

## 완성품생산자와 부품공급자의 품질게임 : 품질계약내용 및 품질관련변수가 품질수준에 미치는 영향

김 남 영\*

A Quality Game between Producer and Supplier : the effect of  
the contract terms and the quality related variables on product quality

Nam Young Kim\*

### ■ Abstract ■

This paper examines the effect of the producer-supplier quality contract parameters and the magnitude of the quality related variables on the quality of the final products. Our analysis focuses on the parties' equilibrium behavior in a quality game environment where the supplier should choose among the two production technologies, one requiring high cost but producing high quality parts and the other requiring low cost but producing low quality parts and where the producer should decide whether to do the inspection of the parts. The game framework is employed to depict the potential conflicts existing between the producer and the supplier because the producer can not observe the supplier's choice and each party wants the other to bear the cost of producing high quality products. In our model, we specifically consider the competitive situation where the producer competes with a firm producing the same product. We employ the market share attraction model to incorporate the competitive situation and completely characterize the equilibrium by using the Nash equilibrium concept for the game solution. Our results show that the equilibrium depends on the contract terms and the magnitude of the quality related variables. Compared to the non-competitive situation, the probability of producer's inspection and the probability of supplier's choosing the high quality technology increases in a competitive situation. This is true even when the competitor's quality is lower than the producer's lowest. As a result, the quality of the final product increases in a competitive situation. And as the failure cost borne by the supplier increases, the probability of choosing the high quality technology increases and the probability of inspection decreases. The net effect of this results in the decrease of the final product quality.

Keyword : Product quality, Contract, Game, Nash equilibrium, Inspection

## 1. 서 론

우수한 품질의 확보를 위하여 부품공급자가 고품질의 부품을 생산할 수 있는 기술 혹은 공정을 이용하고 또한 생산된 부품에 대한 품질검사를 시행하며 그 비용을 전액 부담한다면 부품을 의주하는 완성품생산자 입장에서는 더 이상 바랄 것이 없을 것이다. 그러나 이러한 것을 기대한다는 것은 현실적으로 무리가 있는데 그 것은 생산자나 공급자나 모두 고품질의 제품을 생산하는데 발생하는 비용을 상대방이 부담하기를 바라기 때문이다. 게다가 공급자가 고품질의 부품을 생산하고 또 품질검사비용을 부담한다고 약속하더라도 생산자가 공급자의 행동을 관찰할 수 없기 때문에 생산자와 공급자간에 신뢰가 형성되지 않은 상태에서 공급자가 약속을 성실하게 이행한다는 보장도 없다. 이러한 경우에 생산자는 공급자와의 계약을 통하여 품질수준을 보장하는 방법을 생각해 볼 수 있는데 그러한 계약의 내용에는 생산자가 품질검사를 했을 경우에 발견되는 불량부품의 처리문제, 불량부품으로 인하여 제품이 반품되었을 경우 발생하는 품질실패비용의 분담 등 여러 가지가 포함될 수 있다. 본 논문에서는 완성품생산자와 부품공급자간의 계약내용 및 품질관련 변수와 관련하여 과연 공급자는 어느 경우에 고품질의 부품을 공급할 것인지, 생산자는 품질확인 차원에서 공급받는 부품에 대한 품질검사를 해야 하는지 등에 대하여 살펴보고 또한 계약내용이 완성품 품질수준에 미치는 영향에 대하여 알아본다.

완성품생산자와 부품공급자의 관계에 있어서 품질수준문제와 관련하여 협조적일 수도 있으나 그렇지 못하고 충돌이 있을 수 있는 이유는 앞서도 언급이 있었듯이 생산자가 공급자의 행동을 관찰할 수 없기 때문이다. 공급자는 이러한 점을 이용하여 비용이 적게 드는 저품질의 부품을 공급하려는 경향이 있으며 반면에 생산자는 품질수준을 확인하는 수단으로 품질검사라는 방법을 택할 수 있다. 이러한 상황설정이 적합함을 보여주는 예로

서 Reyniers and Tapiero(1995a)와 같이 공급자가 선택하는 재고정책에 따라 공급품의 품질이 좌우되지만 생산자는 이를 관찰할 수 없는 경우를 생각할 수 있다. 예를 들어, 부패하기 쉬운 원료를 취급하는 공급자의 경우, 공급자가 재고정책으로 선입선출법을 이용하면 제품이 적절하게 회전되므로 공급품의 품질이 좋으나 후입선출법을 이용하면 공급품의 품질이 나쁘다. 그러나 공급자는 비용상의 이유로 후입선출법을 이용하려는 동기가 있는데 이러한 공급자의 재고정책선택을 생산자가 관찰할 수는 없으나 품질검사를 통하여 공급품의 품질을 확인할 수 있고 이 것이 당사자간의 이익분배 문제에 영향을 미치는 경우를 생각할 수 있다. 또한 Reyniers and Tapiero (1995b)에서 언급되는 프랜차이즈계약의 예도 본 논문이 다루는 문제와 관련성이 있다. 프랜차이즈 계약 내용은 프랜차이즈 상점들이 제공하는 품질수준에 영향을 미치며 또한 프랜차이즈 모기업이 추구하는 감찰절차에도 영향을 미친다. 이와 같이 성과를 완벽하게 관찰할 수 없는 경우 혹은 계약 이행을 강요할 수 없는 경우에 그 성과를 확인할 수 있는 절차 및 그로 인한 이익분배문제를 계약상 삽입하는 경우가 본 논문에서 다루는 문제에 포함된다.

이러한 생산자와 공급자와의 상충적인 관계를 분석하기 위하여 본 논문에서는 Reyniers(1992)와 Reyniers and Tapiero(1995a, 1995b)에서와 같이 게임이론의 틀을 도입하는데 도입되는 게임모델은 일종의 비협동(Noncooperative)게임(Shubik, 1982)이다. 생산자와 공급자의 품질게임에서 생산자의 경우에 품질검사는 비용을 수반하므로 비용 발생을 감수하고 검사를 할 것인지 아니면 비용절감의 차원에서 검사를 하지 않을 것인지 결정을 해야 하고 반면에 공급자는 비용을 절감하는 차원에서 불량률이 높은 공정을 이용하여 부품을 생산할 것인지 아니면 비용이 더 발생하더라도 불량률이 낮은 공정을 이용하여 부품을 생산할 것인지 결정을 해야 한다. 여기서 한 가지 주의할 것은 생산자의 검사여부 및 공급자의 공정선택 결정이 계약 후에

이루어진다는 것이다. 따라서 생산자와 공급자의 의사결정은 정보의 불균형과는 관계가 없는 게임에 참가하는 당사자들의 게임전략으로 고려되는 것이라는 점이다. 이런 점에서 본 논문에서 고려하는 모델은 정보의 불균형에 초점을 맞추는 대리인 이론과는 거리가 있다.

품질관리를 계약 측면에서 연구한 논문으로서 Chew and Pisano(1990)의 논문이 있는데 그들의 논문은 수직적 통합과 장기공급계약 중 어느 것이 나은 지에 대한 것이어서 내용상 본 논문과는 거리가 있다. 계약 조건에 따른 완성품생산자의 검사시행여부 및 부품공급자의 부품품질수준결정에 대한 균형행동에 대한 논문으로 Reyniers and Tapiero(1995a, 1995b)가 있으며, 그들의 논문과는 달리 정보의 불균형측면에서 즉 생산자가 공급자의 능력에 대한 정보가 없다는 가정하에 생산자의 예상수익을 극대화하기 위한 계약조건에 대한 분석을 다룬 Lim(2001)이 있다. 그러나 그들의 논문은 생산자와 공급자의 관계를 분석하는데 있어 독점의 경우 즉 생산자에게 경쟁자가 없는 경우에 국한하였으나 경쟁이 있는 경우와 없는 경우는 상당한 차이가 있으므로 본 논문에서는 생산자에게 경쟁자가 있을 경우 특히 복잡의 경우의 생산자와 공급자간의 관계를 다룬다. 본 논문에서는 Reyniers and Tapiero(1995a, 1995b)의 모델에 기업간의 경쟁 요소를 추가하여 모델을 만들고 경쟁이 없는 경우와 비교분석 한다. 경쟁관계를 모델화하기 위하여 마케팅 분야에서 자주 이용되는 Market Share Attraction Model(Beckwith, 1973 ; Naert and Bultez, 1973)을 도입하고, 분석을 위하여 게임 이론에서의 Nash 균형(Nash, 1951 ; Gibbons, 1992) 개념을 이용한다.

경쟁이 있을 경우에 우선적으로 생각할 수 있는 것은 완성품생산자가 경쟁이 없는 경우와 비교하여 품질에 한층 더 관심을 가지게 될 것이므로 부품공급자와의 계약에서도 이러한 면이 반영된 것이라는 것이다. 본 논문은 이러한 경쟁이 있을 경우의 생산자와 공급자간의 품질게임에 있어서의

균형행동을 규명하며 이러한 균형행동이 생산자와 공급자간의 계약내용 및 품질관련변수에 따라 달라짐을 보인다. 본 논문에서 얻은 게임결과로부터 일반적으로 다음과 같은 해석이 가능하다. 경쟁이 없는 경우와 비교하여 경쟁이 있는 경우에 전체적으로 공급자가 고품질의 부품을 공급하는 확률이 높아지며 생산자의 경우에도 품질검사를 하는 확률이 높아진다. 그리고 이러한 확률은 경쟁자의 품질수준이 높을수록 높아진다. 이 결과는 경쟁자의 품질수준이 생산자의 최저 품질수준보다 낮을 경우에도 그대로 적용된다. 생산자가 검사를 하는 확률이 높아지는 것과 동시에 공급자가 고품질의 부품을 공급하는 확률도 높아지기 때문에 자연스럽게 완성품의 품질수준은 높아지게 된다. 그리고 완성품의 불량으로 인한 품질실패비용에 대한 공급자의 부담율이 높아지면 공급자가 고품질의 부품을 공급할 확률이 높아지고 생산자가 품질검사를 할 확률은 감소하나 경쟁이 없는 경우에 비하여 그 변동의 폭은 작다. 그리고 품질실패비용에 대한 공급자의 부담율이 높아지면 극단적인 경우를 제외하고 완성품의 품질수준은 낮아진다. 이 것은 공급자에게 품질실패비용에 대한 부담을 많이 하도록 하는 것이 바람직한 것은 아님을 보여준다.

제 2장에서는 경쟁이 있는 경우와 없는 경우를 비교분석하기 위하여 만든 품질게임 모델에 대하여 설명하고 제 3장에서는 품질게임의 균형을 찾아 분석 및 토론을 하며 마지막으로 제 4장에서는 결론과 앞으로의 연구방향에 대하여 서술한다.

## 2. 모 델

본 논문에서는 생산자와 공급자간의 부품공급 계약에 대한 두 가지 모델이 등장한다. 하나는 경쟁이 없는 경우의 생산자-공급자의 품질게임 모델이며 다른 하나는 경쟁이 있는 경우의 생산자-공급자 품질게임 모델이다. 경쟁이 없는 경우의 모델은 Reyniers and Tapiero(1995a, 1995b)의 모델을 약간만 변경하여 이용하였으며, 경쟁이 있는 경

위의 모델은 경쟁이 없는 경우의 모델에 경쟁을 모델화하기 위한 Market Share Attraction 모델을 접목한다. 두 가지의 모델에 공통으로 사용되는 기호에 대한 설명은 다음과 같다.

P	: 단위당 공급부품가격
$D_L$	: 저품질 공정의 불량률
$D_H$	: 고품질 공정의 불량률
$C_L$	: 저품질 공정의 생산비용
$C_H$	: 고품질 공정의 생산비용
T	: 생산자의 단위당 검사비용
R	: 공급자의 단위당 불량품 수리비용을 포함한 제반비용
$\alpha$	: 실패비용의 공급자부담율
$(1-\alpha)$	: 실패비용의 생산자부담율
F	: 단위당 실패 비용
$\pi$	: 공급부품가격을 지불하기 전의 단위당 생산자 수익
q	: 경쟁자의 불량률

## 2.1 경쟁이 없을 경우의 생산자-공급자간의 게임

생산자가 공급자로부터 부품을 구입한다고 하자. 단위당 구입가격은 P로 한다. 공급자의 경우에 두 가지 옵션이 있는 데 하나는 불량률은 높으나 비용이 저렴한 공정을 이용하여 품질이 낮은 부품을 생산하는 것이고 다른 하나는 불량률은 낮으나 비용이 높은 공정을 이용하여 높은 품질수준의 부품을 생산하는 것이다. 저품질의 부품을 생산하는 공정의 불량률은  $D_L$  그리고 고품질의 부품을 생산하는 공정의 불량률을  $D_H$ 로 하고 각각의 경우의 단위당 생산비용을  $C_L$ ,  $C_H$ 로 표기한다. 참고로  $D_L > D_H$ 이고  $C_H > C_L$ 이라 가정한다. 생산자의 입장에서는 공급자가 불량률이 낮은 공정을 이용하여 부품을 생산하기를 바라는 것은 당연하나 아무런 제약조건이 없다면 공급자는 비용이 저렴한 공정을 이용하려는 동기가 있다. 물론 생산자가 제품에 대하여 높은 가격을 지불함으로써 공급자로 하여금 고품질의 부품을 생산하도록 유도할 수는 있으나 그럴

경우에도 공급자가 100% 고품질의 부품을 공급한다는 보장이 없다. 따라서 공급자가 성실하게 행동하도록 생산자 입장에서는 대책을 세워야 하는 것이다.

이러한 대책의 일환으로 생산자는 부품의 품질 수준을 알기 위한 품질검사를 시행할 수 있다. 만일 생산자가 검사를 하게 되면 불량부품을 완벽하게 가려낼 수는 있으나 단위당 검사비용(T)이 발생한다고 가정한다. 발견된 불량부품은 공급자에게 되돌려 보내고 새로운 부품을 공급받는데, 이때 공급자는 반품되는 불량부품에 대하여 단위당 제반비용(R)이 발생한다. 생산자가 검사를 하지 않으면 검사비용은 절감되나 불량부품이 들어있는 완제품의 불량으로 인한 반품이 생기게 되므로 단위당 품질실패비용(F)이 발생하게 된다. 이 때 계약상 품질실패비용의 분담에 대한 내용이 어떠한가에 따라 공급자의 행동이 달라지게 될 것이다. 공급자의 품질실패비용 분담율과 생산자의 분담율을 각각  $\alpha$ ,  $1-\alpha$ 로 한다. 마지막으로 부품가격을 지불하기 전의 생산자의 단위당 수익을  $\pi$ 로 표기한다.

위의 내용을 토대로 생산자의 경우의 완성품 단위당 기대수익과 공급자의 부품 단위당 기대 수익은 다음과 같다. 기대수익은 생산자와 공급자의 행동의 조합에 의하여 결정되는데 생산자의 품질검사여부 및 공급자의 저품질 혹은 고품질 공정 선택여부에 따라 각 자의 기대수익이 달라진다.

### ● 생산자의 완성품 단위당 기대수익

- (품질검사, 저품질 공정 선택)의 경우:  $\pi - T - P$
- (품질검사, 고품질 공정 선택)의 경우:  $\pi - T - P$
- (No 품질검사, 저품질 공정 선택)의 경우:

$$\pi - P - D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F$$

- (No 품질검사, 고품질 공정 선택)의 경우:

$$\pi - P - D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F$$

### ● 공급자의 부품 단위당 기대수익

- (품질검사, 저품질 공정 선택)의 경우:

$$P - D_L \cdot R - C_L$$

- (품질검사, 고품질 공정 선택)의 경우:

$$P - D_H \cdot R - C_H$$

		생 산 자	
		검 사 합	검 사 안 합
공급자	저품질	$(P - D_L \cdot R - C_L, \pi - T - P)$	$(P - D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L, \pi - P - D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F)$
	고품질	$(P - D_H \cdot R - C_H, \pi - T - P)$	$(P - D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H, \pi - P - D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F)$

[그림 1] 생산자-공급자 품질 게임(경쟁이 없는 경우)

c. (No 품질검사, 저품질 공정 선택)의 경우 :

$$P - D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L$$

d. (No 품질검사, 고품질 공정 선택)의 경우 :

$$P - D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H$$

공급자와 생산자간의 게임은 생산자는 “검사합”와 “검사안합”의 두 가지 전략 중 하나를 선택하고 공급자는 “저품질”과 “고품질” 전략 중 하나를 선택하는 [그림 1]과 같은 2×2 행렬게임으로 나타낼 수 있다.

[그림 1]의 좌측에는 공급자의 전략을 위쪽에는 생산자의 전략을 나열했으며 공급자와 생산자의 전략들의 조합은 모두 네 가지가 된다. 즉 저품질-검사합, 저품질-검사안합, 고품질-검사합, 고품질-검사안합. 괄호 안의 것은 공급자와 생산자의 기대수익을 나타내는 것으로 앞의 것은 공급자의 수익을, 뒤의 것은 생산자의 수익을 나타낸다. 예를 들어 공급자가 고품질의 전략을 택하고 생산자가 검사합의 전략을 택하는 경우 공급자는  $P - D_H \cdot R - C_H$  만큼의 기대수익을 얻고 생산자는  $\pi - T - P$  만큼의 수익을 기대할 수 있다. 위의 품질게임은 게임의 참가자가 상대방의 행동에 대한 정보가 없이 자신의 전략을 선택하므로 동시선택(simultaneous move) 게임이며 Nash 균형이 그 게임의 결과가 된다.

Nash 균형이란 어느 누구도 균형에서 단독적으로 이탈하여 다른 전략을 선택하려는 동기가 없는 경우의 균형을 말한다. 위의 게임의 경우는 품질 관련변수들의 값에 의하여 그 게임의 결과가 달라지며 게임의 결과는 다음과 같다(증명은 <부록 1> 참조).

<표 1>에서 예를 들어  $\Delta C / \Delta D \leq \alpha F$ 이고  $T < F_H$ 이면 공급자는 고품질의 공정을 선택하고 생산자는 품질검사를 하는 것이 Nash 균형이라는 것이다.  $\Delta C / \Delta D \leq \alpha F$ 은 공급자의 품질향상분에 대한 생산비용증가분 비율이 품질실패비용분담분보다 작을 경우를 말하며  $T < F_H$ 은 검사비용이 공급자가 고품질 공정을 선택했을 때의 품질실패비용에 대한 생산자의 분담분보다 작을 경우를 말한다.

위의 품질게임의 결과는 <표 1>에서와 같이 품질관련 변수들의 크기에 따라 그 균형이 달라짐을 알 수 있다. 위의 결과를 이용하면 다음과 같은 해석이 가능하다.

- 1)  $\Delta C / \Delta D$ (공급자의 품질향상분에 대한 생산비용증가분 비율)가 커지면 공급자가 저품질의 부품을 생산할 확률이 높아지므로 품질 확인의 차원에서 생산자가 품질검사할 확률이 높아진다. 검사할 확률이 높아지면 그만큼 불량품을 가려내는 확률이 커지므로  $\Delta C / \Delta D$ 은

<표 1> 품질 게임의 결과 (경쟁이 없는 경우)

	$T < F_H$	$F_H < T < F_L$	$T > F_L$
$\Delta C / \Delta D \leq \alpha F$	고품질 검사합	고품질 검사안합	고품질 검사안합
$\alpha F < \Delta C / \Delta D \leq R$	고품질 - 검사합	혼 합 전 략	저품질 - 검사안합
$\Delta C / \Delta D > R$	저품질 - 검사합	저품질 - 검사합	저품질 - 검사안합

주) 표에서  $\Delta C = C_H - C_L$ ,  $\Delta D = D_L - D_H$ ,  $F_L = D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F$ ,  $F_H = D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F$   
 혼합전략에 대한 것은 <부록 1> 참조

		생 산 자	
		검 사 함	검 사 안 함
공급자	저품질	$\left(\frac{1}{1+(1-q)}\right)(P-D_L \cdot R - C_L)$ , $\left[\frac{1}{1+(1-q)}\right](\pi - T - P)$	$\left(\frac{(1-D_L)}{(1-D_L)+(1-q)}\right)(P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L)$ , $\left[\frac{(1-D_L)}{(1-D_L)+(1-q)}\right](\pi - P - D_L \cdot (1-\alpha) \cdot F)$
	고품질	$\left(\frac{1}{1+(1-q)}\right)(P-D_H \cdot R - C_H)$ , $\left[\frac{1}{1+(1-q)}\right](\pi - T - P)$	$\left(\frac{(1-D_H)}{(1-D_H)+(1-q)}\right)(P-D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H)$ , $\left[\frac{(1-D_H)}{(1-D_H)+(1-q)}\right](\pi - P - D_H \cdot (1-\alpha) \cdot F)$

주) 품질수준 = 1 - 불량률, q : 경쟁자의 불량률

〈그림 2〉 생산자-공급자 품질 게임(경쟁이 있는 경우)

품질수준과 정의 관계에 있다.

- 2) T(검사비용)가 커지면 생산자가 검사할 확률이 작아지므로 공급자는 저품질을 공급할 확률이 높아진다. 따라서 T는 품질수준과 부의 관계에 있다.
- 3)  $\alpha$ (품질실패비용에 대한 공급자의 부담율)가 커지면 품질에 대한 책임이 공급자에게 더 많이 이양되므로 생산자가 검사할 확률이 낮아진다. 따라서  $\alpha$ 는 품질수준과 부의 관계에 있다.

## 2.2 경쟁이 있을 경우

본 논문에서는 분석을 간단히 하기 위하여 복점(duopoly)의 경우를 즉 생산자에게 경쟁자가 하나만 있는 경우를 분석한다. 그러나 본 논문에서의 분석 결과는 경쟁자가 둘 이상일 경우에도 적용 가능하다. 본 모델에서는 또한 분석을 간단히 하기 위하여 생산자가 검사를 하는 경우에 완벽하게 불량품을 가려낼 수 있으며 발견된 불량품은 공급자

에게 되돌려 보내진다고 가정한다. 따라서 생산자가 검사를 할 경우의 완제품의 불량률은 영이 되는 것이다.

경쟁기업간의 시장점유율은 마케팅 논문들에서 흔히 쓰이는 Market Share Attraction Model에 의하여 결정된다고 가정한다. 예를 들어 기업1의 품질이  $Q_1$ 이고 기업 2의 품질이  $Q_2$ 라고 했을 경우 기업 1의 시장점유율은  $Q_1/(Q_1+Q_2)$ 이다. 만일 경쟁자가 여럿이 있을 경우의 기업 1의 시장점유율은 분모에 모든 기업의 품질의 합을 대입하면 되므로 본 논문에서는 비록 경쟁기업이 하나있을 경우의 분석을 하지만 그 분석 결과는 경쟁자가 많을 경우에도 쉽게 확대 적용이 가능하다. 이러한 Market Share Attraction Model은 현실적이지는 않으나 자주 이용되는 모델이며 경쟁의 근본적인 효과에 대하여 분석하는 데는 이상이 없을 것으로 보인다.

경쟁이 있을 경우의 생산자-공급자간의 게임은

〈표 2〉 품질 게임의 결과 (경쟁이 있는 경우 : Nash 균형)

	$T < F_H + \gamma$	$F_H + \gamma < T < F_L + \delta$	$T > F_L + \delta$
$\Delta C / \Delta D \leq \alpha F + \beta$	고품질 검사함	고품질 검사안함	고품질 · 검사안함
$\alpha F + \beta < \Delta C / \Delta D \leq R$	고품질 - 검사함	혼 합 전략	저품질 - 검사안함
$\Delta C / \Delta D > R$	저품질 - 검사함	저품질 검사함	저품질 · 검사안함

주) 표에서  $\Delta C = C_H - C_L$ ,  $\Delta D = D_L - D_H$ ,  $F_L = D_L \cdot (1-\alpha) \cdot F$ ,  $F_H = D_H \cdot (1-\alpha) \cdot F$   
 $\beta = \left[\frac{1-q}{(1-D_H)(2-D_L-q)}\right](P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L)$   
 $\gamma = \left[\frac{1-\{(1-D_H)(2-q)\}}{(1-D_H)+(1-q)}\right](\pi - P - D_H \cdot (1-\alpha) \cdot F)$   
 $\delta = \left[\frac{1-\{(1-D_L)(2-q)\}}{(1-D_L)+(1-q)}\right](\pi - P - D_L \cdot (1-\alpha) \cdot F)$   
 ( $\beta, \gamma, \delta$ 에 대한 증명은 <부록 2> 참조)

[그림 2]와 같은 2×2 행렬게임으로 생각할 수 있다.  $q$ 를 경쟁자의 불량률이라고 했을 때, [그림 2]에서  $[1/(1+(1-q))]$ 은 생산자의 시장점유율인데 생산자가 검사를 하는 경우에는 불량률이 영이 되어 생산자의 품질수준은  $1-0=1$ 이 되고, 경쟁자의 불량률이  $q$ 인 경우 경쟁자의 품질수준은  $1-q$ 가 되므로 생산자의 시장점유율은  $1/(1+(1-q))$ 가 되는 것이다. 이 경우에도 경쟁이 없을 경우와 같이 Nash 균형을 살펴보면 <표 2>와 같다(증명은 <부록 2> 참조).

### 3. 해석 및 토론

<표 2>는 경쟁이 있을 경우 생산자와 공급자의 품질관련 변수의 크기에 따라 예상되는 결과를 보여준다. 예를 들어 품질검사비용( $T$ )이 작고 품질향상분에대한 생산비용증가분 비율( $\Delta C/\Delta D$ )이 작을 경우 공급자는 고품질의 부품을 공급하고 생산자는 품질검사를 하게 된다. 경쟁이 있을 경우에 불량품은 품질실패비용의 발생을 초래하는 것뿐만 아니라 시장점유율의 감소도 가지고 오게 되므로 그 영향은 경쟁이 없는 경우에 비하여 훨씬 크다. 따라서 생산자나 공급자나 경쟁이 없는 경우에 비하여 품질에 보다 관심을 기울이는 것은 당연하다. 다음은 경쟁이 있을 경우의 생산자와 공급자의 균형행동을 정리한 것이다.

- 1) 경쟁이 없는 경우에 비하여 공급자가 고품질의 부품을 공급하는 확률은 높아지며 경쟁자의 품질수준이 높을수록 그 확률은 높아진다. 그리고 경쟁자의 품질수준이 생산자의 최저 품질수준보다 낮은 경우에도 공급자가 고품질의 부품을 공급하는 확률은 높아진다.

<표 2>와 <표 1>을 비교해 보면 <표 2>의 경우 공급자가 고품질의 부품을 공급하는 영역이 확장되었는데 이것은  $T < F_H + \gamma$ 의 경우  $\gamma$ 만큼 경쟁이 없는 경우에 비하여 확장되었으며, 또한  $\Delta C/\Delta D < \alpha F + \beta$ 의 경우  $\beta$ 만큼 그 폭이 확장되었기

때문이다. 이는 불량품으로 인한 생산자의 시장점유율의 감소가 공급자에게도 영향을 미치기 때문에 시장점유율의 감소로 인한 수익의 감소가 불량률을 줄이는데 추가적으로 발생하는 비용보다 크므로 고품질의 부품을 공급하는 것이 유리한 것이다. 그리고  $\partial \gamma/\partial q < 0$ 이고  $\partial \beta/\partial q < 0$ 이므로 경쟁자의 불량률( $q$ )이 낮아질수록(즉 경쟁자의 품질수준( $1-q$ )이 높을수록) 그 한계치가 높아지므로 공급자가 고품질의 부품을 공급할 확률은 증가한다. 그리고  $\gamma$ 와  $\beta$ 는  $q$ 의 크기에 관계없이 양수이므로 경쟁자의 품질수준과 관계없이 공급자가 고품질의 부품을 공급하는 확률이 높아짐을 알 수 있다. 즉 경쟁자의 품질수준이 생산자의 최저품질수준(불량률  $D_L$ )보다 낮은 경우에도 공급자가 고품질의 부품을 공급하는 확률은 높아진다.

- 2) 경쟁이 없는 경우에 비하여 완성품생산자의 경우 품질검사를 하는 확률이 높아지며 경쟁자의 품질수준이 높을수록 그 확률은 높아진다. 그리고 경쟁자의 품질수준이 생산자의 최저품질수준보다 낮은 경우에도 생산자가 품질검사를 하는 확률은 높아진다.

<표 2>와 <표 1>을 비교해보면 <표 2>의 경우 생산자가 품질검사를 하는 영역이 확대되었음을 알 수 있다. 그 것은  $T < F_H + \gamma$ 의 경우  $\gamma$ 만큼 경쟁이 없는 경우에 비하여 확장된 것이며 또한  $T < F_L + \delta$ 의 경우  $\delta$ 만큼 경쟁이 없는 경우에 비하여 넓어졌기 때문이다. 이 결과의 의미는 경쟁이 없는 경우에 비하여 경쟁이 있을 경우에 검사비용이 높은 경우에도 검사를 하게 된다는 것인데 이는 경쟁이 있을 경우 높은 품질 수준을 유지하여 시장점유율을 높이는 것이 검사를 하지 않고 검사비용을 절감하는 것 보다 효과가 높다는 것을 의미한다. 그리고 검사비용의 폭은 경쟁자의 불량률이 낮을수록 더 크게 나타난다. 즉  $\partial \gamma/\partial q < 0$ 이다. 그리고  $\gamma$ 와  $\delta$ 는  $q$ 의 크기에 관계없이 양수이므로 경쟁자의 품질수준과 관계없이 생산자가 검사를 하는 확률이 높아진다.

- 3) 경쟁이 없는 경우에 비하여 완성품의 품질수준은 높아지게 된다.

이것은 위의 1)과 2)에서와 같이 생산자가 품질검사를 하는 확률이 높아지는 것과 동시에 공급자가 고품질의 부품을 공급하는 확률도 높아지기 때문이다.

- 4) 경쟁이 있을 경우에도 여전히  $\Delta C/\Delta D$ 이 작을 경우 공급자는 고품질의 부품을 공급한다. 하지만  $\Delta C/\Delta D$ 의 한계치는 경쟁이 있는 경우 더 크며, 이 한계치는 경쟁자의 품질수준이 높을수록 더 커진다.

<표 2>의  $\Delta C/\Delta D \leq \alpha F + \beta$  행을 보면 공급자가 고품질의 전략을 선택하는 것이 Nash 균형임을 알 수 있다. 이것은 저품질을 공급할 때에 비하여 고품질을 공급할 때 추가적으로 발생하는 비용이 불량품으로 인한 실패비용에 대한 부담분보다 작기 때문이다. 경쟁이 없는 경우에 비하여 고품질을 공급하는  $\Delta C/\Delta D$ 의 한계치는  $\beta$ 만큼 높아지는데 이 것은 경쟁이 그만큼 중요하게 작용한다는 것을 말해준다. 그리고  $\partial \beta / \partial q < 0$ 이다. 즉 경쟁자의 품질수준(1-q)이 높아질수록 공급자가 고품질의 부품을 공급할 확률이 커짐을 의미한다.

- 5) 경쟁이 있는 경우 전체적으로 저품질의 부품을 공급할 확률은 감소하지만  $\Delta C/\Delta D > R$ 인 구간에서는 경쟁이 없을 경우와 비교하여 전혀 차이가 없이 저품질의 부품을 공급한다.

경쟁이 있을 경우의  $T > F_L + \delta$  구간은 경쟁이 없을 경우의  $T > F_L$  구간보다 작다. 따라서 전혀 변함이 없이 저품질의 부품을 공급하는  $\Delta C/\Delta D > R$  구간과  $T > F_L + \delta$  구간을 합치면 전체적으로는 감소하는 것이다. 전혀 변함이 없는 구간에서는 부품공급자의 경우 품질 향상을 위한 비용부담이 품질향상으로 얻어지는 효과보다 크기 때문에 고품질의 부품을 공급할 동기가 없는 것이다.

- 6) 실패비용에 대한 공급자의 부담율이 높아지

면 생산자가 검사를 하는 확률은 감소하나 경쟁이 없는 경우에 비하여 그 감소폭은 작다.

$\partial (F_H + \gamma) / \partial \alpha < 0$ 이고  $\partial (F_L + \delta) / \partial \alpha < 0$ 이므로 생산자가 검사하는 확률은 감소하나  $\partial \gamma / \partial \alpha > 0$ 이고  $\partial \delta / \partial \alpha > 0$ 이므로 그 감소폭은 경쟁이 없는 경우에 비하여 작다. 그만큼 품질경쟁에 대한 부담이 작용함을 의미한다.

- 7) 실패비용에 대한 공급자의 부담율이 높아지면 공급자가 고품질의 부품을 공급할 확률은 높아지지만 그 증가폭은 경쟁이 없는 경우에 비하여 작다.

$\partial (\alpha F + \beta) / \partial \alpha > 0$ 이므로 공급자가 고품질의 부품을 공급할 확률은 높아지나  $\partial \beta / \partial \alpha < 0$ 이므로 증가폭은 경쟁이 없는 경우에 비하여 작다. 경쟁이 없는 경우에 비하여 고품질의 부품을 공급할 확률의 증가폭이 작은 이유는 공급자의 부담율이 증가하면 생산자가 검사할 확률이 작아지므로 품질실패비용이 증가하지만 그 증가폭이 경쟁이 없는 경우에 비하여 작으므로 공급자의 실패비용 부담이 작아진다. 따라서 공급자가 고품질의 부품을 공급할 확률의 증가폭은 경쟁이 없는 경우보다 작은 것이다.

- 8)  $F_H + \gamma < T < F_L + \delta$  구간과  $\alpha F + \beta < \Delta C/\Delta D < R$  구간에서 즉 혼합전략의 구간에서 검사비용이 증가할수록 공급자가 저품질의 부품을 공급할 확률은 증가한다.

y를 저품질의 부품을 공급할 확률이라 했을 때  $\partial y / \partial T > 0$ 이다(증명은 <부록 2> 참조). 즉 검사비용이 증가하면 생산자는 검사수준을 낮추게 될 것이고 공급자는 발각될 확률이 작아지므로 저품질의 부품을 공급할 동기가 생기게 된다.

- 9) 실패비용에 대한 공급자의 부담율이 높아질수록 극단적인 경우를 제외하고 완성품의 품질수준은 낮아진다.

실패비용에 대한 공급자의 부담율이 높아지면 공급자가 고품질의 부품을 공급할 확률은 증가하나



생산자가 검사할 확률은 작아진다. 이에 대한 순효과는 극단적인 경우( $D_L + D_H > 1$ )를 제외하고 품질수준의 저하를 가져온다(증명은 <부록 3> 참조). 이 것이 의미하는 바는 품질실패비용에 대하여 공급자의 부담을 높이는 것이 바람직한 것만은 아니라는 것이다. 이러한 현상이 나타나는 이유는 공급자의 실패비용에 대한 부담이 커지면 공급자가 이에 대비하여 높은 품질의 공정을 도입하겠지라고 생산자는 생각하게 되고 이에 따라 검사를 생략하려는 경향이 더욱 높아지게 되는 것이다. 이러한 검사생략 동기는 JIT 개념의 생산방식의 도입으로 더욱 높아졌다. 물론 생산자가 검사를 생략하더라도 공급자가 선택하는 생산공정의 불량률이 영이면 문제가 없으나 불량률이 영이 아닐 경우 그 불량률을 가진 부품이 그대로 생산에 투입되어 자동적으로 완성품의 품질은 그 만큼 불량률을 가지게 되는 것이다. 반면에 공급자의 품질에 생산자가 자신을 가지지 못하게 되어 생산자가 검사를 하게 되면 불량품이 걸리므로 그 만큼 완성품의 품질수준은 높아지는 것이다. 검사를 하여 불량품이 걸리는 경우에 비하여 불량률 자체가 낮아지더라도 검사를 하지 않고 불량품이 그대로 완성품생산에 투입되는 경우가 완성품의 품질수준 면에서 낮아지게 되는 것이다. 이러한 이유로 비용이 들어가더라도 검사를 하는 것이 완성품의 품질수준 향상을 위해 바람직하며 이를 위해 실제로 큰 회사들은 부품의 공급가격이 높아짐을 감수하고서라도 검사를 시행하게 하고 있는 것이다.

완성품의 품질수준이 낮아질 수 있는 또 하나의 경우를 생각해보면 생산자의 기대와는 달리 비용상의 이유로 공급자가 좋은 생산공정을 선택하지 않을 수도 있다는 것이다. 예를 들어, 품질이 낮은 부품을 생산하는 공정을 선택하여 발생하는 품질실패비용부담분이 품질이 높은 부품을 생산하는 공정 선택에 들어가는 추가비용에 비하여 훨씬 작은 경우 공급자가 굳이 좋은 공정을 도입할 이유가 없다. 이 경우에는 생산자가 검사를 하지 않을 확률이 높아지는 것과 결부되어 완성품의 품질수

준은 더욱더 나빠질 수밖에 없다.

어차피 불량품이 발생하는 공정이라면 공급자의 품질실패비용에 대한 부담을 경감하는 대신 오히려 검사를 시행하도록 유도하여 불량품을 영으로 만들도록 하는 것이 여러 가지 면에서 유리함을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 완성품생산자와 부품공급자간에 존재하는 비용분담과 관련한 상호간의 상충관계가 품질수준에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고 계약에 따른 두 당사자의 균형행동에 대하여 살펴보았다. 생산자가 공급자의 행동을 관찰할 수 없다는 점을 이용하여 공급자는 비용 절감의 차원에서 품질수준이 낮은 부품을 공급하려는 동기가 있다. 그러나 생산자가 품질검사를 하게 되면 부품공급자의 행위가 밝혀지며 그에 대한 대가를 지불해야 한다. 한편 생산자의 입장에서는 검사를 하면 당연히 부품의 품질수준에 대하여 알게 되지만 검사비용이 발생하므로 무조건 검사를 시행한다는 것도 비용절감의 차원에서 바람직하지 않다. 본 논문에서는 생산자와 공급자의 의사결정을 특히 생산자에게 경쟁자가 있을 경우에 초점을 맞추어 분석하고 경쟁이 없는 경우의 연구결과와 비교하였다.

경쟁이 없는 경우에 생산자와 공급자간의 품질게임의 결과는 계약조건에 따라 달라짐을 Nash 균형을 통하여 보였다. 예를 들어, 검사비용이 작고 품질향상에 소요되는 비용이 상대적으로 작은 경우에는 공급자가 고품질의 부품을 공급하고 생산자는 검사를 하게 되는 것이 품질게임의 결과이다. 이외에도 여러 가지 유용한 결과를 도출하였는데 특히 계약과 관련하여 품질실패비용의 부담율이 어떠한가에 따라 부품의 품질수준이 달라짐을 알 수 있다. 예를 들어 품질실패비용에 대한 공급자의 부담율이 클 경우 공급자는 높은 품질의 부품을 공급하게 되나 생산자가 품질검사를 하는 확률이 감소하여 전체적으로 완성품의 품질수준은 낮아진다.

이를 포함한 다양한 결과는 경쟁이 있을 경우에도 그대로 적용된다.

경쟁이 없는 경우와 비교하여 경쟁이 있는 경우에 달라지는 것은 토론 부분에서 언급되었듯이 전체적으로 공급자가 고품질의 부품을 공급하는 확률이 높아지며 생산자의 경우에도 검사를 하는 확률이 높아진다. 이러한 결과는 경쟁자의 품질수준이 생산자의 최저품질수준보다 낮은 경우에도 적용되는데 이것은 경쟁이 그만큼 중요함을 보여주는 것이다. 생산자가 검사를 하는 확률이 높아지는 것과 동시에 공급자가 고품질의 부품을 공급하는 확률도 높아지기 때문에 완성품의 품질수준은 자연히 높아지게 된다. 품질실패비용에 대한 공급자의 부담율이 높아지면 생산자가 검사를 하는 확률은 감소하나 경쟁이 없는 경우에 비하여 그 감소하는 폭은 작으며 또한 실패비용에 대한 공급자의 부담율이 높아지면 공급자가 고품질의 부품을 공급할 확률은 높아지나 그 증가폭은 경쟁이 없는 경우에 비하여 작다. 품질실패비용에 대한 공급자의 부담이 커질 경우 공급자가 고품질의 부품을 공급할 확률이 높아지고 생산자가 검사하는 확률이 낮아지는데 따른 순효과는 완성품의 품질수준 저하로 나타난다. 이것이 말해주는 것은 품질실패비용에 대한 공급자의 부담을 지나치게 늘이는 것이 바람직하지 않음을 보여준다.

본 논문에서 분석한 생산자와 공급자와의 품질 게임은 생산자나 공급자의 경우 각기 다른 거래처가 있는 즉 외부옵션(outside option)이 있는 경우를 고려하지 않았으며 생산자와 공급자와의 계약이 한 번에 끝나게 되는 일회(one shot)게임이다. 실질적으로 완성품생산자의 경우 부품공급자가 하나가 아닌 여럿이 있어 선택할 수가 있는 경우가 대부분이며 부품공급자의 경우에도 이와 마찬가지로 옵션이 있을 수 있다. 또한 완성품생산자와 부품공급자와의 관계는 한 번이 아닌 지속적인 관계를 유지하는 것이 보통이다. 지속적인 관계를 유지하는 경우는 게임이 반복되는 반복게임을 이용해야하며 이 때 평판(reputation) 효과가 고려되어야

한다. 또한 본 논문에서의 생산자의 전략을 검사함과 검사안함의 두 가지에 국한하였으나 샘플링의 강도에 따른 다양한 전략을 생각할 수도 있다. (Montgomery, 1991) 이상을 포함한 여러 가지 미흡한 점들은 앞으로의 연구과제로 남긴다.

## 〈부록 1〉

다음은 경쟁이 없는 경우 어느 조건하에서 어떠한 전략의 조합이 Nash 균형이 되는 지 살펴본다.

(1) 저품질-검사함이 Nash 균형이 되려면 아래의 두 조건을 만족하여야 한다.

$$P \cdot D_L \cdot R - C_L > P \cdot D_H \cdot R - C_H \quad \textcircled{1}$$

$$\pi - T - P > \pi - P \cdot D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F \quad \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1}\text{을 간략히 하면 } (C_H - C_L) / (D_L - D_H) > R \quad \textcircled{1}'$$

$$\textcircled{2}\text{를 간략히 하면 } T < D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F \quad \textcircled{2}'$$

(2) 고품질-검사함이 Nash 균형이 되려면 아래의 두 조건을 만족하여야 한다.

$$P \cdot D_L \cdot R - C_L < P \cdot D_H \cdot R - C_H \quad \textcircled{3}$$

$$\pi - T - P > \pi - P \cdot D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F \quad \textcircled{4}$$

$$\textcircled{3}\text{을 간략히 하면 } (C_H - C_L) / (D_L - D_H) < R \quad \textcircled{3}'$$

$$\textcircled{4}\text{를 간략히 하면 } T < D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F \quad \textcircled{4}'$$

(3) 저품질-검사안함이 Nash 균형이 되려면 아래의 두 조건을 만족하여야 한다.

$$P \cdot D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L > P \cdot D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H \quad \textcircled{5}$$

$$\pi - T - P < \pi - P \cdot D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F \quad \textcircled{6}$$

$$\textcircled{5}\text{를 간략히 하면 } (C_H - C_L) / (D_L - D_H) > \alpha F \quad \textcircled{5}'$$

$$\textcircled{6}\text{을 간략히 하면 } T > D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F \quad \textcircled{6}'$$

(4) 고품질-검사안함이 Nash 균형이 되려면 아래의 두 조건을 만족하여야 한다.

$$P \cdot D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L < P \cdot D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H \quad \textcircled{7}$$

$$\pi - T - P < \pi - P \cdot D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F \quad \textcircled{8}$$

$$\textcircled{7}\text{를 간략히 하면 } (C_H - C_L) / (D_L - D_H) < \alpha F \quad \textcircled{7}'$$

$$\textcircled{8}\text{을 간략히 하면 } T > D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F \quad \textcircled{8}'$$

● 혼합전략의 경우

혼합전략이라는 것은 각각의 게임 참가자의 전략에 대한 확률 분포이다. 생산자가 검사할 확률을  $x$ 라 하고, 공급자가 저품질의 부품을 공급할 확률을  $y$ 라 하자. 어느 게임참가자의 혼합전략이란 상대방이 어떠한 전략을 사용하든 상대방의 기대수익이 같도록 만드는 확률분포이므로

• 생산자의 경우에

$$E(\text{검사함}) = y(\pi - T - P) + (1 - y)(\pi - T - P)$$

$$E(\text{검사안함}) = y(\pi - P - D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F) + (1 - y)(\pi - P - D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F)$$

$$E(\text{검사함}) = E(\text{검사안함}) \text{ 이어야 하므로}$$

$$y = [T - D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F] / [D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F - D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F] = (T - F_H) / (F_L - F_H) \text{ 이다.}$$

• 공급자의 경우에

$$E(\text{저품질}) = x(P - D_L \cdot R - C_L) + (1 - x)(P - D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L)$$

$$E(\text{고품질}) = x(P - D_H \cdot R - C_H) + (1 - x)(P - D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H)$$

$$E(\text{저품질}) = E(\text{고품질}) \text{ 이어야 하므로 } x = \{(C/C/D) - D) - \alpha F\} / (R - \alpha F) \text{ 이다.}$$

<부록 2>

다음은 경쟁이 있는 경우 각 생산자-공급자의 전략의 조합이 Nash 균형되는 조건을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 저품질-검사함이 Nash 균형이 되려면 아래의 두 조건을 만족하여야 한다.

$$[1 / \{1 + (1 - q)\}] (P - D_L \cdot R - C_L) > [1 / \{1 + (1 - q)\}] (P - D_H \cdot R - C_H) \quad \text{①}$$

$$[1 / \{1 + (1 - q)\}] (\pi - T - P) > [(1 - D_L) / \{(1 - D_L) + (1 - q)\}] (\pi - P - D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F) \quad \text{②}$$

①을 간략히 하면  $(C_H - C_L) / (D_L - D_H) > R$  ①'

②의 경우에 양변에  $\{1 + (1 - q)\}$ 을 곱하여 정리하면

$$T < \pi - P - [(1 - D_L) \{1 + (1 - q)\} / \{(1 - D_L) + (1 - q)\}] (\pi - P - D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F) \text{ 이다. } \quad \text{②'}$$

②'의 우측항은 경쟁이 없을 경우의 부등식  $T < \pi - P - \{\pi - P - D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F\}$ 의 우측항보다 크다. 그것은  $(1 - D_L) \{1 + (1 - q)\} / \{(1 - D_L) + (1 - q)\} < 1$ 이기 때문이다. 그리고 이 우측항의 크기는 경쟁자의 불량률( $q$ )이 작아질수록 커진다. 이것이 말해주는 것은 경쟁이 없을 때에 비하여 검사비용이 많이 들더라도 검사를 하는 것이 낫다는 것이다. 위에서  $\pi - P - [(1 - D_L) \{1 + (1 - q)\} / \{(1 - D_L) + (1 - q)\}] (\pi - P - D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F)$ 에서  $\pi - P - \{\pi - P - D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F\}$ 를 뺀 값을  $\delta$ 라 하고  $D_L \cdot (1 - \alpha) \cdot F - F_L$ 이라 하면 ②'은  $T < F_L + \delta$ 로 쓸 수 있다.

- 2) 고품질-검사함이 Nash 균형이 되려면 아래의 두 조건을 만족하여야 한다.

$$[1 / \{1 + (1 - q)\}] (P - D_L \cdot R - C_L) < [1 / \{1 + (1 - q)\}] (P - D_H \cdot R - C_H) \quad \text{③}$$

$$[1 / \{1 + (1 - q)\}] (\pi - T - P) > [(1 - D_H) / \{(1 - D_H) + (1 - q)\}] (\pi - P - D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F) \quad \text{④}$$

③을 간략히 하면  $(C_H - C_L) / (D_L - D_H) < R$  ③' ④의 경우는 양변에  $\{1 + (1 - q)\}$ 을 곱하여 정리하면

$$T < \pi - P - [(1 - D_H) \{1 + (1 - q)\} / \{(1 - D_H) + (1 - q)\}] (\pi - P - D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F) \quad \text{④'}$$

④'의 우측항은 경쟁이 없는 경우의 부등식  $T < \pi - T - \{\pi - P - D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F\}$ 의 우측항보다 크다. 그것은  $(1 - D_H) \{1 + (1 - q)\} / \{(1 - D_H) + (1 - q)\} < 1$ 이기 때문이다. 그리고 이 우측항은 경쟁자의 불량률이 작아질수록 커진다.  $\pi - P - [(1 - D_H) \{1 + (1 - q)\} / \{(1 - D_H) + (1 - q)\}] (\pi - P - D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F)$ 에서  $\pi - T - \{\pi - P - D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F\}$ 를 뺀 값을  $\gamma$ 라 하고  $D_H \cdot (1 - \alpha) \cdot F - F_H$ 라 하면 ④'은  $T < F_H + \gamma$ 로 쓸 수 있다.

- 3) 저품질-검사안함인 Nash 균형이 되려면 아래의 두 조건을 만족하여야 한다.

$$[(1-D_L)/\{(1-D_L)+(1-q)\}](P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L) > [(1-D_H)/\{(1-D_H)+(1-q)\}](P-D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H) \quad ⑤$$

$$[1/\{1+(1-q)\}](\pi - T - P) < [(1-D_L)/\{(1-D_L)+(1-q)\}](\pi - P - D_L \cdot (1-\alpha) \cdot F) \quad ⑥$$

⑤의 경우 양변에  $\{(1-D_H)+(1-q)\}/(1-D_H)$ 을 곱하여 정리하면

$$[(1-D_L)(2-D_H-q)/\{(1-D_H)(2-D_L-q)\}](P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L) > (P-D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H) \text{이고 이것을 변형하면}$$

$$(P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L) - \{[(D_L-D_H)(1-q)]/\{(1-D_H)(2-D_L-q)\}\}(P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L) > (P-D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H) \text{이 되고 이것을 정리하면}$$

$$(C_H - C_L)/(D_L - D_H) > \alpha F + [(1-q)/\{(1-D_H)(2-D_L-q)\}](P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L) \quad ⑤'$$

이것의 우측항은 경쟁자의 불량률이 작아질수록 커진다.

⑥의 경우에는 1)의 경우와 반대이다. 즉 양변에  $\{1+(1-q)\}$ 을 곱하여 정리하면

$$T > \pi - P - [(1-D_L)(2-q)/(2-D_L-q)](\pi - P - D_L \cdot (1-\alpha) \cdot F) \quad ⑥'$$

⑥'의 우측항은 경쟁이 없을 경우의 부등식  $T > \pi - P - \{\pi - P - D_L \cdot (1-\alpha) \cdot F\}$ 의 우측항보다 크다. 그것은  $\{(1-D_L)(2-q)/(2-D_L-q)\} < 1$ 이기 때문이다. 그리고 이 우측항의 크기는 경쟁자의 불량률( $q$ )이 작아질수록 커진다. ⑤'에서  $[(1-q)/\{(1-D_H)(2-D_L-q)\}](P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L)$ 을  $\beta$ 라 하자. 그러면

⑤'은  $(C_H - C_L)/(D_L - D_H) > \alpha F + \beta$ 로 쓸 수 있다.

- 4) 고품질-검사안함인 Nash 균형이 되려면 아래의 두 조건을 만족하여야 한다.

$$[(1-D_L)/\{(1-D_L)+(1-q)\}](P-D_L \cdot \alpha \cdot F -$$

$$C_L) < [(1-D_H)/\{(1-D_H)+(1-q)\}](P-D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H) \quad ⑦$$

$$[1/\{1+(1-q)\}](\pi - T - P) < [(1-D_H)/\{(1-D_H)+(1-q)\}](\pi - P - D_H \cdot (1-\alpha) \cdot F) \quad ⑧$$

⑦의 경우는 3)의 경우와 반대이며 ⑧의 경우는 2)의 경우와 반대이다.

#### • 혼합전략의 경우

생산자가 검사할 확률을  $x$ 라 하고, 공급자가 저품질의 부품을 공급할 확률을  $y$ 라 하자.

##### • 생산자의 경우에

$$E(\text{검사함}) = y\{1/(2-q)\}(\pi - T - P) + (1-y)\{1/(2-q)\}(\pi - T - P)$$

$$E(\text{검사안함}) = y[(1-D_L)/\{(1-D_L)+(1-q)\}](\pi - P - D_L \cdot (1-\alpha) \cdot F) + (1-y)[(1-D_H)/\{(1-D_H)+(1-q)\}](\pi - P - D_H \cdot (1-\alpha) \cdot F)$$

$E(\text{검사함}) = E(\text{검사안함})$ 이어야 하므로

$$y = \{[(1-D_H)/(2-D_H-q)]\{\pi - P - D_H \cdot (1-\alpha) \cdot F\} - \{1/(2-q)\}(\pi - T - P)] / \{[(1-D_H)/(2-D_H-q)]\{\pi - P - D_H \cdot (1-\alpha) \cdot F\} - \{(1-D_L)/(2-D_L-q)\}\{\pi - P - D_L \cdot (1-\alpha) \cdot F\}\}$$
이다.

##### • 공급자의 경우에

$$E(\text{저품질}) = x\{1/(2-q)\}(P-D_L \cdot R - C_L) + (1-x)\{(1-D_L)/(2-D_L-q)\}(P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L)$$

$$E(\text{고품질}) = x\{1/(2-q)\}(P-D_H \cdot R - C_H) + (1-x)\{(1-D_H)/(2-D_H-q)\}(P-D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H)$$

$E(\text{저품질}) = E(\text{고품질})$ 이어야 하므로

$$x = \{[(1-D_L)/(2-D_L-q)](P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L) - [(1-D_H)/(2-D_H-q)](P-D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H)\} / \{[1/(2-q)](P-D_H \cdot R - C_H) - [(1-D_H)/(2-D_H-q)](P-D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H) - [1/(2-q)](P-D_L \cdot R - C_L) + [(1-D_L)/(2-D_L-q)](P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L)\}$$
이다.

### 〈부록 3〉

생산자가 검사를 하는 경우에는 100% 불량품이 발견되어 불량률이 영이 되므로 완성품의 불량률 생산자가 검사를 하지 않는 경우에 국한하여 생각하면 된다. 완성품의 불량률은  $y$  = 공급자가 저품질의 부품을 공급할 확률,  $x$  = 생산자가 검사를 할 확률이라고 했을 때 다음과 같이 계산된다(참고 :  $x$  와  $y$ 의 값은 <부록 2> 참조).

$$\begin{aligned} \text{완성품의 불량률} &= D_L \cdot y \cdot (1-x) + D_H \cdot (1-y) \cdot (1-x) \\ &= D_L \cdot \{(c-e)/(c-d)\} \cdot \{a/(a+b)\} + D_H \cdot \{(e-d)/(c-d)\} \cdot \{a/(a+b)\} \\ &= \{a/(a+b)\} \cdot [D_L \cdot \{(c-e)/(c-d)\} + D_H \cdot \{(e-d)/(c-d)\}] \\ &= \{a/(a+b)\} \cdot \{[D_L \cdot (c-e) - D_H \cdot (d-e)]/(c-d)\} \end{aligned}$$

여기서

$$\begin{aligned} a &= \{1/(2-q)\} \cdot \{(P-D_H \cdot R - C_H) - (P-D_L \cdot R - C_L)\} \\ b &= \{(1-D_L)/(2-D_L-q)\} \cdot (P-D_L \cdot \alpha \cdot F - C_L) \\ &\quad - \{(1-D_H)/(2-D_H-q)\} \cdot (P-D_H \cdot \alpha \cdot F - C_H) \\ c &= \{(1-D_H)/(2-D_H-q)\} \cdot (\pi - P - D_H \cdot (1-\alpha) \cdot F) \\ d &= \{(1-D_L)/(2-D_L-q)\} \cdot (\pi - P - D_L \cdot (1-\alpha) \cdot F) \\ e &= \{1/(2-q)\} \cdot (\pi - T - P) \text{이다.} \end{aligned}$$

(참고 :  $a$ 와  $e$ 는  $\alpha$ 의 함수가 아니고  $b, c, d$ 는  $\alpha$ 의 함수이다.)

완성품의 불량률을  $\alpha$ 에 관하여 미분하면

$$\begin{aligned} \partial(\text{완성품 불량률})/\partial \alpha &= [a \cdot (D_L \cdot c' - D_H \cdot d') \cdot (a+b) \cdot (c-d) - a \cdot \{(D_L \cdot (c-e) - D_H \cdot (d-e)) \cdot (a+b+c-d) \cdot (c'-d')\}]/\{(a+b) \cdot (c-d)\}^2 \end{aligned}$$

이며 이것은 양수임을 알 수 있다.

(증명) 분모는 양수이므로 분자의 부호를 조사하여 보면

$$\begin{aligned} a > 0, D_L \cdot c' > D_H \cdot d', a+b > 0, c-d > 0 \text{이므로} \\ a \cdot (D_L \cdot c' - D_H \cdot d') \cdot (a+b) \cdot (c-d) > 0 \text{이고 } c > e, \\ c-e > d-e, a+b+c-d > 0, c'-d' < 0 \text{이므로 } a \cdot \{(D_L \cdot (c-e) - D_H \cdot (d-e)) \cdot (a+b+c-d) \cdot (c'-d')\} < 0 \text{이다.} \end{aligned}$$

따라서 전체적으로는 양수이다. 위에

서 가장 문제가 되는 것은  $c' - d'$ 의 부호인데  $c' - d' = \{(1-D_H)/(2-D_H-q)\} \cdot D_H \cdot F - \{(1-D_L)/(2-D_L-q)\} \cdot D_L \cdot F$   
 $= F \cdot \{[(D_L - D_H) \cdot \{(1-D_L - D_H) \cdot q - 2 \cdot (1-D_L - D_H) - D_L \cdot D_H\}]/\{(2-D_H-q) \cdot (2-D_L-q)\}]\}$ 인데 분모는 양수이고 분자의  $(D_L - D_H) > 0$ 이다. 따라서  $\{(1-D_L - D_H) \cdot q - 2 \cdot (1-D_L - D_H) - D_L \cdot D_H\}$ 의 부호만 조사하면 된다.  $(1-D_L - D_H) \cdot q - 2 \cdot (1-D_L - D_H) - D_L \cdot D_H > 0$ 일 조건을 구해보면 만일  $(1-D_L - D_H)$ 이 양수이면  $q > 2 + \{D_L \cdot D_H / (1-D_L - D_H)\}$ 이다.  $q$ 는 불량률이므로 1보다 작거나 같다. 따라서  $(1-D_L - D_H) \cdot q - 2 \cdot (1-D_L - D_H) - D_L \cdot D_H > 0$ 가 될 수 없음을 알 수 있다.  $(1-D_L - D_H)$ 이 양수라는 조건은 매우 현실적인 조건으로서 불량률은 0.5를 넘지 않는다고 보면  $(1-D_L - D_H) > 0$ 이다.

$$\begin{aligned} \text{여기서 } c' &= \partial c / \partial \alpha = \{(1-D_H)/(2-D_H-q)\} \cdot D_H \cdot F \\ d' &= \partial d / \partial \alpha = \{(1-D_L)/(2-D_L-q)\} \cdot D_L \cdot F \\ b' &= \partial b / \partial \alpha = \{(1-D_H)/(2-D_H-q)\} \cdot D_H \cdot F - \{(1-D_L)/(2-D_L-q)\} \cdot D_L \cdot F = c' - d' \end{aligned}$$

### 참 고 문 헌

- [1] Beckwith, Neil E., "Concerning the Logical Consistency of Multivariate Market Share Models," *Journal of Marketing Research*, 10(1973), pp.341-344.
- [2] Chew, W.B. and G.P. Pisano, "Vertical integration, long term contracts, and the cost of quality," *Harvard Business School Working Paper*, 1990.
- [3] Gibbons, Roberts, *Game Theory for Applied Economists*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1992.
- [4] Lim, Wei Shi, "Producer-Supplier Contracts with Incomplete Information," *Management Science*, Vol.47, No.5(May 2001), pp.709-715.

- [5] Montgomery, Douglas C., *Introduction to Statistical Quality Control*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [6] Naert, Philippe A. and Alain Bultez, "Logically Consistent Market Share Models," *Journal of Marketing Research*, 10(1973), pp.334-40.
- [7] Nash, John F. Jr., "Noncooperative games," *Annals of Mathematics*, 54(1951), pp.289- 295.
- [8] Reyniers, D.J., "Supplier-Customer Interaction in Quality Control," *Annals of Operations Research*, 34(1992), pp.307-330.
- [9] Reyniers, Daniel J. and Charles S. Tapiero, "The Delivery and Control of Quality in Supplier-Producer Contracts," *Management Science*, Vol.41, No.10(1995a), pp.1581-1589.
- [10] Reyniers, Daniel J. and Charles S. Tapiero, "Contract Design and the Control of Quality in a Conflictual Environment," *European Journal of Operational Research*, 82 (1995b), pp.373-382.
- [11] Shubik, Martin, *Game Theory in the Social Sciences : Concepts and Solutions*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1982.