPhone) 생산을 대행하며, 애플과 구매업체-일차 공급업체 관계를 유지하고 있다. 2013년 가을 애플은 아이폰 5S에 신기술인 지문인식센서를 채용하였으나 해당 부품을 생산하는

이차 공급업체인 TSMC(Taiwan Semiconductor Manufacturing Company)의 70-80%에 그치는 낮은 수율로 인해 신제품 출시 초기에 생산 및 판매에 큰 차질을 빚은 바 있다(International Business Times, 2014). 반면 토요타의 경우 차체 외관용 특수 필름 기술을 보유한 이차 공급업체를 주요 관리 대상으로 구분하고 있다(Yan 등, 2015). 이는 자동차의 주요 기능에 영향을 미치는 것은 아니지만 토요타는 이 기술이 향후 미래 주요 혁신의 원천으로 자리 잡을 것으로 확신하고 있는 것이다.

공급망 구성원들 간의 관계와 상호작용 역시 공급망 전체의 성과에 영향을 미친다(김진백과 신세은, 2015; 허대식과 김효진, 2015). 일차 공급업체의 이차 공급업체 관리 역량은 공급망 성과의 전체적 개선을 위해 매우 중요하며, 구매업체 역시 보다 넓은 시각을 가지고 하부 공급업체들을 어떻게 통합적으로 모니터링하고 관리할 것인지 관심을 가져야 할 것이다(Choi와 Linton, 2011; Yan 등, 2015; 정의범 등, 2015). 본 연구는 공급망 상 최소 구성 단위를 두 개의 노드(node)로 간주하여 두 업체 간 협력 활동의 분석에 집중했던 과거의 연구들을 확장하여 구매업체-일차 공급업체-이차 공급업체의 세 업체가 존재하는 삼단계 공급망 상에서의 품질개선 활동을 분석한다. 이는 한 업체가 다른 업체에 미치는 직접적 영향을 분석하는 데에 그치지 않고, 업체들 간의 연결 관계가 다른 업체들 간의 관계에 미치는 영향 역시 통합적으로 분석하기 위함이며, 이를 위해 공급망 분석을 위한 네트워크 구성단위는 세 개의 노드가 되는 것이 보다 합리적일 것이다(Choi와 Wu, 2009).

본 연구는 이차 공급업체의 품질 역량이 공급망 성과가 좌우되는 삼단계 공급망 상에서 구매업체-이차 공급업체 간 또는 일차 공급업체-이차 공급업체

간 등 다른 경로로 나타날 수 있는 여러 형태의 품질 보상 전략을 분석하고 이들의 비교를 통해 최고의 성과를 달성하기 위한 최적의 보상 전략은 무엇인지 알아볼 것이다. 구체적으로는 품질 보상에 따라 달리 나타나는 품질 성과, 시장 성과, 공급망 전체의 이익 및 구성원들의 이익 성과를 비교하여 각 보상 전략의 특성을 밝힐 것이며, 이를 통해 여러 구성원들이 복잡하게 얽혀 있는 현실의 공급망 경영에 도움이 될 시사점을 제공하고자 한다.

II. 이론적 배경

본 연구의 수학적 모형은 대리인 이론을 기반으로 구성된다. 대리인 이론은 분산화 시스템 하에서 주인(principal)이 대리인(agent)에게 자신의 권한을 이양했을 경우 대리인의 행동을 어떻게 통제하여 전체 시스템의 성과를 개선시킬 수 있을지를 분석하는 데에 유용한 틀을 제공한다(Simchi-Levi 등, 2004; Gibbons, 2005). 분산화 시스템 내에서 주인은 대리인의 행동을 완벽히 관찰하고 통제할 수 없기 때문에 도덕적 해이가 발생하여 대리인은 전체 시스템 보다는 자신의 이익을 최대화하려는 기회주의적 행동을 보이게 된다. 이러한 행동을 전체 시스템을 비효율적으로 만들기 때문에 주인은 대리인을 통제하기 위한 보상체계를 고려하여야 한다. 이러한 대리인 이론은 공급망 전체를 이끄는 구매업체(주인)와 품질개선 활동을 수행하는 생산 대행업체인 1차 및 2차 공급업체(대리인)의 관계 하에서 전체 공급망의 더 나은 성과를 위한 2차 공급업체에의 보상 전략은 어떻게 결정되어야 하는지 등 본 연구에서 다루는 주제를 규명하는 데에 가장 적합한 방법론으로

판단된다.

본 연구에서 활용되는 대리인 이론은 1990년대부터 공급망 관리의 다양한 문제들을 다루기 위해 널리 활용되어 왔다(자세한 리뷰는 Simchi-Levi 등(2004), Gibbons(2005) 등을 참조). 더욱이 대리인 이론은 공급망 구성원들 간의 협력적 개선 활동의 분석도구로도 그 활용 범위를 넓혀 가고 있는데, 이들을 살펴보면 협력적 생산성 향상(Balachandran과 Ronen, 1989), 협력적 원가 절감 활동(Yang, 1994; Iyer 등, 2005), 주문 후 응답시간 개선(Ahn 등, 2008), 협력적 서비스 산출물 개선(Roels 등, 2010), 폐쇄형 공급망의 운영 개선(유승호, 2013; 유승호와 손진현, 2015) 등이 있다. 이들 중 본 연구와 직접적으로 관련이 있는 협력적 품질개선 활동을 다룬 연구로는 Baiman 등(2000), Balachandran과 Radhakrishnan(2005), Hwang 등(2006), Hung(2011), Volodymyr와 Christopher(2012) 등이 존재한다.

과거 관련 연구들에 대한 분석과 현대의 공급망 현실 분석을 통해 몇 가지 본 연구의 중요한 기반으로 삼을 수 있는 점들을 도출하였다.

첫째, 상기 과거의 많은 연구들은 다양한 형태의 협력적 공급망 개선 활동을 다루었지만, 이들은 대부분 구매업체-공급업체의 두 업체 간 협력에만 집중하였다. 하지만 이는 두 업체 간의 직접적 상호작용에만 집중한 접근방식으로 두 업체 간의 상호작용이 다른 업체들 간의 상호작용 및 관계에도 영향을 미치는 현실적 공급망 상황을 제대로 반영하였다고 보기에는 미흡하다(Choi와 Wu, 2009; Yan 등, 2015). 그러므로 본 연구에서는 구매업체-일차 공급업체-이차 공급업체의 세 업체가 협력하는 삼단계 공급망 모형으로 과거 연구를 확장하여 공급망 관련 앞으로의 연구에 중요한 틀을 제공하고자 한다. 본

연구는 하위 공급업체들을 통합한 새로운 시각을 제시하여 기업 경영 성과를 더욱 개선시킬 수 있는 새로운 방향을 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

둘째, 과거 Baiman 등(2000), Balachandran과 Radhakrishnan(2005), Hwang 등(2006), Hung(2011), Volodymyr와 Christopher(2012)는 본 연구와 유사하게 협력적 공급망 품질개선 활동에 대해 다루었다. 하지만 이들은 구매업체-공급업체의 두 업체 관계에만 집중하였으므로 나타날 수 있는 성과공유의 방식은 두 업체 간의 한 가지 경로로 정해져 있었으며, 여러 업체를 동시에 고려하여 나타날 수 있는 다양한 성과공유 경로의 제시는 애초에 불가능하였다. 본 연구는 이를 세 업체 간의 협력적 연결 관계로 확장시키고, 과거 연구들에서 간과되었던 이차 공급업체에의 보상 전략을 통한 공급망 전체의 성과 개선 방안을 제시하도록 한다.

셋째, Baiman 등(2000), Balachandran과 Radhakrishnan(2005), Hwang 등(2006), Volodymyr와 Christopher(2012) 등 과거 연구들은 본 연구와 유사하게 공급망의 협력적 품질 활동을 다루었으나, 품질 개선에 대한 보상 제공을 통한 협력이 아닌 품질 실패에 대한 페널티(penalty)의 부과를 통해 공급망 전체의 품질 역량을 강화하는 방식을 연구하였다. 공급업체의 품질 실패에 많은 영향을 받는 구매업체의 입장에서 품질 실패에 대한 페널티의 도입은 매우 합리적인 방식으로 볼 수 있으며, 특히 구매업체-공급업체의 관계가 단기적 거래 관계에 그치는 상황이라면 과거 연구들에서 다룬 페널티 부과에 대한 연구는 매우 합당하다고 할 것이다. 하지만 공급망 간 경쟁을 이겨내기 위해 공급망 구성원 간의 장기적 동반자 관계에 기반한 협력은 시간이 갈수록 더욱 중요해지고 있으며, 이러한 현실을 고려한다면 적대적 페널티의 부과보다는

품질 개선을 위한 긍정적 동기를 이끌어낼 수 있는 보상의 제공이 현대의 공급망 경영에 보다 맞는 방식이라고 판단된다. 본 연구에서는 이를 또한 고려하여 품질 보상을 통해 공급망 전체의 성과를 개선시킬 수 있는 협력 방식은 무엇인지 분석해 볼 것이다.

본 연구는 상기한 현실의 공급망 이슈들을 포함하여 과거의 연구들을 확장해 현실의 공급망에 좀 더 적합한 시사점들을 도출하고자 한다. 다시 한 번 정리하면 본 연구는 다양한 협력적 공급망 개선 활동 중 공급망 생존을 위해 필수불가결한 품질개선 활동에 초점을 맞추어 연구를 진행하며, 그 기본 방법론은 대리인 이론에 기반한 수학 모형을 활용한다. 본 연구의 주요 목적은 구매업체-일차 공급업체-이차 공급업체가 존재하는 삼단계 공급망 하에서 나타날 수 있는 다양한 이차 공급업체에의 품질 보상 전략을 분석하여 공급망들이 자신의 성격에 맞는 성과공유 방식을 채택하여 협력적 개선 활동의 효과를 최대화하도록 이끄는 데에 있다. 본 연구는 과거 연구들의 보완을 통해 보다 현실적인 공급망 모형을 경영 현실과 학계에 제시하고 중요한 최선의 시사점들을 발굴한다.

III. 문제의 정의

본 연구는 공급망 상 구매업체(기호 B)-일차 공급업체(기호 1)-이차 공급업체(기호 2)의 관계를 다룬다. 이는 현실의 공급망에서 자주 나타나는 판매업체-제조업체-부품공급업체, 또는 OEM(original equipment manufacturer)-CM(contract manufacturer)-부품공급업체 등의 관계와 유사한 것으로 간주할 수 있다. 예를 들어 자신의 브랜드를

가지고 공급망을 주도하는 미국의 애플, 아이폰의 조립을 담당하는 대만의 팍스콘, 아이폰의 부품인 지문인식센서를 공급하는 대만의 TSMC의 관계 등이 이와 유사하다고도 볼 수 있을 것이다. 구매업체는 일차 공급업체에게 조립 등 제품의 전체적 생산을 대행시키며, 일차 공급업체는 이차 공급업체에게 제품에 포함되는 부품의 생산과 품질 관리를 역시 대행시키고 있다.

고객의 구매 행동은 제품의 가격과 품질에 영향을 받는다. 그러므로 고객의 수요 D 는 아래와 같이 정의한다.

$$D = a - \beta p + \delta q. \quad (1)$$

여기서 a 는 잠재수요, p 는 제품의 판매가격, q 는 이차 공급업체가 관리하는 부품의 품질이다. β , δ 는 관련 변수들이 수요에 미치는 영향을 나타내는 계수들이다. 제품의 가격 p 는 증가할수록 고객의 효용을 일반적으로 감소시키므로 과거 경제학 및 경영학의 많은 연구들에서와 같이 고객의 수요 D 는 제품의 가격 p 의 증가에 따라 감소한다. 단, 본 연구는 아래의 가정 하에 연구를 진행한다.

가정 1: 제품 및 부품의 시장 및 도매 가격은 외부에서 결정된다.

본 연구는 삼단계 공급망 하에서 구성원들 간 다른 경로의 보상 전략으로 이차 공급업체의 품질 수준 및 시장 성과를 어떻게 개선시킬 수 있는지 분석하는 데에 그 초점을 둔다. 그러므로 공급망 성과에 큰 영향을 미칠 수 있는 시장 및 도매 가격 등 다른 중요한 변수들을 외부로부터 주어지는 매개변수(parameter)로 간주하여 이들의 영향을 배제하고

자 한다. 즉, 본 연구는 기업의 가격 지배력이 높지 않은 독점적 경쟁 등의 시장 상황 하에서 보상의 제공에 의한 품질 차별화로 시장 경쟁력을 강화하고자 하는 공급망 내 구성원들 간의 상호작용을 연구한다.

반면 고객의 수요 D 는 이차 공급업체가 제공하는 부품의 품질 수준 q 에 따라 증가한다. 본 연구의 목적은 이차 공급업체의 품질을 효과적으로 향상시키는 방안을 찾는 것이므로 일차 공급업체의 품질 수준은 이미 정해져 불변인 상황을 고려하며 이를 모형에서 제외한다. 품질 수준 q 는 성능, 서비스가능성, 외관 등 여러 측정 가능한 품질 특성치들을 결합한 연속적인 단일 복합척도이다. 이는 과거 Shi 등(2001), 그리고 Kim과 Chhajed(2002)의 연구에서처럼 각 품질 특성의 상대적 중요도를 고려해 가중 평균한 값으로 간주할 수 있다. 즉, 각 품질 특성 i 의 가중치를 w_i ($\sum w_i = 1$), 그 수준을 q_i 라 하면, $q = \sum w_i q_i$ 로 표현할 수 있겠다.

구매업체는 삼성전자, 애플 등과 같이 공급망을 이끄는 주체이며, 공급업체의 품질 성과에 공급망 및 자신의 성과가 좌우됨을 인지하고 있다. 그러므로 공급업체에게 보상을 제공하여 품질 성과 개선을 이끌 수 있다. 또한 구매업체의 매출은 pD 이므로 구매업체의 이익 Π_B 는 다음과 같다.

$$\Pi_B = pD - T_{B1} - T_{B2}. \quad (2)$$

여기서 T_{B1} 은 구매업체(B)가 일차 공급업체(1)에게 지급하는 거래금액(transfer payment), T_{B2} 은 구매업체(B)가 이차 공급업체(2)에게 지급하는 거래금액이다. 이들은 제품 및 부품의 공급에 대한 대가, 그리고 공급업체의 품질개선에 대한 보상이 포함된 것으로 다음 장에서 공급망 모형에 따라 각각 다르게 정의될 것이다. 단, 제품 및 부품의 공급

계약은 매우 다양한 형태로 나타날 수 있으나(김진민 등, 2014), 본 연구에서는 그 단순함으로 인해 현실에서 가장 많이 활용되고 있는 도매가 계약(wholesale price contract)을 활용하도록 한다.

일차(1) 및 이차(2) 공급업체의 이익 Π_1 과 Π_2 는 다음과 같이 정의한다.

$$\Pi_1 = T_{B1} - c_1D - T_{12}, \quad (3)$$

$$\Pi_2 = T_{B2} + T_{12} - c_2D - \eta q^2. \quad (4)$$

여기서 c_1 과 c_2 는 각각 일차 및 이차 공급업체에게 발생하는 단위당 제조비용, T_{12} 는 일차 공급업체가 이차 공급업체에게 지급하는 거래금액이다. 일차 공급업체의 성과 역시 부품 공급업체인 이차 공급업체의 품질 성과에 영향을 받으므로 일차 공급업체는 이차 공급업체에게 품질 개선에 대한 보상을 거래금액 T_{12} 에 포함할 수 있다. ηq^2 은 이차 공급업체가 부품 품질에 투자하는 비용으로 과거의 많은 품질 관련 연구들에서처럼 품질수준 q 에 의해 기하급수적으로 증가하는 것으로 정의한다(Karmarkar와 Pitbladdo, 1998; Banker 등, 1998). η 는 투자비용의 크기를 결정하는 계수이다. 일차 공급업체의 품질 수준은 이미 정해져 불변인 상황을 고려하므로 일차 공급업체의 품질 투자 비용은 고려하지 않는다.

공급망 전체의 이익 Π 는 수식 (2)-(4)의 공급망 구성원들의 이익의 합으로 나타난다. 수식 (2)와 (3)에서 구매업체와 일차 공급업체는 이차 공급업체에 대한 거래금액 T_{B1} , T_{12} 를 결정하고, 수식 (4)에서 이차 공급업체는 주어진 거래금액에 따른 품질 수준 q 를 결정할 것이다. 수식 (2)-(4)에 보인 공급망 구성원들의 이익 함수는 다음 장에서 소개될 공급망 모형의 근간으로 활용될 것이다.

IV. 공급망 모형

공급망 구성원들 간 역학 관계는 현실의 많은 소매 공급망, OEM 공급망 등에서처럼 구매업체가 공급업체보다 더 높은 수준의 교섭력을 갖는 상황을 고려한다. 그러므로 구매업체가 주인(principal) 또는 스택클버그 리더(Stackelberg leader)의 역할을 수행하며 일차 공급업체에 대한 계약조건을 제시한다. 또한 일차 공급업체는 부품을 공급하는 이차 공급업체에 대한 계약조건을 제시하며 통제한다. 본 장에서는 통합형 공급망(Case FI) 상황을 벤치마크 대상으로 먼저 소개하고, 분산형 공급망 하에서 보상이 존재하지 않는 상황(Case DW), 일차 공급업체가 이차 공급업체의 품질 개선에 대한 보상을 제공하는 상황(Case D12), 그리고 구매업체가 직접 이차 공급업체에게 품질 보상을 제공하는 상황(Case DB2)을 모형화하여 소개할 것이다.

4.1 벤치마크: Case FI

본 장에서는 공급망 주도업체인 구매업체가 공급망의 모든 프로세스를 비용 없이 완전히 통합(full integration)하여 완벽한 모니터링 및 통제가 가능한 상황(Case FI)을 고려한다. 프로세스 통합을 통해 공급망 구성원들 각자가 자신의 이익을 최대화하려는 기회주의가 배제되므로 Case FI는 구성원들 간 이해관계가 완벽히 조정(coordination)된 이상적인 공급망 상황을 의미한다. 이러한 도덕적 해이가 완전히 배제된 이상적 통합형 공급망 모형의 분석 결과는 현실적 분권화 모형의 벤치마크(benchmark) 용도로 활용될 것이다.

구매업체의 전체 공급망 프로세스 통합으로 공급

망 구성원들 간 거래는 존재하지 않으며, 구매업체의 이익 Π_B^{FI} 은 공급망 이익 Π^{FI} 와 동일하게 나타난다. 윗 첨자 FI는 공급망 프로세스가 통합된 Case FI 상황을 의미한다.

$$\begin{aligned} \Pi_B^{FI} &= \Pi^{FI} = \Pi_B + \Pi_1 + \Pi_2 \\ &= (p - c_1 - c_2)D - \eta q^2 \\ &= \pi D - \eta q^2. \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 Π_B, Π_1, Π_2 는 구매업체, 일차, 이차 공급업체의 이익으로 수식 (2)-(4)에 나타나 있다. π 는 $\pi = p - c_1 - c_2$ 로 공급망 전체의 한계이익 (marginal profit)을 의미한다.

이상적 Case FI에서 공급망 전체(또는 구매업체)의 이익을 최대화하는 최적 품질 수준 q 는 수식 (5)를 q 에 대한 일차 미분하여 얻어지는 일차 필요조건으로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$q^{FI*} = \frac{\delta \pi}{2\eta}. \quad (6)$$

이는 이차 충분조건을 충족시켜 공급망 이익의 최대화를 보장하는 해이다. 수식 (6)을 수식 (1) 및 (5)에 대입하면 Case FI의 최적 수요 및 이익을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$D^{FI*} = \alpha - \beta p + \frac{\delta^2 \pi}{2\eta}, \quad (7)$$

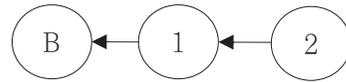
$$\Pi_B^{FI*} = \Pi^{FI*} = (\alpha - \beta p)\pi + \frac{\delta^2 \pi^2}{4\eta}. \quad (8)$$

수식 (6)-(8)의 이상적 Case FI의 최적해는 현실적 분권화 공급망 모형에의 벤치마크 대상으로 활용될 것이다.

4.2 도매가 계약 하의 분산형 공급망: Case DW

본 장부터는 각 구성원들이 개별로 존재하는 현실의 분산형 공급망 상황을 고려한다. 구매업체(B), 일차 공급업체(1), 이차 공급업체(2)가 존재하는 삼단계 공급망 하에서 재고의 이동은 다음 <그림 1>과 같이 나타난다.

<그림 1> 삼단계 공급망 하의 재고의 흐름
(실선: 재고의 이동 방향)



이러한 현실의 분산화된 공급망 상황 하에서는 이상적 Case FI에서처럼 공급망 구성원들을 완벽히 모니터링 및 통제할 수 없으며, 구성원들의 기회주의적 행동으로 인한 비효율성이 나타나게 된다. 그러므로 적절한 계약조건을 제시하여 공급망 구성원들의 행동을 통제하고 성과를 개선시킬 필요가 있다.

본 장에서는 분산화된 공급망 하에서 제품 및 부품 공급에 따른 도매가 계약만이 적용된 가장 기본적인 상황(Case DW)을 고려한다. 본 Case DW에서는 현실의 대다수 경우에서처럼 부품 및 제품의 공급에 대한 대가 외에 이차 공급업체의 품질 개선에 대한 보상은 존재하지 않는다. 그러므로 수식 (2)-(4)에 포함되어 있는 각 거래금액은 다음과 같이 정의된다.

$$T_{B1} = w_1 D, T_{B2} = 0, T_{12} = w_2 D. \quad (9)$$

여기서 w_1 은 구매업체가 일차 공급업체에 제공하는 제품의 단위당 도매가이며, w_2 는 일차 공급업체가 이차 공급업체에 제공하는 부품의 단위당 도매가

이다. 수식 (9)를 수식 (2)-(4)에 대입하면 각 공급망 구성원의 이익은 다음과 같이 나타난다.

$$\Pi_B^{DW} = (p - w_1)D = \pi_B D, \quad (10)$$

$$\Pi_1^{DW} = (w_1 - c_1 - w_2)D = \pi_1 D, \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \Pi_2^{DW} &= (w_2 - c_2)D - \eta q^2 \\ &= \pi_2 D - \eta q^2. \end{aligned} \quad (12)$$

여기서 수요 D 는 수식 (1)에 정의되어 있고, $\pi_B = p - w_1$, $\pi_1 = w_1 - c_1 - w_2$, $\pi_2 = w_2 - c_2$ 로 각각 구매업체, 일차 공급업체, 이차 공급업체의 한계이익이며, 수식 (5)의 공급망의 한계이익 π 와는 $\pi = \pi_B + \pi_1 + \pi_2$ 의 관계가 성립된다.

부품의 최적 품질 수준 q 는 수식 (12)의 Π_2^{DW} 의 q 에 대한 일차미분으로 구해진 일차 필요조건으로부터 아래와 같이 구할 수 있다.

$$q^{DW*} = \frac{\delta \pi_2}{2\eta}. \quad (13)$$

이를 수식 (1)에 대입하면 Case DW의 최적 수요를 다음과 같이 구할 수 있다.

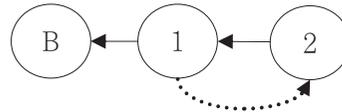
$$D^{DW*} = \alpha - \beta p + \frac{\delta^2 \pi_2}{2\eta}. \quad (14)$$

또한 수식 (13)과 (14)를 수식 (10)-(12)에 대입하면 각 공급망 구성원 및 공급망의 최적 이익($\Pi^{DW*} = \Pi_B^{DW*} + \Pi_1^{DW*} + \Pi_2^{DW*}$)도 구할 수 있는데, 각 분산형 공급망 모형 하의 각 구성원 및 공급망 전체의 이익을 4.4장의 <표 2>에 정리하였다.

4.3 일차 공급업체의 품질 보상 제시: Case D12

본 장에서는 <그림 2>에서와 같이 분산형 공급망 상황 하에서 일차 공급업체(1)가 직접적 거래관계에 있는 이차 공급업체(2)에게 품질 개선에 대한 보상을 제공하는 상황(Case D12)을 고려한다.

<그림 2> 일차 공급업체의 이차 공급업체에의 보상 제공 (실선: 재고의 이동 방향; 점선: 품질 보상의 제공 방향)



일차 공급업체의 품질 보상 제공에 따라 구성원들 간 거래금액은 다음과 같이 정의된다.

$$T_{B1} = w_1 D, T_{B2} = 0, T_{12} = w_2 D + bq. \quad (15)$$

여기서 b 는 품질수준 q 의 한계 보상금액으로 q 의 수준에 따라 총보상금액 bq 가 좌우된다. 수식 (15)의 거래금액을 수식 (2)-(4)의 구성원들의 이익에 대입하면 이들은 다음과 같이 나타난다.

$$\Pi_B^{D12} = (p - w_1)D = \pi_B D, \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \Pi_1^{D12} &= (w_1 - c_1 - w_2)D - bq \\ &= \pi_1 D - bq, \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \Pi_2^{D12} &= (w_2 - c_2)D + bq - \eta q^2 \\ &= \pi_2 D + bq - \eta q^2. \end{aligned} \quad (18)$$

일차 공급업체의 품질 수준 q 는 일차 공급업체의 품질 보상 b 에 영향을 받으므로 Case D12는 대리인 이론에 근거하여 다음과 같은 이단계 최적화 의사결정 구조를 가진다.

$$\text{Maximize } \Pi_1^{D12}(b) \quad (19)$$

subject to

$$\Pi_2^{D12}(q | b) > 0 \quad (20)$$

$$\text{Maximize } \Pi_2^{D12}(q | b) \quad (21)$$

수식 (19)에서 주인 역할을 하는 일차 공급업체는 자신의 이익을 최대화하기 위한 품질 보상 b 를 결정하는데, 대리인인 이차 공급업체의 제약조건인 수식 (20)과 (21)을 충족시켜야 한다. 수식 (20)은 이차 공급업체의 합리성(individual rationality) 제약조건으로 양의 이익이 보장될 때에만 이차 공급업체가 본 계약에 참여함을 의미한다. 수식 (21)은 이차 공급업체의 인센티브 조화성(incentive compatibility) 제약조건으로 이차 공급업체가 주어진 일차 공급업체의 계약 조건 b 하에 자신의 이익을 최대화하는 품질 수준 q 를 결정하는 것을 의미한다.

일반적 스테클버그 게임의 최적화 방법인 역방향 유도(backward induction)에 따라 수식 (21)의 일차 필요조건으로부터 이차 공급업체의 최적 응답을 먼저 구해보면 최적 품질 수준 q 를 보상 b 의 함수로 아래와 같이 구할 수 있다.

$$q^{D12}(b) = \frac{\delta\pi_2 + b}{2\eta}. \quad (22)$$

위 수식 (22)를 수식 (19)에 대입한 후 미분을 통해 구한 일차 필요조건으로부터 품질 보상 b 를 아래와 같이 구한다.

$$b^{D12*} = \frac{\delta(\pi_1 - \pi_2)}{2}. \quad (23)$$

위 최적 보상이 존재하기 위해서는 아래의 가정이 필요하다.

가정 2: 더 높은 교섭력을 가진 공급망 구성원은 더 높은 수준의 재무적 역량을 갖는다. 즉, $\pi_B > \pi_1 > \pi_2$ 의 관계가 성립한다.

재무적 역량이 낮은 업체가 재무적 역량이 더 높은 업체를 통제하는 것은 현실적으로 쉽지 않은 일이다. 본 연구는 구매업체가 공급업체보다 더 높은 교섭력을 갖는 공급망 상황을 고려하며, 가정 2에서와 같이 교섭력을 가진 구매업체가 공급업체보다 더 높은 수준의 한계이익을 보이는 현실적 상황을 고려한다. 그럴 때에야 구매업체 또는 일차 공급업체가 이차 공급업체에게 품질에 대한 보상을 제공할 유인을 갖는다. 즉, 수식 (23)에서 $\pi_1 > \pi_2$ 일 때 $b^{D12*} > 0$ 이 성립한다. 잘 알려진 OEM-CM 관계인 애플과 팍스콘의 관계 상에서 브랜드를 보유하고 있는 구매업체인 애플이 공급업체인 팍스콘보다 더 높은 수준의 수익을 올리며 더 높은 수준의 교섭력을 보유하고 있는 것은 현실에서의 좋은 예라고 볼 수 있을 것이다. 위 가정 2가 성립되지 않을 경우 Case D12 및 DB2는 품질에 대한 보상이 존재할 수 없어 품질 보상이 없는 Case DW와 동일해진다.

수식 (23)의 최적 보상을 수식 (22), 수식 (1)에 대입하면 최적 품질수준 및 수요를 폐쇄해 형태로 구할 수 있다.

$$q^{D12*} = \frac{\delta(\pi_1 + \pi_2)}{4\eta}, \quad (24)$$

$$D^{D12*} = \alpha - \beta p + \frac{\delta^2(\pi_1 + \pi_2)}{4\eta}. \quad (25)$$

각 공급망 구성원 및 공급망의 최적 이익은 4.4장의 <표 1>에 정리되어 있다.

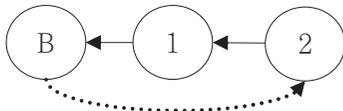
〈표 1〉 분산형 공급망 모형에서 구성원 및 공급망의 이익

	Case DW	Case D12	Case DB2
Π_B^*	$(\alpha - \beta p)\pi_B + \frac{\delta^2 \pi_B \pi_2}{2\eta}$	$(\alpha - \beta p)\pi_B + \frac{\delta^2 (\pi_1 + \pi_2)\pi_B}{4\eta}$	$(\alpha - \beta p)\pi_B + \frac{\delta^2 (\pi_B + \pi_2)^2}{8\eta}$
Π_1^*	$(\alpha - \beta p)\pi_1 + \frac{\delta^2 \pi_1 \pi_2}{2\eta}$	$(\alpha - \beta p)\pi_1 + \frac{\delta^2 (\pi_1 + \pi_2)^2}{8\eta}$	$(\alpha - \beta p)\pi_1 + \frac{\delta^2 \pi_1 (\pi_B + \pi_2)}{4\eta}$
Π_2^*	$(\alpha - \beta p)\pi_2 + \frac{\delta^2 \pi_2^2}{4\eta}$	$(\alpha - \beta p)\pi_2 + \frac{\delta^2 (\pi_1 + \pi_2)^2}{16\eta}$	$(\alpha - \beta p)\pi_2 + \frac{\delta^2 (\pi_B + \pi_2)^2}{16\eta}$
Π^*	$(\alpha - \beta p)\pi + \frac{\delta^2 \pi_2 (\pi + (\pi_B + \pi_1))}{4\eta}$	$(\alpha - \beta p)\pi + \frac{\delta^2 (\pi_1 + \pi_2)(3\pi + \pi_B)}{4\eta}$	$(\alpha - \beta p)\pi + \frac{\delta^2 (\pi_B + \pi_2)(3\pi + \pi_1)}{4\eta}$

4.4 구매업체의 품질 보상 제시: Case DB2

본 장에서는 Case D12와 달리 구매업체가 일차 공급업체를 거치지 않고 직접 이차 공급업체의 품질 수준 개선을 위한 품질 보상을 제시하는 분산형 공급망 상황(Case DB2)을 〈그림 3〉과 같이 고려한다.

〈그림 3〉 구매업체의 이차 공급업체에의 보상 제공 (실선: 재고의 이동 방향; 점선: 품질 보상의 제공 방향)



Case DB2는 구매업체가 하위 공급업체를 중앙 통제하는 경우로 볼 수 있는데, 국내의 경우 자유 경쟁을 촉진하기 위해 구매업체가 하위 업체들을 직접 통제하는 것이 공정거래법 상으로 제한되는 경우가 있으므로 그 적용에 주의가 요구된다.

구매업체의 품질 보상 제공을 고려할 때 구성원들 간 거래금액은 다음과 같다.

$$T_{B1} = w_1 D, T_{B2} = bq, T_{12} = w_2 D. \quad (26)$$

수식 (26)을 수식 (2)-(4)의 구성원들의 이익에 대입하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Pi_B^{D12} &= (p - w_1)D - bq = \pi_B D - bq, \\ \Pi_1^{D12} &= (w_1 - c_1 - w_2)D = \pi_1 D, \\ \Pi_2^{D12} &= (w_2 - c_2)D + bq - \eta q^2 \\ &= \pi_2 D + bq - \eta q^2. \end{aligned}$$

구매업체의 품질 보상 b 가 이차 공급업체의 품질 수준 q 에 미치는 영향을 고려할 때, Case DB2의 문제는 Case D12와 유사하게 다음과 같은 이단계 의사결정 구조를 가진다.

$$\begin{aligned} &\text{Maximize } \Pi_B^{DB2}(b) \\ &\text{subject to} \\ &\Pi_2^{DB2}(q | b) > 0 \\ &\text{Maximize } \Pi_2^{DB2}(q | b) \end{aligned}$$

Case D12에서와 같이 역방향 유도를 통해 최적해를 구해보면 그 결과는 다음과 같다.

$$b^{DB2*} = \frac{\delta(\pi_B - \pi_2)}{2}, \quad (27)$$

$$q^{DB2*} = \frac{\delta(\pi_B + \pi_2)}{4\eta}, \quad (28)$$

$$D^{DB2*} = \alpha - \beta p + \frac{\delta^2(\pi_B + \pi_2)}{4\eta}. \quad (29)$$

가정 2에 따라 수식 (27)의 $b^{DB2} > 0$ 이 성립된다. 모든 분산형 공급망 모형의 각 구성원 및 공급망의 최적 이익을 <표 1>에 정리하였다.

V. 공급망 성과의 비교

5.1 최적해의 비교

본 장에서는 각 공급망 모형의 최적해를 비교하여 각 모형의 특성을 밝히고, 어떤 공급망 모형이 더 우월한 성과를 나타내는지 보일 것이다.

정리 1. 이차 공급업체에의 품질 보상은 아래와 같은 특성을 갖는다.

- (i) $\pi_1 > \pi_2$ 일 때 $b^{D12} > 0$, 그리고 $\pi_B > \pi_2$ 일 때 $b^{DB2} > 0$,
- (ii) $\partial b^{D12} / \partial \pi_1 > 0$ 및 $\partial b^{DB2} / \partial \pi_B > 0$, 그리고
- (iii) $b^{DB2} > b^{D12}$ 이다.

증명. 수식 (23)과 (27)의 b^{DB2} 의 b^{D12} 로부터 정리(i)-(ii)는 자명하다. 이들을 직접적으로 비교하면 가정 2의 $\pi_B > \pi_1$ 에 따라 정리 1(iii)의 관계가 성립된다. □

정리 1(i)과 1(ii)는 구매업체의 역량에 공급망 혁신이 좌우됨을 보여준다. 가정 2에서 이미 보인 것

과 같이 정리 1(i)은 구매업체가 공급업체보다 더 높은 수익성을 올릴 때에야 보상 제공을 통한 공급망 품질 개선의 촉진이 가능함을 보여주며, 또한 정리 1(ii)는 구매업체의 재무적 역량이 품질 개선을 더욱 촉진시키는 요인임을 보여준다. 구매업체의 역량이 공급업체의 성과 개선에 직접적으로 영향을 미치므로 여러 구매업체와 협업하는 공급업체라면 각 구매업체의 역량을 신중하게 판단하여 협력의 정도를 결정할 필요가 있겠다. 이는 구매업체가 공급업체의 역량을 판단하는 것만이 강조되었던 일반적 공급망 관리 연구와는 다른 시각이라고 볼 수 있다. 본 연구는 현실의 공급망 상황에서처럼 교섭력을 가진 구매업체가 일차 공급업체보다 더 높은 수준의 수익성을 유지하고 있음을 가정 2에서와 같이 고려하고 있다. 이러한 상황 하에서 정리 1(iii)의 결과는 구매업체가 일차 공급업체를 거치지 않고 이차 공급업체를 직접 통제할 경우 더 높은 수준의 품질 보상을 제공하여 공급망 품질 개선을 더욱 촉진시킬 수 있음을 보여주고 있다.

정리 2. Case FI, DW, D12 및 DB2 네 공급망 모형의 품질 및 시장 성과, 공급망 이익을 비교해보면 다음과 같은 관계를 갖는다.

- (i) $q^{FI} > q^{DB2} > q^{D12} > q^{DW}$,
- (ii) $D^{FI} > D^{DB2} > D^{D12} > D^{DW}$,
- (iii) $\Pi^{FI} > \Pi^{DB2} > \Pi^{D12} > \Pi^{DW}$ 이 성립한다.

증명. 가정 2의 $\pi_B > \pi_1 > \pi_2$ 를 고려한 상황에서 수식 (6), (13), (24) 및 (28)의 각 Case의 품질 수준 q 를 직접 비교하면 정리 2(i)의 결과를 얻는다. 유사하게 수식 (7), (14), (25), (29)의 수요 D 의 직접 비교를 통해 정리 2(ii)의 결과를 얻을 수 있으며, 수식 (8) 및 <표 1>의 공급망 이익들을

함께 비교하면 정리 1(iii)의 결과를 얻는다. □

정리 2는 이상적 통합형 공급망(Case FI) 상에서 어떠한 계약조건 하의 분산형 공급망에서보다 전반적으로 더 높은 수준의 성과를 낼 수 있음을 먼저 보여준다. 이는 품질 보상 전략의 고려 등도 중요하지만, 그 이전에 공급망 구성원들 간 장기적, 협력적 관계의 유지를 통한 공급망 조정이 성과 개선을 위한 선결 과제임을 보여주는 결과이다. 또한 정리 2는 현실적 분산형 공급망 하에서 거래 관계에만 의존하는 일반적 공급망 상황(Case DW)과 비교했을 때, 어떠한 품질 보상 전략(Case D12 또는 DB2)도 품질 및 시장 성과, 그리고 공급망 이익 등 전반적 성과를 향상시키는 데에 도움이 됨을 보여주고 있다. 이와 같이 현실의 공급망 상황 하에서 공급업체의 성과 촉진을 위한 보상은 어떠한 경우에도 적극적으로 고려될 필요가 있을 것이다. 마지막으로 정리 2의 결과는 더 나은 교섭력과 재무적 역량을 가진 구매업체가 이차 공급업체까지 직접 중앙 통제할 경우(Case DB2), 일차 공급업체가 이차 공급업체를 통제하는 경우(Case D12)에 비해 전반적으로 공급망 성과를 더욱 개선시킬 수 있음을 보여주고 있다. 아래 정리 3에서는 각 공급망 구성원들의 이익 수준이 어떻게 나타나는지 추가적으로 살펴보도록 한다.

정리 3. 각 분산형 공급망 모형 하의 공급망 구성원들의 이익 수준을 비교하면 다음과 같다.

- (i) $\pi_1 < \pi_B < \pi_1 + \sqrt{(\pi_1 + \pi_2)(\pi_1 - \pi_2)}$ 일 때 $\Pi_B^{D12} > \Pi_B^{DB2} > \Pi_B^{DW}$ 이고, $\pi_B > \pi_1 + \sqrt{(\pi_1 + \pi_2)(\pi_1 - \pi_2)}$ 일 때 $\Pi_B^{DB2} > \Pi_B^{D12} > \Pi_B^{DW}$ 이 성립한다.
- (ii) $\Pi_1^{DB2} > \Pi_1^{D12} > \Pi_1^{DW}$,

(iii) $\Pi_2^{DB2} > \Pi_2^{D12} > \Pi_2^{DW}$ 이 또한 성립한다.

증명. 가정 2의 $\pi_B > \pi_1 > \pi_2$ 를 역시 고려한 상황에서 <표 1>의 각 공급망 모형 하 공급망 구성원들의 이익을 각각 직접 비교하면 정리 3(i)-(iii)의 결과를 얻을 수 있다. □

정리 2(iii)에서 품질 보상 제공(Cases D12, DB2)으로 보상이 없는 상황(Case DW)에 비해 공급망의 전체적 이익이 개선될 수 있음을 보여주었다. 정리 3 역시 품질 보상의 제공으로 모든 개별 공급망 구성원의 이익 역시 개선됨을 보여주고 있다. 일차 및 이차 공급업체의 경우 일차 공급업체가 직접적 파트너인 이차 공급업체에게 보상을 제공할 때보다 더 높은 수준의 역량을 가진 구매업체가 이차 공급업체를 직접 통제할 경우 더 높은 수준의 이익을 보장받을 수 있음을 정리 3(ii)와 3(iii)을 통해 알 수 있다.

하지만 정리 3(i)에서 보듯이 구매업체의 경우 보상의 제공이 어떠한 경우에도 스스로에게 더 높은 수준의 이익을 보장하지 않는다. 구매업체의 수익성이 타 공급망 구성원들에 비해 충분히 높은 수준을 유지할 경우에만 자신의 보상 제공이 자기 자신의 이익 개선에 도움이 되며(즉, $\pi_B > \pi_1 + \sqrt{(\pi_1 + \pi_2)(\pi_1 - \pi_2)}$) 일 때 $\Pi_1^{DB2} > \Pi_1^{D12}$), 그렇지 않을 경우 일차 공급업체가 이차 공급업체를 직접 관리하도록 하는 것이 자신의 이익 개선을 위한 최적의 선택이다.

정리 2와 3(i)의 결과를 종합해 보면, 구매업체가 타 공급업체에 비해 충분히 높은 수준의 재무적 역량을 가지고 있을 때 구매업체의 중앙 통제는 자신의 이익 최대화를 위한 최적의 선택이며, 공급망의 전체적 품질, 시장 성과 및 공급망 전체 이익, 그리고 타 구성원의 이익 성과를 위해서도 최적의 선택

임을 알 수 있다. 반면 자신의 재무적 역량이 충분치 않은 경우 구매업체의 중앙 통제는 공급망 전체를 위해 자신을 희생하는 선택이 된다. 공급업체를 주도하는 구매업체가 자신의 손해를 감수하는 것은 비합리적이며, 이는 현실에서도 통용되기 어려운 것이 사실이다. 하지만 이러한 경우에도 타 공급망 구성원 및 공급망의 전체적 역량 개선을 도모하는 장기적 안목도 갖추어 볼 필요가 있을 것으로 판단된다. 예를 들어 구매업체가 자신의 손해를 일부 감수하더라도 일차 공급업체의 재무적 역량을 충분한 수준으로 개선시킬 수 있다면, 일차 공급업체에게 이차 공급업체의 통제를 위임해도 충분한 수준의 품질 및 전체적 공급망 성과의 개선을 기대할 수 있을 것이며, 구매업체 역시 관리 부담에서 벗어날 수 있을 것이다.

5.2 수치 예제

본 장에서는 수치 예제를 통해 각 공급망 모형들의 현실에서의 적용 가능성을 살펴보고, 전 장에서의 비교 결과를 검증해본다. 또한 수치 예제 결과를 통해 새로운 시사점을 발굴한다.

수치 예제를 위한 매개변수(parameter)는 다음과 같이 선정하였다: $D = a - \beta p + \delta q = 1100 - 10p + 30q$, $\eta = 100$, $p = 95$, $w_1 = 60$, $w_2 = 20$, $c_1 = 20$, $c_2 = 10$. 그러므로 각 공급망 구성원의 한계이익 $\pi_B = p - w_1 = 35$, $\pi_1 = w_1 - c_1 - w_2 = 20$, $\pi_2 = w_2 - c_2 = 10$ 으로 가정 2와 같이 $\pi_B > \pi_1 > \pi_2$ 의 관계가 성립되도록 하였다. 그리고 공급망의 한계이익 $\pi = \pi_B + \pi_1 + \pi_2 = p - c_1 - c_2 = 65$ 이다. 수치 예제에 의한 네 공급망 모형의 최적해 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2>에는 몇 가지 성과 지표를 추가적으로 포함

하였다. 계약 효율성(Eff., contract efficiency)은 분산형 공급망의 이익이 각 계약을 통해 벤치마크 대상인 이상적 통합형 공급망(Case FI)의 이익 수준에 얼마나 근접했는지를 나타내는 지표이다(즉, $\text{Eff.} = \Pi/\Pi^{FI}$) (Cachon, 2003). 전체 공급망 이익 중 각 구성원이 차지하는 이익 분배율(PS, profit share) 또한 포함하였다($\text{PS}_i = \Pi_i/\Pi$, $i = B, 1, 2$). 마지막으로 분산형 공급망에서 품질 보상의 도입으로 보상이 없는 상황(Case DW)에 비하여 공급망 이익 성과가 얼마나 개선되었는지 알아보기 위해 이익 개선율(Imp., improvement of the supply chain profit) 역시 추가하여 분석하도록 한다(즉, $\text{Imp.} = (\Pi - \Pi^{DW})/\Pi^{DW}$).

<표 2>의 결과를 분석하면 다음과 같다.

- 먼저 <표 2>는 수치예제에서도 정리 1(iii), 2, 3(ii), 3(iii)의 최적해 비교 결과가 모두 성립됨을 보여준다. 즉, $b^{DB2} > b^{D12}$, $q^{FI} > q^{DB2} > q^{D12} > q^{DW}$, $D^{FI} > D^{DB2} > D^{D12} > D^{DW}$, $\Pi^{FI} > \Pi^{DB2} > \Pi^{D12} > \Pi^{DW}$, $\Pi_1^{DB2} > \Pi_1^{D12} > \Pi_1^{DW}$, 그리고 $\Pi_2^{DB2} > \Pi_2^{D12} > \Pi_2^{DW}$ 이 <표 2>에서도 모두 성립한다.
- 다만 구매업체 이익의 경우 정리 3(i)의 결과 중 $\Pi_B^{D12} > \Pi_B^{DB2} > \Pi_B^{DW}$ 의 결과를 보이고 있는데, 이는 $\pi_1 (= 20) < \pi_B (= 35) < \pi_1 + \sqrt{(\pi_1 + \pi_2)(\pi_1 - \pi_2)}$ ($= 37.32$)의 조건이 충족되었기 때문이다. 이 경우 구매업체가 직접 이차 공급업체를 통제하는 Case DB2가 품질 및 시장 성과, 공급업체들의 이익, 공급망 전체의 이익에는 도움이 되나, 구매업체 자신을 위해서는 최선의 선택이 될 수 없다. 이러한 경우 일차 공급업체가 이차 공급업체를 통제하

〈표 2〉 기본 수치 예제에 따른 공급망 모형의 최적해

		통합형	분산형		
		벤치마크	기본	품질 보상	품질 보상
		Case FI	Case DW	Case D12	Case DB2
보상	b	N/A	0	150	375
품질 및	q	9.75	1.50	2.25	3.38
시장 성과	D	442.50	195.00	217.50	251.25
이익	Π_B	19,256.25	6,825.00	7,612.50	7,528.13
	Π_1	N/A	3,900.00	4,012.50	5,025.00
	Π_2	N/A	1,725.00	2,006.25	2,639.06
	Π	19,256.25	12,450.00	13,631.25	15,192.19
계약 효율성	Eff.	1.0000	0.6465	0.7079	0.7889
이익 분배율	PS_B	1.0000	0.5482	0.5585	0.4955
	PS_1	N/A	0.3133	0.2944	0.3308
	PS_2	N/A	0.1386	0.1472	0.1737
이익 개선율	Imp.	N/A	0.0000	0.0949	0.2203

게 하는 것(Case D12)이 공급망을 주도하는 구매업체의 이익에는 최선의 선택이 된다. 단, Case D12를 선택할 경우 Case DB2에 비해 전체적 공급망 성과 및 타 구성원의 이익 손실은 감수하여야 한다.

- 정리2와 3에서 보였듯이 어떤 방식의 보상 제공(Cases D12, DB2)으로도 분산형 공급망 전체의 품질, 시장 및 이익 성과는 개선되며, 모든 공급망 구성원의 이익 역시 개선된다.
- 〈표 2〉는 분산형 공급망에서 보상의 제공으로도 이상적 수준(Case FI)의 품질 수준에는 근접하기가 매우 쉽지 않음을 보여주고 있다($q^{FI} = 9.75$, $q^{DB2} = 3.38$, $q^{D12} = 2.25$, $q^{DW} = 1.50$). 이는 분산형 공급망 상에서 보상의 제시도 중요하지만, 각 공급망 구성원들이 장기적 협력 관계를 구축하여 공급망 전체의 의사결정이 조정될 수 있는 환경을 마련하는 것

이 우선시될 필요가 있음을 보여주는 예로도 볼 수 있을 것이다.

- 일차 공급업체가 이차 공급업체에게 보상을 제공하는 Case D12의 경우 보상의 직접적 수혜자인 이차 공급업체보다 구매업체의 이익이 오히려 더욱 큰 폭으로 증가함을 관찰할 수 있다($\Pi_B^{D12} - \Pi_B^{DW} = 787.50$, $\Pi_2^{D12} - \Pi_2^{DW} = 281.25$). 반면 구매업체가 하위 공급업체를 직접 통제하는 Case DB2의 경우 Case D12의 경우보다는 품질 보상의 수혜가 모든 구성원들에게 보다 고르게 분배되는 것을 관찰할 수 있다($\Pi_B^{DB2} - \Pi_B^{DW} = 703.13$, $\Pi_1^{DB2} - \Pi_1^{DW} = 1,125.00$, $\Pi_2^{DB2} - \Pi_2^{DW} = 914.06$).
- 구매업체가 하위 공급업체를 직접 통제할 경우(Case DB2) 높은 계약 효율성(Eff.)을 보여 이상적 수준의 공급망 이익에 가장 근접할 수 있음을 알 수 있다. 하지만 이 경우 구매업체의

이익 분배율(PS_B)은 가장 낮은 수준을 보인다. 일차 공급업체가 보상을 제공하는 경우(Case D12)에도 일차 공급업체의 이익 분배율(PS_1) 역시 낮은 수준을 보인다. 보상을 제공하는 업체는 타 구성원에 비해 이익 분배에 있어서의 희생은 감수해야 한다. 하지만 분배율은 줄어드나 보상을 제공하는 업체도 자신의 이익 금액 자체는 개선됨을 기억해야 할 것이다.

- <표 2>의 공급망 이익 개선율(Imp.)을 관찰하면 아무런 보상을 제공하지 않는 일반적 상황(Case DW)에 비해 보상 제공으로 Case D12의 경우 약 9.5%, Case DB2의 경우 약 22%의 공급망 이익을 개선시킬 수 있음을 보인다. 공급망 현실에서 보상 제공보다는 품질 불량에 대한 페널티 부과로 구성원들의 품질 관리가 이루어지는 일반적 현실을 고려할 때, 보상 제공을 통한 공급망의 전체적 이익 성과 및 역량 강화도 고려되어야 할 것으로 보인다.

VI. 결론

본 연구는 구매업체, 일차 공급업체, 이차 공급업체가 존재하는 삼단계 공급망 하에서 이차 공급업체의 품질 보상 전략이 공급망 성과에 미치는 영향을 분석하였다. 구매업체가 공급업체보다 더 높은 수준의 교섭력을 지닌 공급망 상황 하에서 구매업체-이차 공급업체 간, 그리고 일차 공급업체-이차 공급업체 간 등 세 구성원 간 나타날 수 있는 품질 보상 경로의 다양성을 고려하여 세 가지 현실적 분산형 공급망 모형을 제시하였고, 벤치마크 대상으로 이상적 통합형 공급망 모형 또한 제시하였다. 이들

네 가지 공급망 모형의 분석 및 비교를 통해 이를 통해 아래와 같은 시사점을 발굴하였다.

첫째, 분산형 공급망 하에서 각 구성원들이 장기적 협력 관계를 구축하여 공급망 전체가 조정될 수 있는 환경을 마련하는 것은 품질 보상의 제시 등 여러 개선 방안들보다 선결되어야 할 과제이다. 둘째, 공급망 혁신은 공급망 주도업체의 역량에 좌우된다. 구매업체가 공급업체보다 더 높은 재무적 역량을 갖추고 있을 때에야 보상 제공을 통한 공급망 개선이 가능하며, 구매업체의 재무적 역량이 높을수록 더 높은 수준으로 품질 개선을 촉진할 수 있다. 구매업체가 협업하는 공급업체의 역량을 가늠하는 것과 마찬가지로 공급업체 역시 협업하는 구매업체들의 역량을 신중히 점검해 보는 것이 자신의 성과 개선을 위해 도움이 될 것이다. 셋째, 어떠한 보상 전략도 품질 및 시장 성과, 이익 등 공급망의 전반적 성과를 향상시키는 데에 도움이 된다. 구성원들에 대한 보상을 현실의 공급망 하에서도 적극적으로 고려해 본다면 전체적 성과 개선에 도움이 될 것이다. 넷째, 더 나은 교섭력과 재무적 역량을 가진 구매업체가 이차 공급업체를 직접 통제할 경우, 일차 공급업체가 이차 공급업체를 통제하는 경우에 비해 전반적으로 공급망 성과를 더욱 개선시킬 수 있으며, 일차 및 이차 공급업체의 이익 성과 역시 더욱 개선시킬 수 있다. 다섯째, 하지만 구매업체의 보상 제공은 구매업체 스스로에게 더 나은 수준의 이익을 항상 보장하지는 않는다. 구매업체의 수익성이 타 공급망 구성원들에 비해 충분히 높은 수준을 유지하는 경우에만 보상의 제공으로 자신의 이익 역시 개선시킬 수 있다. 그렇지 않을 경우 일차 공급업체가 이차 공급업체를 통제하도록 하는 것이 구매업체의 이익에는 도움이 된다. 여섯째, 보상을 제공하는 업체는 타 구성원에 비해 이익 배분에 있어서의 희생은 감수해야

하지만, 자신의 이익 금액 자체가 개선됨을 기억할 필요가 있다. 또한 근시안적 시각보다는 공급망 전체를 바라보는 시스템적 시각과 구성원들의 역량 개선이 미래에 가져올 긍정적 효과도 함께 생각해볼 수 있는 장기적 안목도 갖추어 볼 필요가 있을 것이다.

전반적으로 본 연구는 구매업체-공급업체 간 이단계 공급망의 분석에만 집중하였던 과거 연구들을 확장하고 보다 현실적인 공급망 상황을 고려하여 과거 연구들에서 주목받지 못하였던 이차 공급업체의 역량 개선을 위한 방안을 모색하였다. 또한 품질 실패에 대한 페널티보다는 보상을 통한 구성원 간 협력을 통해 공급망의 전체적 역량을 개선시킬 수 있는 방안을 제시하여 현대의 공급망 경영에 시사점을 제공하였다. 본 연구가 현대의 공급망 경영 환경을 보다 현실적으로 모형화하고자 하는 앞으로의 연구들에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다. 다만 본 연구에서는 이차 공급업체의 품질 관리에 집중하여 공급망 전체 성과에 더욱 중요한 영향을 미치는 일차 공급업체의 품질 관리 방안을 간과하였다. 일차 및 이차 공급업체의 품질은 종합적으로 공급망의 전체 품질에 영향을 미치게 되는 바, 이들을 함께 관리할 수 있는 방안을 향후 연구에서 다룰 필요가 있을 것으로 판단한다.

참고문헌

- 김진민, 박광태, 신호정 (2014), “경영환경요인이 공급사슬 계약의 성과에 미치는 영향에 관한 시뮬레이션 연구,” 한국생산관리학회지, 제25권, 제2호, 105-126.
- 김진백, 신세은 (2015), “한국 자동차 산업 내 공급사슬의 사회연결망적 분석,” 한국생산관리학회지, 제26권, 제4호, 437-455.
- 유승호 (2013), “폐쇄형 공급망의 반품 및 리퍼비싱 정책 결정 모형,” 한국생산관리학회지, 제24권, 제4호, 449-468.
- 유승호, 손진현 (2015), “폐쇄형 공급망 하의 정상품 및 리퍼브제품의 통합적 판매가격 결정: 공급망 구조의 성과 비교,” 한국생산관리학회지, 제26권, 제1호, 1-18.
- 정의범, 조부연, 김대수 (2015), “공급사슬통합 수준과 모니터링 유형의 적합성에 대한 실증 연구,” 한국생산관리학회지, 제26권, 제4호, 511-530.
- 허대식, 김효진 (2015), “구매기업의 공급기업 통합이 시장 대응성에 미치는 효과,” 한국생산관리학회지, 제26권, 제4호, 485-510.
- Ahn, S., H. Rhim and S. H. Seog (2008), “Response Time and Vendor-Assembler Relationship in a Supply Chain,” *European Journal of Operational Research*, Vol.184, No.2, 652-666.
- Baiman, S., P. E. Fischer and M. V. Rajan (2000), “Information, Contracting, and Quality Costs,” *Management Science*, Vol.46, No.6, 776-789.
- Balachandran, K. R. and S. Radhakrishnan (2005), “Quality Implications of Warranties in a Supply Chain,” *Management Science*, Vol. 51, No.8, 1266-1277.
- Balachandran, K. R. and J. Ronen (1989), “Incentive Contracts When Production Is Subcontracted,” *European Journal of Operational Research*, Vol.40, No.2, 169-185.
- Banker, R. D., I. Khosla and K. K. Sinha (1998), “Quality and Competition,” *Management Science*, Vol.44, No.9, 1179-1192.
- Cachon G. P. (2003), “Supply Chain Coordination with Contracts.” In: Graves S. C., De Kok A. G. (editors). *Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply*

- Chain Management: Design, Coordination and Operation*. Elsevier Publishing Company.
- Choi, T. and T. Linton (2011), "Don't Let Your Supply Chain Control Your Business," *Harvard Business Review*, Vol.89, No.12, 112-117.
- Choi, T. Y. and Z. Wu (2009), "Triads in Supply Networks: Theorizing Buyer-Supplier-Supplier Relationships," *Journal of Supply Chain Management*, Vol.45, No.1, 8-25.
- Gibbons, R. (2005), "Incentives between Firms (and within)," *Management Science*, Vol.51, No. 1, 2-17.
- Hung, S. -J. (2011), "An Integrated System of Activity-Based Quality Optimization and Economics Incentive Schemes for a Global Supply Chain," *International Journal of Production Research*, Vol.49, No.24, 7337-7359.
- Hwang, I., S. Radhakrishnan and L. Su (2006), "Vendor Certification and Appraisal: Implications for Supplier Quality," *Management Science*, Vol.52, No.10, 1472-1482.
- International Business Times (2014), "Apple iPhone 6 Rumors: TSMC to Use 8-Inch Processing Method to Produce Fingerprint Sensors for Next-Gen iPhone," <http://www.ibtimes.com/apple-iphone-6-rumors-tsmc-use-8-inch-processing-method-produce-fingerprint-sensors-next-gen-iphone>.
- Iyer, A. V., L. B. Schwarz and S. A. Zenios (2005), "A Principal-Agent Model for Product Specification and Production," *Management Science*, Vol.51, No.1, 106-119.
- Karmarkar, U. S. and R. C. Pitbladdo (1997), "Quality, Class, and Competition," *Management Science*, Vol.43, No.1, 27-39.
- Kim, K. and D. Chhajed (2002), "Product Design with Multiple Quality-Type Attributes," *Management Science*, Vol.48, No.11, 1502-1511.
- Nagarajan, M. and G. Sošić (2008), "Game-Theoretic Analysis of Cooperation among Supply Chain Agents: Review and Extensions," *European Journal of Operational Research*, Vol.187, No.3, 719-745.
- Roels, G., U. S. Karmarkar and S. Carr (2010), "Contracting for Collaborative Services," *Management Science*, Vol.56, No.5, 849-863.
- Shi, L., S. Ólafsson and Q. Chen (2001), "An Optimization Framework for Product Design," *Management Science*, Vol.47, No.12, 1681-1692.
- Simchi-Levi, S., D. Wu and Z. Shen (2004), *Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the E-business Era*. Springer.
- Volodymyr, B. and S. T. Christopher (2012), "Managing Opportunistic Supplier Product Adulteration: Deferred Payments, Inspection, and Combined Mechanisms," *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol.14, No.2, 301-314.
- Yan, T., T. Y. Choi, Y. Kim and Y. Yang (2015), "A Theory of the Nexus Supplier: A Critical Supplier from a Network Perspective," *Journal of Supply Chain Management*, Vol.51, No. 1, 52-66.
- Yang, Y. L. (1994), "Profit Sharing and Standard Setting in Production and Procurement Management," *Applied Economics*, Vol.26, No. 2, 95-105.

Quality Incentive for the Second-tier Supplier in a Three-echelon Supply Chain

Seung Ho Yoo* · Pyoungsoo Lee**

Abstract

This study considers a three-echelon supply chain, consisting of a buyer, a first-tier supplier, and a second-tier supplier. We investigate an incentive strategy to enhance the quality capability of the second-tier supplier, which in turn positively affects the overall performance of the supply chain. This is different from previous studies which have concentrated on investigating the decisions relevant to the first-tier supplier in a dyadic buyer-supplier relationship. We compare various possible incentive paths between the three players, and reveal which type of incentive strategy can yield superior supply chain performance. Through comparison of solutions and a numerical example, we provide the following managerial implications into practice. The quality enhancement of the second-tier supplier is affected by a buying firm's capability. The buyer's incentive provision to the second-tier supplier guarantees better quality, market performance, and profitability than the first-tier supplier's incentive control. However, it can deteriorate the buyer's own profit. Only when the buyer maintains a sufficiently high profitability, the buyer can use the incentive strategy to enhance the profits of not only the supply chain but also its own. Overall, we bridge the gap between practice and academia and provide a guideline to effectively manage the second-tier supplier.

Key words: supply chain management, three-echelon supply chain, second-tier supplier, quality incentive, principal-agent paradigm

* Associate Professor, Division of Business Administration, Sunmoon University (First Author)

** Ph.D Candidate, Department of Logistics, Service & Operations Management, Korea University Business School (Corresponding Author)