

공급망 상생협력 활동과 성과 공유 전략*

유 승 호**

Buyer-Supplier Collaboration and Benefit-Sharing Strategy in a Supply Chain

Seung Ho Yoo**

■ Abstract ■

In this study, based on the principal-agent paradigm, we investigate a joint cost reduction activity in a buyer-supplier supply chain where a buyer motivates its operations department and a supplier to reduce the supply chain's production cost. We construct a benefit-sharing model based on the target cost scheme, a basic philosophy in practice which has not been explored in previous studies. The model also incorporates various supply chain issues such as the cooperation of multiple agents, the opportunity loss, and the degree of strategic relationship between the buyer and the supplier. Based on the analysis of the principal-agent model, we investigate the benefit-sharing rule to control agents' actions, and we also provide important managerial implications into supply chain practices via extensive comparative static analyses.

Keyword : Supply Chain Coordination, Cost Reduction, Target Cost, Benefit Sharing,
Principal-Agent Paradigm

논문접수일 : 2010년 11월 26일 논문게재확정일 : 2011년 02월 25일

논문수정일(1차 : 2011년 02월 18일)

* 이 논문은 2010년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2010-332-B00116).

** 선문대학교 경영학부

1. 서 론

현대의 경쟁은 기업 간의 경쟁이 아닌 공급망 대 공급망의 경쟁으로 변화되어 가고 있으며, 이러한 현실에서 공급망 내 구매업체-공급업체 간 협력적 개선 활동 즉, 상생협력 활동은 생존을 위한 필수 조건이 되고 있다. 국내의 삼성전자, 현대자동차, 일본의 토요타(Toyota), 미국의 GM 등의 예에서 볼 수 있듯이 공급망에서의 교섭력(bargaining power)은 구매업체가 쥐고 있는 경우가 많으며[18], 이들은 산하의 공급업체들을 이끌고 끊임없이 공급망 역량 개선을 위한 프로젝트들을 진행해오고 있다. 공급망 구성원들 간의 전략적 상생협력 활동은 공동 R&D, 공동 제품 개발, 공동 생산, 공동 마케팅, 물류 및 서비스 망 공유 등 매우 다양하게 전개되고 있다[28]. 이러한 많은 종류의 공급망 활동 중 가장 중요한 활동 중의 하나는 무엇보다도 협력적 원가절감 활동일 것이며, 지식경제부에서 중점 지원하고 있는 대기업-중소기업 간 공급망 상생협력 활동의 사례들을 살펴보면 구매업체 주도의 협력적 원가절감 활동에 대부분의 사례가 집중되어 있음을 확인할 수 있다[1, 2].

본 연구는 공급망 내 다양한 상생협력 활동 중 구매업체 주도의 협력적 원가절감 활동에 초점을 맞추어 연구를 진행하도록 한다. 연구의 방법론은 대리인 이론(principal-agent paradigm)에 근거한 수학 모형을 활용하며, 수립된 모형을 분석하여 경영 현실에 다양한 시사점을 제공할 것이다. 구매업체와 공급업체로 이루어진 일반적 공급망 하에서 제품 생산은 공급업체가 생산하는 컴퍼넌트(component)를 구매업체가 조립하는 과정을 거쳐 이루어지는 것이 보편적이다. 그러므로 전체적인 원가 절감을 위해 구매업체는 자체적으로 제품 조립 공정의 개선을 모색하며, 공급업체 또한 원가절감을 추진하도록 유도할 필요가 있다. 공급업체의 원가절감 활동을 유도하기 위해서는 원가절감 성과를 공급업체에게 일정 부분 공유할 필요가 있는데, 본 연구에서는 목표원가(target cost)를 기반으로 원가절감 성

과를 평가하고, 이를 공유(benefit sharing)하는 방식을 제시한다. 이를 통해 성과 공유와 공급망 성과와의 관계를 분석하고, 또한 공급망 내에서의 구매업체와 공급업체 간의 전략적 관계의 정도에 따라 성과 공유는 어떻게 이루어져야 하는지, 또한 원가절감 성과는 어떻게 나타나는지 분석하도록 한다. 현대 경영 환경 하에서 협력적 공급망 역량 개선 활동은 생존을 위한 필수적인 조건이 되고 있다. 본 연구는 협력 활동을 전개해나가기 위해 공급망이 갖추어야 할 조건들은 무엇인지, 또한 다양한 구매업체-공급업체 간 전략적 관계 하에서 더욱 뛰어난 공급망 역량 개선을 이끌어내는 데에 지침을 제공할 것으로 기대한다.

공급망 내 협력적 원가 활동에 있어 가장 보편적으로 알려져 있는 방법은 일본 토요타(Toyota)에서 활용해 널리 알려진 VA/VE(Value Analysis/Value Engineering) 기법일 것이며, 이들은 모두 설정된 목표원가를 기반으로 원가 절감을 추진한다는 공통점이 있다[19]. 제품의 목표원가는 일반적으로 고객 관계 및 시장 동향을 고려하여 미리 결정된 시장 판매가격에서 목표이익을 빼 결정하게 되며, 그 후 설계 명세가 허용하는 범위 내에서 제품의 목표원가를 달성하기 위해 공급업체들에게 각 컴퍼넌트 별 목표원가가 분배된다[11, 19]. 그 후 목표원가의 달성을 위해 공급망 구성원들의 협력 활동이 추진되는데, 공급망의 리더십을 가진 구매업체가 이를 주도하게 된다. 과거에는 구매업체가 활동의 성과를 독식하는 경우가 흔했으나, 현재에 있어서는 공급업체의 노력을 이끌어내기 위해 성과의 분배를 미리 약속하고, 결정된 목표원가에서 구현된 원가를 차감한 금액을 성과로 인정하고 이를 공유하는 것이 일반적이다[1, 2, 19]. 성과 공유 외에 협력적 개선 활동의 또 다른 특징은 공급망 개선을 위해 구매업체가 공급업체를 전폭적으로 지원한다는 것이다. 이들은 크게 기술적 지원, 재정적 지원, 개선방법론 지원의 세 가지로 나누어 볼 수 있으며[1, 2, 17], 단기적으로는 당면한 공급망 개선 활동의 성과를 극대화하고, 중장기적으로는 구매업체에 비해

상대적으로 부족한 공급업체의 역량을 끌어올리는 것을 그 목적으로 한다. 본 연구에서는 목표원가에 근거한 성과 공유, 구매업체의 공급업체에 대한 지원 등 공급망 현실을 최대한 반영하여 수학 모형을 구성하고 이를 토대로 보다 현실적인 경영 환경에서의 공급망 원가절감 활동과 성과 공유 방식에 대해 분석해 볼 것이다.

앞서 살펴본 성과 공유와 구매업체의 지원에도 불구하고, 현실의 많은 경우에서는 공급망의 협력적 원가절감 활동은 공급업체에게 큰 부담으로 다가오는 것이 사실일 것이다. 이는 가격 변동으로 인해 발생하는 구매업체의 위험(risk)이 목표원가를 통해 공급업체에게 전이되기 때문이다. 상대적으로 소규모인 공급업체는 구매업체에 비해 프로젝트 포트폴리오(project portfolio)가 상대적으로 빈약하여 위험 회피(risk aversion) 성향이 상대적으로 높기 때문에[18], 구매업체는 공급업체가 최대한의 성과를 낼 수 있도록 성과 공유 방식을 합리적으로 결정해야 한다. 본 연구는 치열한 공급망 경쟁 환경에서 생존을 위해 필수 불가결한 협력적 공급망 개선 활동과 이의 근간이 되는 성과 공유의 결정에 대해 다루며, 구매업체와 공급업체 간의 전략적 관계, 그리고 다양한 공급망 환경 변화가 상생협력 공급망 성과에 미치는 영향을 분석한다.

2. 이론적 배경

본 연구에서 제시할 수학 모형은 대리인 이론(principal-agent paradigm)을 기반으로 구성된다. 대리인 이론은 분산화 시스템에서 주인(principal) 이 대리인(agent)들에게 자신의 권한을 이양했을 경우 대리인들의 행동을 어떻게 조정(coordination)하여 전체 시스템의 최적 성과를 이루어낼 수 있을지를 분석하는 데에 유용한 틀을 제공한다[13, 23]. 분산화 시스템 내에서 대리인은 전체 시스템보다는 자신의 이익을 최대화하려는 기회주의적 행동(opportunistic behavior)을 보이게 되므로 주인은 대리인의 행동을 조정할 수 있는 보상체계(coordination mecha-

nism)를 고려하여야 한다. 이러한 대리인 이론은 공급망 전체를 이끌어가며 공급망 전체 성과에 자신의 성과가 좌우되는 구매업체(주인)와 구매업체의 요구로 컴퍼넌트 원가절감 활동을 수행하는 공급업체(대리인)의 전략적 관계 하에서 전체 공급망의 조정이 가능한지, 공급업체에 대한 성과 공유는 어떻게 주어져야 하는지 등 본 연구에서 다루는 주제를 규명하는 데에 적합한 방법론으로 판단된다.

대리인 이론은 1990년대 들어 공급망 관리의 다양한 문제들을 다루기 위해 널리 활용되고 있다. 대리인 이론이 활용된 공급망 관리 문제들을 살펴보면 유연공급계약[16, 25], 공급업체 유형을 고려한 공급 계약 문제[22], 공급업체들의 집단 의사결정 문제[12], 공급업체 전환(switching) 문제[26], 간접재의 유지보수 계약 문제[9, 10] 등 매우 다양하게 나타난다. 또한 최근 대리인 이론은 공급망 구성원들 간의 협력적 개선 활동의 분석도구로도 그 활용 범위를 넓혀 가고 있는데, 이들을 살펴보면 협력적 생산성 향상[5], 협력적 품질 관리[4, 6, 14], 주문 후 응답시간 개선[3], 협력적 원가절감 활동[7, 15, 27] 등이 있다. 과거 대리인 이론 관련 연구들에 대한 분석과 현대의 공급망 현실 분석을 통해 몇 가지 본 연구의 중요한 기반으로 삼을 수 있는 점들을 도출하였고, 이들은 다음과 같다.

첫째, 목표원가는 일본의 토요타 등 현실의 공급망에서 원가절감 활동의 기반으로 삼고 있는 반면, 이를 연구모형에 포함한 연구는 찾아보기 쉽지 않다. 본 연구에서는 이를 보완하여 제품 당 이익을 유지하려는 보수적 목표원가를 고려하여 연구를 진행하기로 한다.

둘째, n-기간 동적 모형을 제시한 Plambeck and Zenios[20], 두 기간 계약 모형의 Sivaramakrishnan [24]과 Ahn et al.[3] 등 몇몇 예외가 존재하지만, 많은 연구들은 전략적 관계의 정도가 공급망 성과에 미치는 영향을 분석하지는 않았다. 본 연구에서는 구매업체-공급업체 간 전략적 관계를 나타내는 척도로 계약수량, 계약기간의 두 가지를 고려하여 전략적 관계의 정도에 따라 성과가 어떻게 달라지는

지 분석한다.

셋째, 과거 Callen[7], Porteus and Whang[21], Yang[27], Chalos and Sung[8], Wagner and Friedl [26] 등 다수의 대리인을 동시에 고려한 공급망 관련 연구(multi-agent problem)는 몇몇 존재하였으나, 대리인들 간의 협력을 고려한 연구는 찾아보기 쉽지 않다. 공급망 원가절감, 품질 개선 등 공통의 목표를 추구하는 대리인들 간의 협력은 실제 흔하게 일어나는 상황으로 본 연구에서는 이를 고려한다. 본 연구에서 주인은 구매업체, 대리인은 둘로 하나는 외부의 공급업체, 또 하나는 구매업체 내부의 운영조직(operations department)이다. 내부 구성원들을 대리인으로 간주하는 많은 연구들과 마찬가지로[8, 20, 21, 24, 27] 구매업체 운영조직 역시 보상에 의해 움직이는 대리인 조직이다. 운영조직은 내부적으로 제품조립 과정의 원가 절감 활동을 수행하며, 또한 현실의 많은 사례들에서처럼[1, 2] 기술 또는 방법론 등을 지원하며 공급업체와 협력한다.

넷째, 현실의 공급망에서 구매업체는 공급업체에 비해 상대적으로 대기업이므로 보다 다양한 프로젝트 포트폴리오(project portfolio)를 가지고 있으며, 합리적 구매업체는 제한된 자원 하에서 여러 프로젝트의 상대적인 효율성을 항상 고려하여야 한다. 이러한 현실을 반영하여 본 연구에서는 운영조직의 공급망 원가절감 활동 투입에 따른 직접적 비용과 더불어 다른 유익한 활동들에 대한 기회 손실(opportunity loss)을 함께 고려하도록 한다. 이는 Yang[27]에서 적용된 내용과 유사하다.

다섯째, 실제 기업 현실에서 법적, 기술적, 인구통계학적 환경 등 외부 환경의 변동은 현실의 공급망 이익에 지대한 영향을 미치고 있다. 하지만 과거 대부분 연구들은 공급망 구성원들의 위험회피 성향(risk aversion attitude)을 고려할 때, 원가, 품질 등 내적 변동으로부터 발생하는 위험만을 포함하였다. 본 연구에서는 시장가격을 외부 환경에 의해 변동하는 외생변수로 보고, 이의 변동이 협력적 원가절감 활동의 성과에 미치는 영향을 함께 고려할 것이다. 본 연구는 상기한 현실의 공급망 이슈들을 모두 포함

하여 과거의 연구들을 확장해 현실의 공급망 현실에 좀 더 적합한 시사점들을 도출하고자 한다.

3. 기대효용의 모형화

본 연구는 Callen[7]과 Yang[27]이 제시한 대리인 모형들을 기반으로 이를 확장하여 수학적인 모형화를 진행한다. 이들은 제 2장에서 보인 바와 같이 본 연구와는 여러 차이점을 보이기 는 하지만, 본 연구에서 다루고자 하는 내용과 유사하게 성과 공유의 결정, 다수의 대리인, 공급망 구성원들의 위험회피 성향을 고려하였으므로 모형의 기본 틀로 활용하기에 적합하다.

본 연구에서의 공급망은 시장 판매가격(S)가 외부적으로 변동되며, 하락하는 불안정한 완전경쟁시장 상황 하에 있는 것으로 가정한다. 이러한 환경 하에서 구매업체는 제품의 단위 당 총원가(C)를 감소시키기 위한 협력적 원가절감 활동을 진행한다. 판매가격 S 는 평균 $\mu_s = s$ 및 분산 α_s^2 의 정규분포를 따르는 것으로 가정하며(즉, $S \sim N(s, \alpha_s^2)$), 이전 기간의 시장 가격(S_0)보다 하락하므로(즉, $\mu_s < S_0$) 구매업체는 공급망 원가절감 활동을 진행해야 하는 동인을 갖는다. 제품의 단위 당 총원가 C 는 공급업체가 제공하는 컴퍼넌트의 비용과 구매업체의 조립 비용, 그리고 환경에 따라 변동하는 불확실성 요인 등에 따라 결정되며, 평균 $\mu_c = c - c_1x + c_2C_s$ 과 분산 α_c^2 을 가진 정규분포를 따른다. 여기서 c 는 대리인들의 노력(effort level)과 관계없는 평균 생산 비용, c_1 은 운영조직의 조립라인 원가절감 노력(x)에 따른 조립 라인의 한계 비용절감분(marginal cost reduction), c_2 는 공급업체의 컴퍼넌트 비용(C_s)에 따른 한계비용이다. 본 구매업체 주도의 공급망 원가절감 활동에서 운영조직은 조립 라인의 원가절감 책임 외에 공급업체의 컴퍼넌트 비용(C_s) 절감을 지원할 책임을 갖는다. C_s 는 두 가지의 비용 수준을 갖는 것으로 가정하며, 여기서 아래첨자 s 는 $s = \{h$ (높은 비용, high cost) or l (낮은 비용, low cost)}로 정의된다(즉, $C_s = C_h$ or C_l , $C_h > C_l$). 비용수준 h

와 l 은 각각의 확률(P_s)을 수반하는데 $P_s = P_h$ or P_l ($P_h + P_l = 1$)로 정의한다. 낮은 컴퍼넌트 비용 수준을 달성할 확률은 운영조직의 공급업체 지원 노력(y)와 공급업체의 노력(z)에 의해 선형적으로 단조증가한다(즉, $P_l = P_l(y, z)$, $(P_l)_y > 0$, $(P_l)_z > 0$). 컴퍼넌트 원가절감의 효과는 공급업체와 관계를 유지하는 동안 지속적으로 발생하므로 구매업체는 원가절감에 따른 이익을 추정할 때 공급업체와의 계약 기간($t \geq 1$)을 고려하여야 한다. 본 연구에서 생산수량(Q)은 이미 결정된 상태를 가정하며, 공급업체와의 계약 기간(t) 동안 시장가격(S)과 제품의 단위 당 총비용(C)은 그대로인 것으로 가정한다. 그러므로 기간 t 동안 구매업체의 시장이익(M)은 순현재가치(NPV, net present value)를 고려할 때 $M = \sum_{i=1}^t [(S-C)Q/(1+d)^{i-1}] = \theta(S-C)Q$ 로 결정된다. 여기서 d 는 할인율(discount rate), θ 는 현재화된 t 기간 동안 전체 이익의 당기 이익 대비 비율로 $\theta = \{[1 - (1/(1+d))^t]/[1 - (1/(1+d))]\} \geq 1$ 이다.

구매업체의 내부 대리인인 운영조직의 노력 투입으로 발생하는 직접적 비효율(disutility)은 $D(x, y)$, 외부 대리인인 공급업체의 노력 투입으로 인한 직접적 비효율은 $E(z)$ 로 나타내며, D 와 E 는 모두 각각의 노력에 의해 기하급수적으로 증가하는 함수로 가정한다. 즉, $D_x > 0$, $D_y > 0$, $D_{xx} > 0$, $D_{yy} > 0$, $D_{xy} > 0$, $D_{xx}D_{yy} - (D_{xy})^2 > 0$, $E_z > 0$, $E_{zz} > 0$ 의 편미분식이 성립된다고 정의한다. 여기서 내부 대리인인 운영조직은 역량을 두 가지 활동에 투입하고 있음을 기억할 필요가 있다. 즉, 노력 수준 x 를 조립라인의 원가절감에, 그리고 노력 수준 y 를 공급업체의 컴퍼넌트 원가절감에 지원하여 투입한다. 그러므로 운영조직의 총 노력 수준은 $x+y$ 로 정의할 수 있으며, 여러 일을 동시에 진행할 때의 일반적인 현실에서 그러하듯이 한 분야에의 노력이 더 크게 투입되는 상황에서 다른 분야에의 노력으로 인해 발생하는 한계 비효율(marginal disutility)은 더 높은 수준을 보이게 된다(즉, $D_{xy} > 0$).

공급망 원가절감 활동에 투입된 노력은 구매업체

의 다른 생산적인 프로젝트에 투입될 수가 없으므로 기회 손실이 발생하게 되는데, 운영조직의 노력 투입이 증가함에 따라 구매업체가 다른 프로젝트로부터 얻을 수 있는 이익(G)의 기회는 감소하게 된다. G 는 평균 $\mu_g = g - g_1(x+y)$ 과 분산 σ_g^2 을 가지는 정규분포를 따르는 것으로 가정한다. g 는 운영조직이 원가절감 활동에 노력을 투입하지 않았을 때 다른 프로젝트들로부터 얻을 수 있는 평균 이익, g_1 은 원가절감 활동에 투입하는 총 노력 ($x+y$)에 의해 발생하는 한계손실이다. 그러므로 g_1 은 협력적 원가절감 활동의 상대적 비효율성을 나타내는 척도로 볼 수 있다. 본 연구에서는 세 가지 확률변수 시장가격 S , 제품 단위 당 총원가 C , 다른 프로젝트의 이익 G 를 다루고 있는데, 연구의 간소화를 위해 각 확률변수 간의 공분산은 상대적으로 작아 무시할 수 있음을 가정한다(즉, 상관계수 $\rho_{sc} = \rho_{sg} = \rho_{cg} \approx 0$).

또한 구매업체는 시장가격이 하락하고(즉, $\mu_s < S_0$), 또한 변동하는 비우호적 시장 상황에 대응하기 위해 단위 당 이익을 보전하려는 목표원가(C_t)를 고려하고 있다. 이전 기의 원가를 C_0 라 할 때, 목표원가로 전 기의 단위 당 이익을 유지하려면 $(S-C_t) = (S_0-C_0)$ 이 성립되어야 하므로, 목표원가 $C_t = S - (S_0 - C_0)$ 로 정의된다. 현실의 경우와 마찬가지로 원가절감 활동에 참여한 대리인들에 대한 보상은 투입된 노력 수준보다는 실제 달성된 원가(C) 성과의 함수인데, 이는 구매업체가 대리인들이 실제 투입한 노력의 수준을 완벽하게 관찰(monitored)할 수 없기 때문이다. 운영조직에 대한 보상은 $B_1(C)$, 공급업체에 대한 보상은 $B_2(C)$ 로 표현하며, 과거의 많은 연구들에서 활용된 선형 성과 공유 방식(linear benefit-sharing scheme)을 따르는 것으로 가정한다. 즉, $B_1(C) = R_1(C_t - C)Q$ 그리고 $B_2(C) = R_2(C_t - C)Q$ 로 정의되는데, 여기서 R_1 과 R_2 는 운영조직과 공급업체에게 제공되는 원가절감 성과에 대한 성과 공유 비율, C_t 는 원가절감 성과의 평가기준인 목표원가, C 는 실제 구현된 제품 단위 당 원가, $(C_t - C)$ 는 원가절감 활동의 단위 당 성과평가 결과, 그리고 Q 는 제품의 판매수량 또는 컴퍼넌트의 공급수량이다.

여기서 고려할 점은 원가절감의 성과는 공급업체와의 계약 기간 t 동안 구매업체에게 지속적인 이익을 보장하지만, 대리인들은 해당 원가절감 프로젝트의 성과를 평가받아 단 한번 보상을 받게 된다는 점이다. 이는 사전에 협의한 기간 동안의 협력 성과를 평가해 공급업체에게 성과를 일시에 분배하거나, 사전에 협의한 보상 기간 동안만 성과를 배분하는 현실의 일반적 상황을 고려한 것으로 포스코, 현대중공업, 일본의 토요타 등에서도 유사한 방식을 취한 바 있다[1, 2]. 그러므로 구매업체가 대리인들에게 제공하는 각 대리인에 대한 성과 공유비율 R_1 , R_2 와 전체 성과 공유비율(R_1+R_2)은 θ 보다 작거나 작아야 한다(즉, R_1 , R_2 and $R_1+R_2 \in [0, \theta]$, 여기서 $\theta = \text{당기 대비 구매업체의 } t\text{기간 이익률} = \{[1 - (1/(1+d))] / [1 - (1/(1+d))]\}$). 이는 구매업체 역시 일정 성과를 보장받기 위한 것으로 $R_1+R_2 = \theta$ 라고 하면, 이는 t 기간 동안 발생하는 모든 성과를 대리인들이 차지하는 상황이 된다.

상기 언급한 이익 요소들을 모두 합치면, 구매업체, 구매업체의 내부 운영조직, 공급업체의 기대효용은 아래와 같이 나타난다.

구매업체의 기대효용

$$U = E\left[\sum_{s=h,l} P_s(M+G-B_1-B_2)\right], \quad (1)$$

운영조직의 기대효용

$$U_1 = E\left[\sum_{s=h,l} P_s(B_1-D)\right], \quad (2)$$

공급업체의 기대효용

$$U_2 = E\left[\sum_{s=h,l} P_s(B_2-E)\right]. \quad (3)$$

여기서 $E[\cdot]$ 는 기대값(expected value)을 나타내며, P_s 는 컴퍼넌트 비용 수준을 달성할 확률($P_s = P_h$ or P_l), M 은 구매업체의 시장이익, G 는 원가절감 활동에 영향을 받는 다른 프로젝트들의 이익, B_1 과 B_2 는 운영조직과 공급업체에 대한 성과 공유, D 와 E 는 공급망 활동으로 인한 운영조직과 공급업체의 비효용이다. 위 최적화 문제의 기대효용들은 공급망 구성원들의 위험회피(risk aversion) 성향을 고려하여

Mean-Variance 모형으로 변형된다. 본 연구에서 구매업체, 운영조직, 공급업체는 모두 위험회피 성향을 가지며, CARA(constant absolute risk aversion)을 따르는 것으로 가정한다. a , a_1 , a_2 를 각 구성원들의 절대 위험회피계수(absolute risk aversion coefficient)로 정의하고, 공급망 위험은 세 확률변수, 가격 S , 비용 C , 다른 프로젝트의 이익 G 의 변동인 σ_s^2 , σ_c^2 , σ_g^2 에 의해 모두 설명된다고 정의하자. 그리고 앞서 정의한 $M = \alpha(S-C)Q$, $B_1 = R_1(C_t - C)Q$, $B_2 = R_2(C_t - C)Q$, $C_t = S - (S_0 - C_0)$ 을 이용하면, 예를 들어 구매업체의 위험은 $\text{Var}[\sum P_s(M+G-B_1-B_2)] = \text{Var}[\alpha(S-C)Q+G-R_1(S-(S_0-C_0)-C)Q - R_2(S-(S_0-C_0)-C)Q] = \text{Var}[(\theta-R_1-R_2)(S-C)Q+G+(R_1+R_2)(S_0-C_0)Q] = (\theta-R_1-R_2)^2 Q^2 (\sigma_s^2 + \sigma_c^2) + \sigma_g^2$ 으로 표현할 수 있다. 이러한 방식으로 식 (1)~식 (3)을 Mean-Variance 모형으로 재정리하면 아래와 같다.

$$U = [P_l c_2(C_h - C_l) + (s - c + c_1 x - c_2 C_h)](\theta - R_1 - R_2)Q + (S_0 - C_0)(R_1 + R_2)Q + [g - g_1(x + y)] - (a/2)[(\theta - R_1 - R_2)^2 Q^2 (\sigma_s^2 + \sigma_c^2) + \sigma_g^2], \quad (4)$$

$$U_1 = [P_l c_2(C_h - C_l) + (s - c + c_1 x - c_2 C_h) - (S_0 - C_0)]R_1 Q - D - (a_1/2)R_1^2 Q^2 (\sigma_s^2 + \sigma_c^2), \quad (5)$$

$$U_2 = [P_l c_2(C_h - C_l) + (s - c + c_1 x - c_2 C_h) - (S_0 - C_0)]R_2 Q - E - (a_2/2)R_2^2 Q^2 (\sigma_s^2 + \sigma_c^2). \quad (6)$$

여기서 $P_l = P_l(y, z)$, $D = D(x, y)$, $E = E(z)$ 이다. 위 세 가지 기대효용을 이용해 앞으로 문제를 정의하고 이를 분석해나갈 것이다.

4. 벤치마크

본 장에서는 구매업체가 대리인들인 내부 운영조직과 공급업체를 완벽히 모니터링하고 통제할 수 있는 이상적 퍼스트-베스트 공급망 상황(first-best case)을 먼저 고려하여 분석하기로 한다. 이는 현실적 공급망 상황에 대한 벤치마크로 공급망 시사점을 발굴하는 데에 활용될 것이다. 완벽한 모니터링 및 통제가 가능한 퍼스트-베스트 상황에서 대리인

들은 자신의 효용을 최대화하는 의사결정을 하지 않고, 공급망은 한 기업처럼 행동한다. 퍼스트-베스트 상황에서 공급망 원가절감과 성과 공유 모형은 아래와 같이 간단히 표현할 수 있다.

$$\text{Maximize } U \quad (7)$$

subject to

$$U_1 \geq \underline{u}_1 \quad (8)$$

$$U_2 \geq \underline{u}_2 \quad (9)$$

여기서 U , U_1 , U_2 는 각각 구매업체, 내부 운영조직, 공급업체의 기대효용으로 식 (4)~식 (6)에 정의되어 있으며, \underline{u}_1 과 \underline{u}_2 는 각각 운영조직과 공급업체가 요구하는 최소 효용 수준(minimum reservation level)이다. 식 (7)에서 구매업체는 자신의 효용을 최대화하는 성과 공유 비율 R_1 과 R_2 과 대리인들의 노력 수준 x , y , z 를 결정하며, 식 (8), 식 (9) 각각은 운영조직과 공급업체의 합리적 선택을 의미하는 제약조건(individual rationality constraint)으로 두 대리인은 모두 각각이 요구하는 효용의 최소 수준 이상을 구매업체가 보장할 때에만 공급망 원가절감 활동에 참여한다.

식 (8)과 식 (9)를 등식으로 놓고, 이 등식 관계를 식 (7)의 U 에 대체하면 위 문제는 아래와 같이 변경된다.

$$\begin{aligned} L = & [P_1c_2(C_h - C_l) + (s - c + c_1x - c_2C_h)]\theta Q \\ & - (D + E) - (\underline{u}_1 + \underline{u}_2) + [g - g_1(x + y)] \\ & - (a/2)[(\theta - R_1 - R_2)^2 Q^2 (\alpha_s^2 + \alpha_c^2) + \theta g^2] \\ & - (a_1R_1^2 + a_2R_2^2)Q^2 (\alpha_s^2 + \alpha_c^2)/2. \end{aligned} \quad (10)$$

식 (10)의 x , y , z 에 대한 1차 미분을 통해 필요조건(first-order necessary condition)을 각각 구하면, 아래 식 (11)에서 식 (13)까지의 결과를 얻는다. 퍼스트-베스트 상황에서의 운영조직의 최적 노력수준 x^* , y^* 와 공급업체의 최적 노력수준 z^* 는 각각 아래 수식의 관계를 만족해야 한다.

$$c_1\theta Q - g_1 - D_x = 0, \quad (11)$$

$$(P_1)c_2(C_h - C_l)\theta Q - g_1 - D_y = 0, \quad (12)$$

$$(P_1)c_2(C_h - C_l)\theta Q - E_z = 0. \quad (13)$$

또한 식 (10)의 R_1 과 R_2 에 대한 1차 미분을 통해 최적 성과 공유 비율을 구하면 아래와 같으며, 퍼스트-베스트 최적해의 특성을 살펴보면 아래 [정리 1]과 같다.

$$R_1^* = \alpha\alpha_2\theta / (\alpha\alpha_1 + \alpha\alpha_2 + a_1\alpha_2), \quad (14)$$

$$R_2^* = \alpha\alpha_1\theta / (\alpha\alpha_1 + \alpha\alpha_2 + a_1\alpha_2). \quad (15)$$

[정리 1]

이상적 퍼스트-베스트 공급망 상황 하에서 운영조직, 공급업체의 노력 투입 수준 x^* , y^* , z^* 은 성과 공유 비율 R_1^* , R_2^* 와 무관하게 결정된다.

(증명)

x^* , y^* , z^* 의 결정은 식 (11)~식 (13)의 관계를 따르나, 이들은 R_1^* , R_2^* 와 무관하다. 또한 식 (14)와 식 (15)의 R_1^* 과 R_2^* 역시 x^* , y^* , z^* 와 무관하다. 그러므로 [정리 1]의 결과는 자명하다. □

[정리 1]은 이상적 퍼스트-베스트 상황 하에서 구매업체가 공급망 개선활동의 대리인들인 운영조직과 공급업체를 이미 완벽히 모니터링 및 통제하여 한 기업처럼 행동하므로 성과 공유의 보장이 대리인들의 노력과 이로 인한 성과에 아무런 영향을 미치지 못함을 보여주고 있다. 하지만 이러한 결과는 이상적 공급망 상황을 가정한 것으로 현실적 상황과는 동떨어진 결과일 수 있다. 식 (11)에서 식 (15)까지의 퍼스트-베스트 최적해는 현실적 공급망 상황의 벤치마크로 활용될 것이다.

5. 현실적 공급망 모형

현실적 공급망에서 구매업체가 운영조직과 공급업체의 의사결정을 완벽히 모니터링하고 통제하는 것은 불가능하다. 이러한 상황 하에서 대리인들인

운영조직과 공급업체는 전체 공급망보다는 자신의 효용을 최대화하는 의사결정을 하게 되는데, 이런 대리인들의 기회주의적 행동(opportunistic behavior)은 개별 경제주체로서 합리적 선택일 것이다. 이러한 현실적 공급망 상황 하에서 구매업체는 세컨드-베스트(second-best) 최적해를 찾아야 하며, 어떤 성과 공유로 이상적 퍼스트-베스트 상황 하에서의 최적해에 접근할 수 있는지 방법을 모색할 필요가 있다. 세컨드-베스트 상황 하에서의 원가절감과 성과 공유 문제는 다음과 같이 모형화할 수 있다.

$$\text{Maximize } U \quad (16)$$

subject to

$$U_1 \geq u_1 \quad (17)$$

$$U_2 \geq u_2 \quad (18)$$

$$(U_1)_x = c_1 R_1 Q - D_x = 0 \quad (19)$$

$$(U_1)_y = (P_1)_y c_2 (C_h - C_l) R_1 Q - D_y = 0 \quad (20)$$

$$(U_2)_z = (P_2)_z c_2 (C_h - C_l) R_2 Q - E_z = 0 \quad (21)$$

여기서 $(U_1)_x$ 와 $(U_1)_y$ 는 식 (5)를 노력 수준 x 와 y 에 대해 각각 1차 편미분한 식, $(U_2)_z$ 는 식 (6)을 노력 수준 z 에 대해 1차 편미분한 식이다. 위 최적화 문제의 식 (16)부터 식 (18)까지는 퍼스트-베스트 상황에서의 문제와 동일하며, 구매업체는 자신의 효용을 최대화하지만 내부 운영조직과 외부 공급업체가 협력적 공급망 활동에 참여하기 위한 최소 수준의 효용을 보장하여야 한다. 식 (19)와 식 (20)은 운영조직의 인센티브 조화성 제약조건(incentive compatibility constraint)으로 구매업체가 운영조직의 노력 투입 수준 x 와 y 를 완벽히 관찰할 수 없으므로 운영조직이 자신의 효용을 최대화하는 x 와 y 를 결정하는 것을 의미한다. 식 (21)은 외부 공급업체의 인센티브 조화성 제약조건으로 공급업체 역시 자신의 효용을 최대화하는 노력 수준 z 를 결정한다. 그러므로 구매업체는 공급망 원가절감 활동이 최대의 성과를 달성하기 위한 최적 성과 공유 비율 R_1 과 R_2 를 결정해 운영조직과 공급업체의 노력 투입 수준을 통제하고, 조정(coordination)하여야 한다. 공급

망 조정이 어떤 조건에서 가능한지 알아보면, 결과는 아래 [정리 2]와 같다.

[정리 2]

현실적 세컨드-베스트 상황 하에서 운영조직과 공급업체의 노력 수준 x^{**} , y^{**} , z^{**} 를 동시에 조정하기 위해서는 각각에 대해 $R_1 = 0$, $R_2 = \theta$ 의 성과 공유 비율이 주어져야 한다.

(증명)

대리인들의 세컨드-베스트 노력 수준 x^{**} , y^{**} , z^{**} 는 식 (19)~식 (21)의 관계에 의해 결정된다. 식 (11) = 식 (19), 식 (12) = 식 (20)이라 놓으면 각 관계로부터 $R_1 = [\theta - g_1 / (c_1 Q)]$, 그리고 $R_1 = [\theta - g_1 / ((P_1)_y c_2 (C_h - C_l) Q)]$ 을 얻는다. 이를 동시에 만족하기 위해서는 $c_1 = (P_1)_y c_2 (C_h - C_l)$ 이어야 하며, 또한 $R_1 \geq 0$ 이어야 하므로 $g_1 \leq c_1 \theta Q$ 을 얻는다. 이와 유사하게 식 (13) = 식 (21)로 놓으면 $R_2 = \theta$ 가 되어야 한다. 전체 성과 공유 비율 $R_1 + R_2 = 2\theta - g_1 / (c_1 Q)$ 이며, R_1 , R_2 그리고 $R_1 + R_2 \in [0, \theta]$ 이어야 한다. 이 범위를 모두 만족시키기 위해서는 $g_1 = c_1 \theta Q = (P_1)_y c_2 (C_h - C_l) \theta Q$ 의 조건이 필요하며, 이 경우 $R_1 = 0$, $R_2 = \theta$ 이 성립되므로 [정리 2]는 자명하다. □

[정리 2]의 결과는 구매업체가 협력적 공급망 개선 활동으로 얻는 자신의 모든 이익을 공급업체에게 제공할 때에만 공급망 조정이 전체적으로 이루어짐을 보여주고 있다. 하지만 현실적 상황 하에서 공급망을 주도하는 구매업체가 공급업체에게 모든 이익을 양도할 이유는 전혀 없으므로 [정리 2]는 공급망 조정이 실제적으로는 불가능함을 나타낸다.

[정리 3]

현실적 공급망 상황 하에서 운영조직의 노력수준 x^{**} , y^{**} 및 공급업체의 노력수준 z^{**} 는 각 대리인에게 주어지는 성과 공유 비율 R_1^{**} 과 R_2^{**} , 그리고 공급수량 Q 의 증가에 따라 증가한다. 또한 대리인들의 노력수준 증가는 더 높은 원가절감 성과로 이어진다.

(증명)

최적 노력수준 x^{**}, y^{**}, z^{**} 는 식 (19)~식 (21)의 관계를 만족하며, 여기서 D_x, D_y, E_z 는 각각 x, y, z 에 따라 증가한다. 또한 공급망 원가의 평균 $\mu_c = c - c_1x + c_2C_s$ ($C_s = h$ or l , 그리고 달성될 확률 $= P_s$), $(P_l)_y > 0$, 그리고 $(P_l)_z > 0$ 이므로 $(\mu_c)_x < 0$, $(\mu_c)_y < 0$, $(\mu_c)_z < 0$ 이다. 그러므로 [정리 3]의 결과는 자명하다. □

이상적 퍼스트-베스트 상황에서와는 달리 현실적 공급망 상황 하에서 약속된 단위 당 성과 공유 비율 R_1, R_2 이 높아질수록, 또한 더 많은 컴퍼넌트 공급수량 Q 가 확보되었을 때, 대리인들의 노력 투입은 증가하게 되며, 이는 결국 공급망 원가절감 성과로 직결됨을 [정리 3]은 보여주고 있다. 그러므로 본 연구에서는 수량 가중된 성과 공유 비율 $R_1^{**}Q$, 그리고 $R_2^{**}Q$ 에 의해 공급망 구성원들의 노력수준 투입이 좌우되므로 다음 장의 민감도 분석은 이들을 공급망 전체의 원가절감 성과의 척도로 보고 진행하도록 한다.

[정리 2]에서와 같이 공급망 조정이 실제적으로 불가능하므로 구매업체는 식 (17)에서 식 (21)까지의 제약조건 하에 식 (16)에서 자신의 효용을 최대화하는 세컨드-베스트 성과 공유 비율 R_1^{**}, R_2^{**} 을 결정해야 한다. 이를 구하기 위해 먼저 식 (17)과 식 (18)을 등식으로 놓고, 식 (16)에 이를 대입하면 식 (10)과 동일한 수식을 얻는다. 그러나 [정리 3]에서 나타나듯이 현실적 공급망 상황 하에서의 성과 공유 비율의 결정은 대리인들의 노력 투입에 영향을 미치게 되므로 각 노력수준을 성과 공유 비율의 함수, 즉 $x = x(R_1), y = y(R_1), z = z(R_2)$ 로 정의한다. 이를 정의한 상태에서 식 (10)을 성과 공유 비율 R_1 과 R_2 에 의해 각각 1차 미분을 수행하는데, 식 (19)에서 식 (21)까지의 관계와 식 (19)에서 식 (21)까지를 음함수 미분(implicit differentiation)한 결과, 즉 $dx/dR_1 = [D_{yy}c_1 - D_{xy}(P_l)_y c_2(C_h - C_l)]Q / (D_{xx}D_{yy} - D_{xy}^2)$, $dy/dR_1 = [D_{xx}(P_l)_y c_2(C_h - C_l) - D_{xy}c_1]Q / (D_{xx}D_{yy} - D_{xy}^2)$, $dz/dR_2 = (P_l)_z c_2(C_h - C_l)Q / E_{zz}$ 를 활용한다.

이를 통해 나타난 2개의 1차 미분식 $L_{R1} = 0, L_{R2} = 0$ 으로부터 운영조직과 공급업체에 대한 세컨드-베스트 성과 공유 비율 R_1^{**} 과 R_2^{**} 를 연립방정식(simultaneous equation)으로 구하면 다음과 같다.

$$R_1^{**} = \{[jk + (a+a_2)j(\alpha_s^2 + \alpha_c^2) + a_2(\alpha_s^2 + \alpha_c^2)^2] \theta - g_1 l [k + (a+a_2)(\alpha_s^2 + \alpha_c^2)] / Q\} / \zeta, \quad (22)$$

$$R_2^{**} = \{[jk + (a+a_1)k(\alpha_s^2 + \alpha_c^2) + a_1(\alpha_s^2 + \alpha_c^2)^2] \theta + ag_1 l (\alpha_s^2 + \alpha_c^2) / Q\} / \zeta. \quad (23)$$

여기서 $\zeta = jk + [(a+a_1)k + (a+a_2)j](\alpha_s^2 + \alpha_c^2) + (aa_1 + aa_2 + a_1a_2)(\alpha_s^2 + \alpha_c^2)^2$, $j = (\alpha^2 D_{yy} + \beta^2 D_{xx} - 2\alpha\beta D_{xy}) / (D_{xx}D_{yy} - D_{xy}^2)$, $k = \gamma^2 / E_{zz}$, $l = (\alpha D_{yy} + \beta D_{xx} - (\alpha + \beta)D_{xy}) / (D_{xx}D_{yy} - D_{xy}^2)$, $\alpha = c_1$, $\beta = (P_l)_y c_2(C_h - C_l)$, $\gamma = (P_l)_z c_2(C_h - C_l)$ 이다. α 와 β 는 각각 운영조직의 노력수준 x 와 y 에 의한 한계 비용절감분(marginal cost reduction)이며, γ 는 공급업체의 노력수준 z 에 의한 한계 비용절감분이다. 또한 Yang[27]에서와 유사하게 j 는 운영조직의 공급망 상생협력 활동에 의한 한계 공헌(marginal contribution), k 는 공급업체의 한계 공헌으로 볼 수 있다. j 와 k 는 각 대리인들의 한계 비용절감분, 노력 투입에 의한 비효용 등이 결합되어 나타나며, 주어진 노력 수준 하에서 공급망 원가절감 성과에 더 높은 공헌을 할 가능성을 의미한다고도 볼 수 있다. 또한 한계 공헌 j, k 는 변동에 대한 위험회피보다 큰 것으로 정의하여 $jk > (aa_1 + aa_2 + a_1a_2)(\alpha_s^2 + \alpha_c^2)^2$ 의 조건이 만족됨을 정의한다. $R_1^{**}, R_2^{**}, (R_1^{**} + R_2^{**}) \in [0, \theta]$ 의 내부해(interior solution)를 가지기 위해서는 아래의 조건이 만족되어야 한다.

$$g_1 \in [(jk - a_1a_2(\alpha_s^2 + \alpha_c^2)^2)\theta Q / (l(k + a_2(\alpha_s^2 + \alpha_c^2))), (jk + (a+a_2)j(\alpha_s^2 + \alpha_c^2) + a_2(\alpha_s^2 + \alpha_c^2)^2)\theta Q / (l(k + (a+a_2)(\alpha_s^2 + \alpha_c^2)))] \quad (24)$$

위 조건은 공급망 상생협력 활동이 구매업체의 다른 프로젝트들과 비교해 일정 수준의 효율성이 보장되어야 정상적인 성과 창출과 성과 공유가 가능하다는 것을 의미한다. 식 (24)의 조건을 만족하는

내부해 R_1^{**} , R_2^{**} 가 존재한다는 가정 하에 세컨드-베스트 최적 성과 공유의 특성을 살펴보면 아래와 같다.

[정리 4]

협력적 공급망 활동의 성과에 충분한 수준의 공헌이 가능한 대리인에 대해 구매업체는 이상적 공급망 상황에 비해 더 높은 수준의 성과 공유를 보장하여야 한다. 하지만 상대적으로 충분한 공헌이 어려운 대리인은 이상적 상황에 비해 더 높은 수준의 성과 공유를 보장받지 못한다.

(증명)

식 (14), 식 (15)의 R_1^* , R_2^* 과 식 (22), 식 (23)의 R_1^{**} , R_2^{**} 를 이용해 $(R_1^{**}-R_1^*)$ 와 $(R_2^{**}-R_2^*)$ 을 구해보면, $j > \{aa_2(a+a_1)k(\alpha_s^2+\alpha_c^2)\theta Q+(aa_1+aa_2+a_1a_2)g_1\}[k+(a+a_2)(\alpha_s^2+\alpha_c^2)]/\{a_1(a+a_2)[k+(a+a_2)(\alpha_s^2+\alpha_c^2)]\theta Q\}$ 일 때 $R_1^{**} > R_1^*$ 이 성립하며, j 가 위 조건을 충족하지 못할 경우에는 $R_1^{**} \leq R_1^*$ 임을 알 수 있다. 유사한 방식으로 구해보면 $k > a[a_1(a+a_2)j\theta Q-(aa_1+aa_2+a_1a_2)g_1\]/\{a_2(a+a_1)[j+(a+a_1)(\alpha_s^2+\alpha_c^2)]\theta Q\}$ 일 때 $R_2^{**} > R_2^*$, 아니면 $R_2^{**} \leq R_2^*$ 이 성립한다. 그러므로 [정리 4]의 결과는 자명하다. □

현실적 공급망 상황 하에서의 성과 공유는 대리인들의 성과에 대한 실제 공헌에 의거해 결정되어야 한다. 현실에 있어서의 성과 공유는 협력적 공급망 활동에 참여하는 각 구성원들의 상대적인 원가절감 성과를 평가하여 결정되는 것이 일반적인데, 이러한 성과에 기반한 평가는 실제 상황 하에서 각 대리인들의 노력 투입 수준을 완벽히 관찰할 수 없으므로 당연한 결과라고 볼 수 있다. 또한 공급망 활동을 주도하는 구매업체는 활동 시작 이전에 구성원들의 성과에의 공헌 가능성, 즉 노력 대비 성과인 효율성을 늘 고려하여 구성원들의 참여를 이끌어야 한다. 효율성이 높지 않은 구성원에의 높은 성과 공유의 약속은 의미없는 노력 투입을 과다하게 이끌어 공급망 전체의 효율성을 저해할 수 있다. 하

지만 현실의 공급망 상생협력과 성과 공유 사례를 살펴보면[1, 2], 많은 경우 원가절감 성과를 일률적으로 구성원들이 같은 비율로 나누는 형태를 취하고 있음을 관찰할 수 있다. 이러한 성과 공유로는 더 높은 수준의 노력 투입을 이끌어내기가 어려울 것이 분명한데도 불구하고 이러한 현상이 나타나는 것은 공동 활동의 성과를 각 구성원 별로 개별 평가하기가 어렵다는 이유를 들 수 있겠다. 분명한 성과시스템 도입으로 합리적 개별 성과평가가 가능하여 성과에 대한 공헌을 나누어볼 수 있다면, 이는 구성원들에 대한 차별적인 성과 공유를 가능하게 하여 더 높은 수준의 공급망 성과를 나타내는 데에 분명 도움이 될 것이다.

6. 민감도 분석

본 장에서는 현실적 상황의 공급망 하에서 어떤 환경적 조건이 충족될 때 더 높은 수준의 공급망 원가절감 성과를 이루어낼 수 있도록 구매업체가 유도할 수 있는지 살펴보도록 한다. [정리 3]의 결과를 기반으로 수량 가중된 성과 공유 비율 $R_1^{**}Q$ 및 $R_2^{**}Q$ 를 각각 운영조직 및 공급업체의 원가절감 성과의 척도로 활용하도록 한다. 공급망 성과에 영향을 미치는 환경적 요인으로는 계약조건인 계약기간 t 와 계약수량 Q 를 고려하며, 운영조직과 공급업체의 원가절감 성과에의 공헌 가능성 j 와 k , 그리고 j 와 k 에 영향을 미치는 요소들도 함께 고려한다. 또한 협력적 원가절감 활동의 상대적 비효율성 g_1 , 시장가격의 불확실성 α^2 , 원가절감 활동 성과의 불확실성 α_c^2 의 영향 역시 고려한다.

[정리 5]

구매업체와 공급업체 간의 계약기간 t 가 증가할수록, 또는 계약수량 Q 가 증가할수록 운영조직과 공급업체의 원가절감 성과는 모두 증가한다.

(증명)

식 (22), 식 (23)의 R_1^{**} , R_2^{**} 에서 $\theta = \{[1-(1/(1+$

$d)/[1-(1/(1+d))] \geq 1$ 로 정의된다. 편미분을 이용하면 $\theta > 0$ 이고, $(R_1^{**})_\theta > 0$, $(R_2^{**})_\theta > 0$ 이므로 $(R_1^{**}Q)_t > 0$, $(R_2^{**}Q)_t > 0$ 이다. 또한 식 (22), 식 (23)의 R_1^{**} , R_2^{**} 에 Q 를 곱하여 $R_1^{**}Q$, $R_2^{**}Q$ 를 구한 후 이들을 Q 에 대해 1차 편미분하면 쉽게 $\text{sign}[(R_1^{**}Q)_Q] > 0$, $\text{sign}[(R_2^{**}Q)_Q] > 0$ 임을 알 수 있다. 그러므로 [정리 5]의 결과는 자명하다. □

컴퍼넌트 계약수량이 많은 공급업체는 제품 생산에 더욱 중요한 역할을 담당하며, 긴 계약기간은 공급망 내 장기적 관계 형성을 의미하므로 공급망 내 전략적 관계를 나타내는 척도 중 중요한 두 가지를 계약수량과 계약기간으로 볼 수 있을 것이다. 또한 계약수량이 많고, 계약기간이 길수록 협력적 원가절감 성과는 더 많은 제품의 생산에 영향에 미치게 되므로 공급망에 더 큰 이익을 창출하게 된다. 그러므로 공급망 상생협력 활동을 고려할 때, 구매업체는 공급업체와의 전략적 관계를 필수적으로 고려하고, 관계가 긴밀한 전략적 동맹 관계(strategic alliance)에 있는 공급업체와의 상생협력 활동을 우선적으로 선택하여야 한다. 단기 소량 계약에 의존하는 단순 거래관계(transactional relationship)에 있는 공급업체와의 협력적 활동은 공급망 성과에 크게 도움이 되지 않을 가능성이 높다.

[정리 6]

구매업체 입장에서 공급망 원가절감 활동의 비효율성 g_1 이 높아질수록 내부 운영조직의 원가절감 성과는 낮아지고, 외부 공급업체의 원가절감 성과는 높아진다.

(증명)

식 (22), 식 (23)을 이용해 편미분하면 $\text{sign}[(R_1^{**}Q)_{g_1}] < 0$, $\text{sign}[(R_2^{**}Q)_{g_1}] > 0$ 이므로 [정리 6]은 명확하다. □

높은 성과를 창출할 수 있는 여러 프로젝트들을 동시에 진행하고 있는 경우, 내부 구성원의 특정 프

로젝트 투입은 제한된 자원의 기회 손실 가능성을 염두에 두고 매우 신중하게 결정되어야 한다. 구매업체가 양질의 다양한 프로젝트 포트폴리오를 구성하고 있어 공급업체와 함께 진행하는 협력적 공급망 활동의 비효율성이 상대적으로 높은 경우, [정리 6]의 결과와 같이 구매업체는 내부 운영조직보다 외부 공급업체가 공급망 활동을 주도하도록 유도할 필요가 있다. 이러한 경우 외부 공급업체에 대한 높은 수준의 성과 공유 약속은 필수 사항일 것이다.

[정리 7]

(1) 운영조직과 공급업체의 원가절감 성과는 자신의 원가절감 성과에의 공헌이 클수록 증가하며, 다른 대리인의 공헌이 클수록 감소한다. 단 이러한 관계는 협력적 공급망 원가절감 활동이 구매업체의 다른 활동들에 비해 상대적으로 효율적(작은 g_1)일 경우에 해당한다.

(2) 각 대리인들의 공헌가능성은 여러 요인들에 의해 복합적으로 영향을 받는다. 조립라인 원가절감 효과 c_1 , 컴퍼넌트 비용 절감 효과 c_2 , 컴퍼넌트 한계 비용 절감 가능성(P_1), 컴퍼넌트 비용의 성과 차이 $(C_h - C_l)$ 가 증가하면 운영조직의 공헌가능성 j 는 증가하고, 컴퍼넌트 비용 절감 효과 c_2 , 컴퍼넌트 한계 비용 절감 가능성(P_2), 컴퍼넌트 비용의 성과 차이 $(C_h - C_l)$ 가 증가할 때 공급업체의 공헌가능성 k 는 증가한다.

(3) 자신의 노력 투입에 따른 직접적 비효율의 한계 변화(즉, 운영조직의 D_{xx} , D_{yy} , D_{xy} 및 공급업체의 E_{zz})가 증가할수록 운영조직의 공헌가능성 j 와 공급업체의 공헌 가능성 k 는 각각 감소한다.

(증명)

식 (22), 식 (23)을 이용해 편미분하면 $\text{sign}[(R_1^{**}Q)_j] > 0$, $\text{sign}[(R_2^{**}Q)_j] < 0$ 이다. 그리고 $\text{sign}[(R_1^{**}Q)_k] = \text{sign}[g_1a - m\theta Q]$, $\text{sign}[(R_2^{**}Q)_k] = \text{sign}[m\theta Q - g_1a]$ 을 얻는데, 여기서 $m = (a+a_2)j+a_2(a+a_1)(\alpha_s^2 + \sigma_c^2) > 0$ 이다. 그러므로 $g_1 < m\theta Q/(a)$ 일 때, $\text{sign}[(R_1^{**}Q)_k] < 0$, $\text{sign}[(R_2^{**}Q)_k] > 0$ 이다. 이를 통해

[정리 7](1)은 증명된다. 또한 식 (22)와 식 (23)에 정의된 j 와 k 의 수식으로부터 [정리 7](2)와 [정리 7](3)의 결과는 직접적으로 알 수 있다. □

공급망 상생협력 활동의 성과 공유는 일정 수준의 원가절감 성과를 여러 구성원들이 나누는 것이므로 자신이 성과에 더 크게 공헌할수록, 그리고 다른 구성원이 성과에 더 작게 공헌할수록 자신이 차지하는 성과 공유는 증가할 수 밖에 없으며, [정리 7](1)의 결과는 이러한 현실적 상황을 묘사하고 있다. 하지만 이러한 상황은 공급망 협력 활동이 효율적인 상황 하에서만 적용된다. 만약에 구매업체가 진행하는 다른 프로젝트들의 성과가 더 높아 협력적 원가절감 활동의 효율성이 낮은 상황임에도 프로젝트를 시작하여 내부 운영조직이 이미 투입되었을 경우, 비효율적 상황 하에서도 이들의 성과를 이끌어내기 위해 높은 성과 공유가 필요하다. 하지만 이는 공급망 성과에 도움이 되지 않는 상황이므로 [정리 6]의 결과에서처럼 공급망 협력 활동이 구매업체의 다른 프로젝트들에 비해 비효율적인 경우라면 애초에 내부 인원들보다 공급업체의 참여를 활성화시키는 것이 합리적인 선택일 것이다. 앞으로의 민감도 분석에서는 협력적 활동의 구매업체 내부 비효율성 g_1 이 충분히 작아 더 큰 공헌을 한 대리인들이 더 크게 보상을 받는 합리적인 상황만을 고려하도록 한다. 부가적으로 보인 [정리 7](2)와 [정리 7](3)의 결과에서는 운영조직과 공급업체의 원가절감 성과에의 공헌 가능성에 영향을 미치는 다양한 요소들을 보이고 있다. 상생협력 활동과 성과 공유에 있어 이들은 모두 검토되어야 하며, 여기서 다시 주목할 점은 내부 운영조직은 구매업체 내부의 조립라인 프로세스 개선과 외부 공급업체의 컴퍼넌트 원가 절감에 모두 관여한다는 점이다. 일반적으로 두 가지 활동에 모두 집중할 경우 비효율이 증가(D_{xy} 의 증가)하여 공헌 가능성이 낮아지게 되므로 구매업체는 공급업체를 지원하는 내부 운영조직의 노력 분배에 신경을 써야 할 것이다.

[정리 8]

공급망 원가절감 활동이 충분히 효율적으로 운영될 때(작은 g_1), 시장가격의 외적 변동 α_s^2 이 증가할수록 운영조직과 공급업체의 원가절감 성과는 모두 낮아진다.

(증명)

식 (22), 식 (23)의 R_1^{**} , R_2^{**} 를 α_s^2 으로 편미분하면 다음과 같은 결과를 얻는다. $\text{sign}[\partial R_1^{**}/\partial(\alpha_s^2)] = \text{sign}[g_1\{k((a+a_1)k+(aa_1+aa_2+a_1a_2)(\alpha_s^2+\sigma_c^2))+aa_1+aa_2+a_1a_2)(\alpha_s^2+\sigma_c^2)(k+(a+a_2)(\alpha_s^2+\sigma_c^2))\}-\{a_1(a+a_2)j(2k+(a+a_2)(\alpha_s^2+\sigma_c^2))+a_1k(jk-aa_2(\alpha_s^2+\sigma_c^2)^2)\}\theta Q]$, $\text{sign}[\partial R_2^{**}/\partial(\alpha_s^2)] = \text{sign}[g_1a\{jk-(aa_1+aa_2+a_1a_2)(\alpha_s^2+\sigma_c^2)\}-\{a_2(a+a_1)k(2j+(a+a_1)(\alpha_s^2+\sigma_c^2))(\sigma_s^2+\sigma_c^2)+(a+a_2)j(jk-aa_1(\alpha_s^2+\sigma_c^2)^2)\}\theta Q]$. 여기서 식 (22), 식 (23)에서 정의된 바와 같이 $jk > (aa_1+aa_2+a_1a_2)(\alpha_s^2+\sigma_c^2)^2$ 이다. 그러므로 $g_1 < [a_1(a+a_2)j(2k+(a+a_2)(\alpha_s^2+\sigma_c^2))(\alpha_s^2+\sigma_c^2)+(a+a_1)k(jk-aa_2(\alpha_s^2+\sigma_c^2)^2)]\theta Q/\{[k((a+a_1)k+(aa_1+aa_2+a_1a_2)(\alpha_s^2+\sigma_c^2))+aa_1+aa_2+a_1a_2)(\alpha_s^2+\sigma_c^2)(k+(a+a_2)(\alpha_s^2+\sigma_c^2))]\}$ 일 때 $\text{sign}[\partial(R_1^{**}Q)/\partial(\alpha_s^2)] < 0$ 이고, $g_1 < [a_2(a+a_1)k(2j+(a+a_1)(\sigma_s^2+\sigma_c^2))(\alpha_s^2+\sigma_c^2)+(a+a_2)j(jk-aa_1(\alpha_s^2+\sigma_c^2)^2)]\theta Q/[a\{jk-(aa_1+aa_2+a_1a_2)(\alpha_s^2+\sigma_c^2)\}\theta Q]$ 일 때 $\text{sign}[\partial(R_2^{**}Q)/\partial(\alpha_s^2)] < 0$ 가 성립한다. 그러므로 [정리 8]은 자명하다. □

일반적인 공급망 원가절감 활동은 목표원가를 설정한 후 절감된 원가가 이에 얼마나 접근하였는지를 판단하여 성과 평가와 성과 공유가 이루어지게 되며, 목표원가는 변동하는 시장가격을 고려하여 결정되는 것이 일반적이다[1, 2, 17, 19]. 이러한 현실의 상황을 반영하여 본 연구 역시 단위당 이익을 보전하기 위한 목표원가를 모형 내에 포함하였다. 목표원가는 시장가격을 고려하여 결정되어 시장가격의 변동성이 함께 포함되므로 이는 공급망 구성원들의 위험회피 성향과 결합되어 [정리 8]의 결과가 나타나게 된다. 목표원가의 도입은 외부 시장의 변동성으로 인한 위험이 협력적 원가활동을 수행하

는 대리인들에게 전가되는 상황을 의미하므로 [정리 8]은 합리적인 결과로 볼 수 있다. 외부 환경이 크게 변동하여 시장가격을 예측하기 힘든 상황 하에서의 목표원가 설정은 대리인들이 달성하여야 할 성과 목표의 불확실성이 매우 높은 상황을 야기하는 것이다. 이러한 상황 하에서 높은 성과수준을 기대하는 것은 어려울 수 밖에 없으며, 높은 수준의 성과 공유를 보장하는 것 역시 지양되어야 한다. 그러므로 철저한 시장 조사를 통한 미래 가격 변동에 대한 정밀한 예측과 이를 통한 목표원가의 설정은 공급망 상생협력 활동 이전에 반드시 해결되어야 할 선결과제로 볼 수 있다. 또한 시장 환경이 급변하는 상황 하에 놓인 공급망이라면 목표원가의 설정보다는 과거 원가를 기초로 한 원가절감 활동의 선택이 더욱 합리적일 수도 있다.

[정리 9]

공급망 원가절감 활동이 충분히 효율적으로 운영될 때(작은 g_1), 원가 절감 성과의 내적 불확실성 α_c^2 이 증가할수록 운영조직과 공급업체의 원가절감 성과는 모두 낮아진다.

(증명)

[정리 8]과 유사한 방법으로 접근하면 [정리 8]과 동일한 각각의 g_1 범위에서 $\text{sign}[\partial (R_1^{**}Q)/\partial (\alpha_c^2)] < 0$ 이고, $\text{sign}[\partial (R_2^{**}Q)/\partial (\alpha_c^2)] < 0$ 임을 알 수 있다. 그러므로 [정리 9]는 성립된다. □

협력적 공급망 원가절감 활동의 성과에 대한 불확실성이 클 경우, 즉 일정 수준의 노력 투입이 어느 수준의 원가절감 성과를 가져오는지 예측하기가 매우 어려운 경우 해당 프로젝트의 위험은 매우 높다고 할 수 있으며, 이렇게 성과의 불확실성이 높은 상황 하에서 위험회피 성향을 가지는 대리인들의 노력 투입은 일반적으로 매우 어려워질 수 밖에 없다. 그러므로 공급망 상생협력활동을 주도하는 구매업체는 프로젝트의 개시 이전에 VA 또는 VE활동 등을 통해 제품의 원가를 구성하고 있는 요소들에 대해 면밀히 분석하여 어떤 부분에서 어느 정도의 원가 절감이 가능할 것인지에 대해 철저히 정량적으로 사전 평가하여야 할 것이다. 또한 구매업체는 공급망 상생협력활동에 참여하는 공급업체를 선별할 때 비용 및 품질 역량, 프로젝트 수행 경험 및

<표 1> 매개변수 값의 증가에 따른 변수의 행태(↑ : 증가, ↓ : 감소, ⇕ : 조건에 따라 증가 또는 감소, - : 변화 없음)

매개변수 값의 증가		성과 공유 및 원가절감 성과	
		운영조직($B_1^{**}Q$)	공급업체($B_2^{**}Q$)
계약기간	t	↑	↑
계약수량	Q	↑	↑
상생협력 활동의 비효율성	g_1	↓	↑
운영조직의 성과 공헌 가능성	j	↑	↓
공급업체의 성과 공헌 가능성	k	↓ ^a	↑ ^a
시장가격의 외적 변동	α_s^2	↓ ^b	↓ ^c
원가 절감의 내적 불확실성	α_c^2	↓ ^b	↓ ^c

a : $g_1 < [(a+\alpha_2)j+\alpha_2(a+\alpha_1)(\alpha_s^2+\alpha_c^2)]\theta Q/(al)$ 이면 성립. 아니면 부호는 반대.

b : $g_1 < [a_1(a+\alpha_2)j(2k + (a+\alpha_2)(\alpha_s^2+\alpha_c^2))(\alpha_s^2+\alpha_c^2) + (a+\alpha_1)k(jk - \alpha\alpha_2(\alpha_s^2+\alpha_c^2)^2)]\theta Q/\{[k((a+\alpha_1)k+(a\alpha_1+\alpha\alpha_2+\alpha_1\alpha_2)(\alpha_s^2+\alpha_c^2)) + (a\alpha_1+\alpha\alpha_2+\alpha_1\alpha_2)(\alpha_s^2+\alpha_c^2)(k + (a+\alpha_2)(\alpha_s^2+\alpha_c^2))]\}$ 이면 감소. 아니면 증가.

c : $g_1 < [a_2(a+\alpha_1)k(2j + (a+\alpha_1)(\alpha_s^2+\alpha_c^2))(\alpha_s^2+\alpha_c^2) + (a+\alpha_2)j(jk - \alpha\alpha_1(\alpha_s^2+\alpha_c^2)^2)]\theta Q/\{al[jk - (a\alpha_1+\alpha\alpha_2+\alpha_1\alpha_2)(\alpha_s^2+\alpha_c^2)^2]\}$ 이면 감소. 아니면 증가.

능력, 구매업체와의 전략적 관계 등을 확실히 검증하여 프로젝트 내부의 불확실성을 제거하는 노력을 기울여야 할 것이다. [정리 5]에서 [정리 9]까지의 결과를 정리하면 <표 1>과 같다.

7. 결 론

본 연구는 구매업체와 공급업체가 공존하는 공급망 환경 내에서 공급망 역량 개선을 위한 상생협력 활동과 상생협력의 성공을 위한 성과공유의 결정에 대해 다루었다. 여러 유형의 협력적 활동 중 공급망을 주도하는 구매업체가 내부 운영조직과 외부 공급업체를 이끌고 원가절감 활동을 전개하고, 이의 성과를 공유하는 일반적 상황을 고려하였으며, 대리인 모형을 근간으로 수학모형을 구성하였다. 연구모형에는 과거 연구들에서 찾아보기 쉽지 않았던 목표원가 개념을 포함하였는데, 목표원가가 원가절감 성과의 평가 기준이 되어 이를 기반으로 성과공유가 일어나는 현실적 상황을 고려하였다. 또한 현실의 상생협력 상황에 대한 고찰을 통해 대리인들 간의 협력, 구매업체의 공급업체에의 지원, 상생협력 활동에의 노력 투입으로 인한 구매업체의 기회 손실, 외부 시장가격의 변동 등을 모형에 포함하였으며, 계약수량 및 계약기간을 고려하여 공급망 내 구성원들 간의 전략적 관계의 정도가 성과공유와 원가절감 성과에 어떠한 영향을 미치는지 분석하고자 하였다.

연구모형의 분석을 통해 여러 결과들을 도출하였는데, 이들을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 목표원가 기반의 성과공유 방법을 활용하는 현실의 공급망 협력 활동에서 완벽한 공급망 조정은 불가능하다. 하지만 성과공유를 통해 공급망 구성원들이 높은 성과를 이루도록 유도하는 것은 가능하므로 합리적인 성과공유 방안이 마련되어야 한다.

둘째, 성과 공유는 공급망 구성원들의 성과에 대한 실제 공헌에 의거해 차별적으로 분배되어야 하며, 이를 통해 더 높은 공급망 개선 성과를 이루어

내는 것이 가능하다. 이를 위해서는 분명한 성과분석 시스템의 도입으로 구성원 개별 성과평가가 합리적으로 이루어질 수 있어야 한다.

셋째, 공급망 상생협력 활동에 참여할 구성원을 선택할 때, 공급망 내 전략적 관계는 필수적으로 고려되어야 한다. 단기 거래관계에 있는 공급업체와의 협력으로는 높은 공급망 개선 효과를 기대하기 힘들며, 많은 수량을 공급하는 장기적 동맹 관계의 공급업체가 우선적으로 고려되어야 한다.

넷째, 공급망을 주도하는 기업은 공급망 개선활동을 개시하기 이전에 다른 프로젝트들과의 상대적 효율성을 반드시 고려하여야 한다. 상대적으로 내부 효율성이 떨어지는 공급망 활동은 내부 구성원의 투입을 최소화하고, 외부 공급망 구성원들이 주도하도록 하는 것이 합리적인 선택이다. 단 이러한 경우 높은 개선 효과를 보일 수 있도록 외부 구성원들에게 충분한 성과공유를 보장하여야 한다.

다섯째, 외부 공급업체를 지원하는 내부 구성원의 성과 보상과 역할 분배에도 관심을 기울여야 한다. 내부 및 외부 개선 활동을 동시에 수행하는 경우 업무 비효율 발생으로 높은 성과를 보이기 어려울 수 있으므로, 충분한 성과 보상을 통한 동기 부여가 필요하다.

여섯째, 외부 요인으로 시장 가격이 크게 변동하는 상황 하에서의 목표원가 설정은 성과목표의 불확실성을 높여 구성원들의 성과에 악영향을 미칠 수도 있다. 그러므로 목표원가 설정 이전에 미래 가격 변동에 대한 정밀한 예측이 필요하며, 시장 변동성이 지나치게 큰 경우라면 목표원가 대신 과거 원가에 대비한 성과 측정 방법 등도 고려해볼 수 있겠다.

일곱째, 공급망 협력 활동을 개시하기 이전에 개선 성과를 불확실하게 만드는 내부 요인들을 제거하는 것에 먼저 역점을 뒀야 한다. 철저한 VA/VE 활동, 공급업체 역량 평가 등이 그 방법일 수 있을 것이다.

전체적으로 본 연구는 공급망 내 구성원들 간의 협력적 상생활동과 성과의 공유 방법, 그리고 성과공유의 공급망 성과 개선에의 영향을 분석한 연구

로 이를 위한 연구 모형을 제공하였으며, 모형 분석을 통해 상생협력 활동의 전개에 있어 반드시 고려되어야 하는 시사점들을 제공하였다. 목표원가, 공급망 구성원들 간의 협력, 구매업체의 공급업체 지원 등 최근 공급망 상생협력 활동의 실제 현실을 반영하였다는 점 등을 고려해볼 때, 공급망 협력 활동을 다루는 앞으로의 연구들의 기본 틀로 활용될 수 있을 것으로 기대해 본다. 또한 본 연구에서 활용된 함수의 가정들을 완화한 후속 연구도 기대해 볼 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 산업자원부, 「2007 대중소기업 성과공유제 사례집」, 산업자원부, 2007.
- [2] 지식경제부, 「성과공유제 추진 사례」, <http://www.winwin.go.kr/korean/viewforum.php?f=113&topicdays=0&sort=0&order=0&sort2=0&order2=0&start=0>(2009년 1월 8일 검색), 2009.
- [3] Ahn, S., H. Rhim, and S.H. Seog, "Response time and vendor-assembler relationship in a supply chain," *European Journal of Operational Research*, Vol.184, No.2(2008), pp.652-666.
- [4] Baiman, S., P.E. Fischer, and M.V. Rajan, "Information, contracting, and quality costs," *Management Science*, Vol.46, No.6(2000), pp.776-789.
- [5] Balachandran, K.R. and J. Ronen, "Incentive contracts when production is subcontracted," *European Journal of Operational Research*, Vol.40, No.2(1989), pp.169-185.
- [6] Balachandran, K.R. and S. Radhakrishnan, "Quality implications of warranties in a supply chain," *Management Science*, Vol.51, No.8(2005), pp.1266-1277.
- [7] Callen, J.L., "Management bonus plans in a multiple-agent environment," *Managerial and Decision Economics*, Vol.9, No.2(1988), pp.127-131.
- [8] Chalos, P. and J. Sung, "Outsourcing decisions and managerial incentives," *Decision Sciences*, Vol.29, No.4(1998), pp.901-919.
- [9] Corbett, C.J. and G.A. DeCroix, "Shared-savings contracts for indirect materials in supply chains : Channel profits and environmental impacts," *Management Science*, Vol.47, No.7(2001), pp.881-893.
- [10] Corbett, C.J., G.A. DeCroix, and A.Y. Ha, "Optimal shared-savings contracts in supply chains : Linear contracts and double moral hazard," *European Journal of Operational Research*, Vol.163, No.3(2005), pp.653-667.
- [11] Gagne, M.L. and R. Discenza, "Target costing," *Journal of Business and Industrial Marketing*, Vol.10, No.1(1995), pp.16-22.
- [12] Gan, X., S.P. Sethi, and H. Yan, "Coordination of supply chains with risk-averse agents," *Production and Operations Management*, Vol.13, No.2(2004), pp.135-149.
- [13] Gibbons, R., "Incentives between firms (and within)," *Management Science*, Vol.51, No.1(2005), pp.2-17.
- [14] Hwang, I., S. Radhakrishnan, and L. Su, "Vendor certification and appraisal : Implications for supplier quality," *Management Science*, Vol.52, No.10(2006), pp.1472-1482.
- [15] Iyer, A.V., L.B. Schwarz, and S.A. Zenios, "A principal-agent model for product specification and production," *Management Science*, Vol.51, No.1(2005), pp.106-119.
- [16] Li, C.L. and P. Kouvelis, "Flexible and risk-sharing supply contracts under price uncertainty," *Management Science*, Vol.45, No.10(1999), pp.1378-1398.

- [17] Liker, K.L., *The Toyota way*, McGraw-Hill, 2004.
- [18] McMillan, J., "Managing suppliers : Incentive systems in Japanese and U.S. industry," *California Management Review*, Vol.32, No.4(1990), pp.38-55.
- [19] Nishiguchi, T., *Strategic industrial sourcing : The Japanese advantage*. Oxford University Press, 1994.
- [20] Plambeck, E.L. and S.A. Zenios, "Performance-based incentives in a dynamic principal-agent model," *Manufacturing and Service Operations Management*, Vol.2, No.3 (2000), pp.240-263.
- [21] Porteus, E.L. and S. Whang, "On manufacturing/marketing incentives," *Management Science*, Vol.37, No.9(1991), pp.1166-1181.
- [22] Schenk-Mathes, H.Y., "The design of supply contracts as a problem of delegation," *European Journal of Operational Research*, Vol. 86, No.1(1995), pp.176-187.
- [23] Simchi-Levi, S., D. Wu, and Z. Shen, *Handbook of quantitative supply chain analysis : Modeling in the e-business era*, Springer, 2004.
- [24] Sivaramakrishnan, K., "Information asymmetry, participation, and long-term contracts," *Management Science*, Vol.40, No.10(1994), pp.1228-1244.
- [25] Tsay, A.A., "The quantity flexibility contract and supplier-customer incentives," *Management Science*, Vol.45, No.10(1999), pp.1339-1358.
- [26] Wagner, S.M. and G. Friedl, "Supplier switching decisions," *European Journal of Operational Research*, Vol.183, No.2(2007), pp. 700-717.
- [27] Yang, Y.L., "Profit sharing and standard setting in production and procurement management," *Applied Economics*, Vol.26, No.2 (1994), pp.95-105.
- [28] Yoshino, M. and S. Rangan, *Strategic alliances : An entrepreneurial approach to globalization*, Harvard Business School Press, 1995.