

공동 R&D와 도덕적 해이 (Cooperative R&D and Moral Hazard)

김 병 우¹⁾

- I. 서론
- II. 도덕적 해이 및 로얄티에 대한 모형분석
 - 1. 기본모형
 - 2. 모형의 확장: R&D 성공 또는 실패의 불확실성이 존재하는 경우
 - 3. 모형의 확장: 일반적인 불확실성이 존재하는 경우
- III. 요약 및 향후과제

Summary: Firms cooperating in R&D face a moral hazard problem, because with R&D effort not being observable each partner will focus on its own profit when choosing its effort level. This paper aims to explain the use of optimal license contract for R&D cooperation such as cross-licensing agreement. We argue that in the situations of asymmetric information, the optimal incentive scheme that can solve moral hazard problem is : a linear function of the likelihood ratio. Especially in the case of parallel research, each firm has an extra incentive for cooperative R&D effort, given by the license fee that considers the profit of the cooperating firm, which solely depends on his R&D success if the cooperating firm fails.

Key Word: 공동R&D, 교차라이센스, 도덕적 해이, 최적 로얄티 체계, 비대칭적 정보

1) 과학기술정책연구원 부연구위원, byungw@stepi.re.kr

1. 서론

특정 산업내 R&D수행 인센티브 및 기술혁신의 확산에 영향을 미치는 계약형태로 공동R&D(cooperative R&D)를 들 수 있다.

공동 R&D의 형태는 크게 보아 사전협력(ex-ante cooperation)과 사후협력(ex-post cooperation)의 두 가지로 분류할 수 있다. 이중 연구합작기업(research joint ventures; RJVs)과 교차라이센스(cross-licensing)는 사전협력의 대표적인 형태로 간주되고 있다. RJVs는 특정 연구프로젝트와 관련된 지출과 편익을 기업간 공유하기로 약속하는 계약형태이며 교차라이센스는 개별 R&D수행성과를 공유하는 것을 내용으로 보완적 특허보유자간 자발적으로 체결되는 라이선스 계약이다. RJVs의 경우에 R&D노력수준은 공동으로 결정되지만, 노하우의 이전과 로열티 지급체계가 미리 확정되는 교차라이센스의 경우, 참여기업은 R&D노력에 대한 결정을 독립적으로 내리게 된다.

RJV의 첫 번째 형태로 전통적 연구합작(traditional RJVs)을 들 수 있다. 이는 두 개 이상의 모기업이 일정의 R&D프로젝트를 수행하는 데 있어 지분 이해관계(equity interest)를 가지는 독립된 법인을 설립하는 것이다. 두 번째 형태로는 파급효과가 큰 기초 R&D분야의 광범위한 프로그램을 수행하는 연구 컨소시엄(research consortium)을 들 수 있다. 세 번째 형태로 초기단계의 기업에 대한 시장선도자들의 벤처자본투자(venture capital investment)를 들 수 있다.

사전협력은 RJVs, 교차라이센스 협약에만 국한되지 않고 연구인력의 정보교류 등 다양한 형태가 존재한다.

RJVs 등 공동 R&D가 R&D수행 및 시장구조(특히, 신기술분야)에 미치는 영향의 중요성에 대해 이루어진 기존 연구가 다수 있다. 특히 反트러스트 분야와 관련해 Grossman and Shapiro(1986)와 Ordover and Willig(1985) 등이 몇가지 이슈를 제기하였다. Katz and Ordover(1990)은 생산물시장에서의 경쟁 파급효과가 공동 R&D의 최적계약 형태에 미치는 영향을 분석하였다.

Osborn and Baughn(1993)은 RJVs에만 국한하지 않고 미국과 일본기업들간의 협력협정(cooperative agreements)에 대한 분석을 시도하였다. 그들은 기술집약적 산업일수록 계약형태의 협정을 선호하지만 공동 R&D 수행의 관점에서는 RJVs가 더 선호됨을 보였다. 왜냐하면, RJVs형태의 공동 R&D가 시너지 효과를 발생시키고 기회주의적 행위(opportunistic behavior)를 차단하는데 더 효과적이기 때문이다. 이같이 공동 R&D의 다양한 지배구조를 비교한 논문으로 Morasch(1995)의 것이 있는데, 그는 오히려 적절한 로열티 체계를 활용하면 교차라이센스 형태가 더 선호될

수 있다고 주장하였다. 즉, R&D 노력수준을 관찰할 수 없기 때문에 발생하는 이중도덕적 해이(double moral hazard) 문제는 최적 로열티 시스템을 통해 해결될 수 있다는 것이다. 그에 의하면, R&D 결과가 검증가능하여(verifiable) 로열티 지급이 R&D 성공에 기초하여 이루어진다면 최적의 노력수준 결정은 교차라이센스에 의해 달성될 수 있다. 본고에서는 이같은 Morasch의 모형을 확장하여 R&D 결과가 '성공' 및 '실패'의 두 가지뿐만 아니라 n가지의 다수 성과로 나타나는 보다 일반적인 모형에서의 최적 인센티브 시스템을 도출한다.

R&D를 효율적으로 수행하는 것은 산업 및 사회적 관점에서 달성해야 할 중요한 목표이다. RJVs나 교차라이센스 등 공동 R&D는 구성원 기업의 R&D관련 보완자산(complementary assets)을 이용하게 할 뿐 아니라 구성원간 연구활동의 협력을 가능하게 한다. 또한, 연구전략 선정에 있어 기업간 발생하는 외부성 등 시장실패를 치유하여 과소책정된 기업의 R&D지출을 늘리는 기능을 수행한다. 그리고, R&D수행에 따르는 높은 고정비용 부담을 오히려 규모수익체증(increasing returns to scale)의 수혜를 받을 수 있도록 전환시키는 기회를 제공할 수도 있다.

일반적으로 R&D성과의 과급효과(synergy effects)와 도덕적 해이(moral hazard)의 측면에서 RJVs가 선호된다. RJVs의 경우, 참여기업의 R&D노력을 관찰가능하게(observable) 하기 때문에 모니터링(monitoring)관점에서 교차라이센스보다 선호되는 측면이 있다. 반면, 교차라이센스의 경우에 R&D노력수준과 관련된 인센티브 문제는 적절한 로열티 지급체계를 통해 해결할 수 있다. 즉, 최적 로열티 체계를 통해 자신의 이윤을 극대화하는 참여기업이 결합이윤을 극대화하도록 유도할 수 있어 교차라이센스 체결시 RJVs보다 적게 소요되는 거래비용과 함께 교차 라이선스를 더 선호하게 하는 요인이 된다.

RJVs와 교차라이센스를 통해 수행되는 공동 R&D는 동시연구(parallel research)와 특화(specialization)의 두가지 경우가 있다. 동시연구의 경우, 참여기업은 동일연구영역에서 R&D를 수행하게 되고 공동연구의 과급효과는 일반적으로 작게 나타난다. 참여기업은 독자적인 연구전략에 따라 R&D를 수행하게 되고 연구성과는 사후적으로 공유된다. 이의 전형적인 예는 제약산업에서 찾아볼 수 있다. 반면 특화의 경우, 참여기업은 각기 다른 연구영역에서 전문화된 지식과 경쟁력을 보유하고 있으며 연구성과는 마찬가지로 사후적으로 공유된다. 이의 전형적인 예는 첨단 국방산업에서 찾아볼 수 있다.

본고에서는 공동 R&D와 관련하여 연구개발 수행시 정보의 비대칭성(asymmetric information)으로 발생하는 도덕적 해이문제에 대해 분석한다. 도덕적 해이는 본인(principal)으로서의 공동 R&D그룹이 대리인(agent)으로서의 참여기업의 바람직하지

않은 행위(actions)를 관찰할 수 없는 상황을 가리킨다. 교차라이센스와 같은 공동 R&D의 경우, 참여기업중 일부가 우월한 지위 또는 능력을 바탕으로 공동 R&D의 목적보다는 자기 회사의 이득에 도움이 되는 R&D를 암묵적으로 수행하는 문제가 발생할 수 있다. 본고에서는 이를 해결하기 위해 공동 R&D에서의 공헌도만큼 공동 이윤을 분배하거나 R&D성공에 따라 라이선스 요금을 수취하는 등의 인센티브(incentive) 시스템을 구체적으로 살펴보기로 한다. 정보의 비대칭성하에서의 기업행위를 분석하는 것은 필연적으로 기업간 전략적 상호작용(strategic interaction)과 관련이 된다.

일반적으로 R&D 성공이 검증가능하여 법원과 같은 제3자가 공동 R&D 참여기업이 성공하였는지를 용이하게 관찰할 수 있는 경우 로열티 체계는 R&D성공에 근거하여 설정할 수 있다. 반면, 타 지식과 결합되어야만 하는 비용절감 공정혁신이나 기초연구의 결과물들은 관찰하기가 그리 쉽지 않아 대신 실제 노하우이전(know-how transfer)에 근거하여 로열티를 지급하게 된다.

본고에서 분석하는 모형은

- 1) 교차라이선스 계약의 경우
- 2) R&D성고가 검증가능(verifiable)하여 라이선스 요금이 R&D성공에 근거하여 결정되는
- 3) 동시연구의

공동 R&D형태에 적용된다.(<표1>,<표2> 참조)

이를 위해 우선, II.1.에서는 일반적인 경우 주인-대리인 문제(principal-agent problem)로 나타나는 도덕적 해이에 대한 기본모형을 불확실성이 존재하지 않는 상황에서 살펴보고 교차라이선스 형태의 공동 R&D에서 최적 인센티브 시스템이 어떠해야 하는가를 분석한다. II.2에서는 R&D 결과가 성공 또는 실패의 2가지로 나타나는 불확실성이 존재하는 단순한 모형에서 최적 라이선스 요금해를 구한다. II.3에서는 이를 확장하여 R&D 결과가 n가지 다수의 성과로 나타나는 보다 일반적인 경우 최적 인센티브 시스템을 도출하고 이가 시사하는 바를 살펴본다.

<표1> 공동 R&D의 형태

교차라이선스	RJVs
- 각 기업은 독자적 연구 수행	- 공동연구전략 필요
- 공동계약은 성과물배분만 규정	- 복잡한 계약으로 거래비용 증가
- 관찰불가능한 R&D수행노력 (도덕적 해이)	- 관찰가능한 R&D수행노력 (모니터링)

<표2> 교차라이센스의 형태

R&D 성공	동시연구	특화
검증가능	- 로열티 체계를 R&D 성공여부에 따라 설정	
검증불가능	- 라이선스 요금을 실제 기술이전에 근거하여 지급 (융합기술의 특성을 지니는 원가절감 공정혁신 또는 기초연구결과)	

II. 도덕적 해이 및 로열티에 대한 모형분석

1. 기본모형

공동 R&D 수행과정과 성과규모는 참여기업의 도덕적 해이에 의해 영향을 받게 된다.

도덕적 해이는 공동 R&D 참여기업 일방이 다른 기업의 행동을 관찰하지 못하는 상황을 가리킨다. 이같은 이유로 종종 이는 숨겨진 행위(hidden action) 문제라 불리기도 한다. 공동 R&D의 경우, 참여기업중 선도자(leader)의 역할을 수행하는 기업이 우월한 능력을 바탕으로 다른 기업의 보완적 자산을 이용하여 자신의 이익에 도움이 되는 R&D를 암암리에 수행하는 예를 들 수 있다.

이같은 문제를 해결하기 위해서는 참여기업이 충분한 성과를 낼 수 있는 인센티브(incentive)를 제공해야 한다. 즉, 이 문제는 ‘다른 기업이 나의 기업을 위해 노력하도록 어떻게 유인을 줄 것인가?’가 중심목표가 된다.

하나의 방안은 참여기업에 대해 (성과와는 관계없이) 정액보조금(lump-sum fee)을 지급하는 것이다. 그러나, 이 방안은 다른 기업으로 하여금 성과를 낼 수 있는 충분한 유인을 제공하지 못하게 된다.

일반적으로 인센티브 체계가 성공적이기 위해서는 성과에 비례하여 금전을 지급하는 방안이 바람직하다. 인센티브 설계의 핵심적인 문제는 공동 R&D에서의 기여도에 어떤 비례로 금전을 지불하는가에 있다.

공동 R&D에서 참여기업의 성과를 내기 위한 노력(effort)을 x 라 하고 $y=f(x)$ 를 참여기업의 성과규모라 하자. $s(y)$ 를 참여기업이 y 가치만큼의 성과를 내었을 경우 공동 R&D그룹이 배분 및 지급하는 성과금 규모라 하자.²⁾ 공동 R&D그룹은 $y-s(y)$

를 극대화하도록 $s(y)$ 를 선택하게 된다.

참여기업이 직면하는 제약을 살펴보기 위해 개별 참여기업의 입장에서 이 문제를 살펴보자. 개별 참여기업은 자신의 노력에 대해 비용이 소요되며 이를 $c(x)$ 라 표시하자. 공동 R&D에서 성과를 내기위해 x 만큼 노력하는 기업의 효용은 $s(y)-c(x)=s(f(x))-c(x)$ 이 된다. 참여기업은 u^* 만큼의 효용을 주는 다른 대안 즉, 다른 R&D사업에 참여하거나 기존 공동 R&D에서 전혀 노력을 하지 않는 대안을 가지고 있다. 이 문제는 다음과 같은 참여 제약(participation constraint) 문제를 부과하게 된다.

$$s(f(x))-c(x) \geq u^*$$

이같은 제약하에서 공동 R&D그룹은 참여기업에게서 얼마만큼의 성과를 획득해야 하는가를 결정할 수 있다. 공동 R&D그룹은 다음과 같은 제약하 목적함수를 극대화하도록 참여기업에게 인센티브를 부여할 수 있다.

$$\max_x f(x)-s(f(x))$$

$$\text{s.t. } s(f(x))-c(x) \geq u^*$$

일반적으로 공동 R&D그룹은 참여기업이 $s(f(x))-c(x)=u^*$ 의 관계를 이루도록 x 만큼의 노력을 하도록 선택시킬 수 있다. 이는 다음과 같은 (제약이 없는) 극대화문제의 해가 된다.

$$\max_x f(x)-c(x)-u^*$$

이를 극대화하는 해는 한계생산(MP)이 한계비용(MC)과 같게 하는 x^* 가 된다.

$$MP(x^*)=MC(x^*)$$

이제 공동 R&D그룹의 과제는 참여기업으로 하여금 x^* 만큼의 노력을 기울이도록 인센티브 함수 $s(y)$ 를 설계하는 문제이다. 이를 위해서는 $s(y)$ 가 다음과 같은 인센티브 양립 제약(incentive compatibility constraint)을 만족시켜야 한다.

$$s(f(x^*)) - c(x^*) \geq s(f(x)) - c(x)$$

이와 같이 참여기업에 대한 인센티브 함수는 첫째, u^* 만큼의 효용을 제공해야 하며 둘째, 노력으로부터의 한계생산이 한계비용과 일치하는 두 조건을 만족시켜야 한다.

이를 달성하기 위한 다음의 두가지 방법이 있다.

가. 비례 성과급

공동 R&D그룹은 참여기업에 대해 정액 성과급 K 와 함께 단위 노력당 비례성과금을 지급할 수 있다. 이 경우 인센티브 지급함수는 다음의 형태를 띠게 된다.

$$s(x)=sx+K$$

2) 여기서 공동R&D그룹은 공동R&D수행조직 전체를 의미한다.

비례상수 s 는 최적 노력수준에서의 한계생산과 동일하다. 상수 K 는 참여기업이 공동 R&D에 참여하든지 다른 R&D사업에 참여하든지 상관없이 동일한 효용을 누리도록 설정된다.

참여기업이 $s(f(x))-c(x)$ 를 극대화하는 문제는 다음과 동일하게 된다.

$$\max_x sx+K-c(x)$$

참여기업은 자신의 한계비용과 성과금 비례상수를 일치시키도록 노력수준을 결정하게 된다: $s=MC(x)$

나. 취사선택(take-it-or-leave-it)

공동 R&D그룹은 참여기업이 x^* 만큼의 노력을 할때 B^* 를 지급하고 그렇지 않으면 아무것도 지급하지 않는 방안이다. B^* 의 크기는 참여계약 $B^*-c(x^*)=u^*$ 으로부터 도출된다: $B^*=c(x^*)+u^*$

만일, $x=x^*$ 만큼의 노력을 기울일 경우 효용은 $-c(x)$ 이므로 참여기업의 최적선택은 x^* 가 된다.

이제까지의 논의에서 불완전한 정보(imperfect information) 문제는 고려하지 않고 분석을 진행하였다. 그러나 교차라이센스 형태의 공동 R&D형태와 같은 일반적인 경우, 참여기업의 노력수준은 관찰하기가 불가능한 대상이다. 기껏해야 공동 R&D그룹은 R&D성과에 의한 생산물과 같은 신호(signal)를 관찰할 수 있을 뿐이다. 이와 같이 참여기업은 자신의 노력수준을 결정할 수 있지만 공동 R&D그룹은 완전하게 그것을 관찰할 수 없는 비대칭적 정보의 문제가 야기된다.

가. 비례 성과금

비례 성과금에 기초한 인센티브 체계의 문제는 노력수준의 규모를 관찰할 수 없다는데 있다. 성과금 비례상수는 단지 참여기업의 R&D투입시간이 아니라 공동 R&D과제에 투입된 연구개발 시간에 기초하여 산정되어야 한다. 만일, 이를 관찰할 수 없다면 비례 성과금에 기초한 인센티브 체계를 시행하는 것은 불가능하게 된다.

나. 취사선택(take-it-or-leave-it)

참여기업에 대한 성과금이 R&D성과에 의한 생산물에 기초하여 산정된다면 인센티브 체계는 참여기업에 모든 리스크를 부담지우게 된다. 목표 생산물에 조금이라도 미달되면 성과금을 전혀받을 수 없게 되기 때문이다.

2. 모형의 확장: R&D 성공 또는 실패의 불확실성이 존재하는 경우

분석의 편의를 위해 두 기업 F_1, F_2 만 존재한다고 하고 두 기업은 각기 독립적인

생산물시장에서 운영된다고 하자. R&D가 성공하기 위한 확률 Π_i 는 자신의 R&D노력 x_i 에 의존한다.

두 기업이 공동 R&D를 수행하면 R&D성공확률은 동시연구(parallel research)의 경우

$\Pi_1 + \Pi_2 - \Pi_1 \Pi_2$ 가 되고 특화(specialization)의 경우, $\Pi_1 \Pi_2$ 가 된다.

y_i 를 R&D비용 x_i 가 포함된 성공적 혁신의 현재가치라 하고 V_i 를 순이윤의 기대치이라 하자. 공동 R&D는 기대이윤의 합 $V_1 + V_2$ 을 극대화하는 것을 목표로 한다. 동시연구의 경우, 목표함수는 다음과 같다.

$$V_1 + V_2 = (y_1 + y_2)(\Pi_1 + \Pi_2 - \Pi_1 \Pi_2) - (x_1 + x_2)$$

이같은 결합이윤을 극대화하기 위한 1계조건은 다음과 같다.

$$\partial(V_1 + V_2) / \partial x_i = (y_1 + y_2)(1 - \Pi_j) \Pi_i' - 1 = 0 \quad \text{단, } \Pi_i' = \partial \Pi_i / \partial x_i$$

만일 기업이 사전협력의 형태로 교차라이선스(cross-licensing agreement)를 사용한다면 파트너기업의 R&D노력을 관찰할 수 없게 된다. 따라서, 각 기업은 결합이윤이 아닌 자신만의 이윤을 극대화하려고 노력하게 된다. 로얄티가 없는 교차라이선스의 경우, 다음 관계를 얻을 수 있다.

$$V_i = y_i(\Pi_1 + \Pi_2 - \Pi_1 \Pi_2) - x_i$$

$$\partial V_i / \partial x_i = y_i(1 - \Pi_j) \Pi_i' - 1 = 0$$

서론에서도 언급하였듯이 공동 R&D의 형태로 RJVs와 교차라이선스를 들 수 있다. RJVs의 경우에 R&D노력수준은 공동으로 결정되지만, 노하우의 이전과 로얄티 지급체계가 확정되는 교차라이선스의 경우, 참여기업은 R&D노력에 대한 결정을 독립적으로 내리게 된다.

교차라이선스의 형태로 공동 R&D가 이루어지는 경우, 고정 라이선스 요금 $l_i = s_i$ 를 사용하게 된다. 동시연구의 경우, 두 기업이 모두 성공한 경우에는 노하우가 이전되지 않고 특화의 경우, 한 기업만 R&D에서 성공한 경우 노하우가 이전된다.

본고에서는 두 기업이 동일한 연구영역에서 운영된다고 가정한다. 한 기업의 R&D성공은 다른 기업의 노력과는 독립적으로 결정된다. 라이선스 요금은 R&D성공에 근거하여 결정된다.

이같이 교차라이선스가 동시연구의 형태를 띠며 목적함수를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_i = y_i(\Pi_1 + \Pi_2 - \Pi_1 \Pi_2) + s_i \Pi_i - s_j \Pi_j - x_i$$

로얄티 지급을 고려하면 다음과 같은 사적이윤 극대화에 대한 일계조건을 얻을

수 있다.

$$\partial V_i / \partial x_i = [(y_i + s_i) - y_j \Pi_j] \Pi_i^* - 1 = 0$$

최적 로열티 지급체계를 도출하기 위해 이윤극대화문제를 다음과 같은 다단계 게임으로 모형화한다.

1단계: 파트너 기업들이 함께 라이선스 요금 s_i 을 결정한다.

2단계: 각 참여기업은 사적으로 최적인 R&D노력수준을 결정한다.

3단계: R&D노력 투입에 따라 양 기업에 의해 관찰가능하도록 R&D성공 또는 실패의 결과가 발생한다.

4단계: R&D결과에 따라 계약서상의 로열티 지급이 이루어진다.

이 게임의 해는 하위게임 완전 내쉬균형(sub-game perfect Nash equilibrium) 개념을 사용하여 도출할 수 있다.

단계2에서 참여기업은 비협력적으로(non-cooperatively) 로열티 지급체계(s_1, s_2)를 주어진 것으로 보고 R&D노력수준 (x_1, x_2)을 결정한다. 1단계와 2단계의 최적해를 (s_1^*, s_2^*), (x_1^*, x_2^*)로 나타내고 $\Pi_i^* = \Pi_i(x_i^*)$ 의 관계가 성립하면 다음과 같은 최적 라이선스 요금해를 얻을 수 있다.

$$s_i^* = y_j(1 - \Pi_j^*)$$

계산과정중에 사적인 최적 R&D를 위한 1계조건과 결합 R&D 최적화 1계조건을 다음과 같이 동등하게 두었다.

$$[(y_1 + s_1) - y_1 \Pi_2^*] \Pi_1^* - 1 = (y_1 + y_2)(1 - \Pi_2^*) \Pi_1^* - 1$$

$$[(y_1 + s_1) - y_2 \Pi_1^*] \Pi_2^* - 1 = (y_1 + y_2)(1 - \Pi_1^*) \Pi_2^* - 1$$

위에서 구한 최적 라이선스 요금해가 의미하는 바는 다음과 같다. 참여기업 i 는 협력기업 j 가 R&D에 실패한 경우(이의 확률은 $1 - \Pi_j^*$) 전적으로 참여기업 i 의 R&D 성공에 의존하는 협력기업 j 의 이윤 y_j 를 고려한다는 것이다.³⁾ 따라서, 참여기업은 R&D노력에 대한 인센티브를 지니게 되고 감춰진 행위 문제로 교차라이선스에서 발생하는 도덕적 해이문제를 해결할 수 있게 된다.

<표3> 동시연구 형태의 공동 R&D에서 R&D결과에 따른 수익

두 기업모두 성공	F_i 만 성공
$(y_i + s_i - s_j, y_j + s_j - s_i)$	$(y_i + s_i, y_j - s_i)$

3) 협력기업 j 가 R&D에 실패한 경우, 성공적 혁신의 현재가치 y_j 는 전적으로 참여기업 i 의 R&D성공에 의해 결정된다.

3. 모형의 확장: 일반적인 불확실성이 존재하는 경우

공동 R&D에서 참여기업의 성과를 내기 위한 노력집합(set of efforts)을 X 라 하고 (y_1, \dots, y_n) 를 (유한개의) 실현가능한 참여기업의 성과규모라 하자. 대리인(agent)으로서의 참여기업은 성과규모 발생확률에 영향을 미치는 두가지 노력 x, z 중에서 한가지의 행동을 취할 수 있다. π_{xz} 는 참여기업이 x 만큼의 노력을 투입하였을 때 성과규모 y_i 가 관찰될 확률이며 π_{zz} 는 참여기업이 $z(=x^*)$ 만큼의 노력을 투입하였을 때 성과규모 y_i 가 관찰될 확률이다.

이 모형에서는 R&D결과를 2절에서 '성공' 및 '실패'의 두가지에서 n 가지 경우로 확장한다. 대신, 분석의 편의를 위해 참여기업이 취할 수 있는 R&D노력을 x, z 의 두가지로 제한한다. R&D노력 z 는 2절에서 살펴본 공동 R&D의 최적 노력수준이다. ($z=x^*$)

$s_i(y_i)$ 를 참여기업이 y_i 가치만큼의 성과를 내었을 경우 공동 R&D그룹이 지급하는 성과급 규모라 하자. 이 경우, 참여기업이 z 만큼의 노력을 투입한 경우 공동 R&D그룹의 기대이윤은 다음과 같다.

$$\sum_{i=1}^n (y_i - s_i) \pi_{zz}$$

대리인으로서의 참여기업은 위험기피적(risk-averse)이며 성과급에 대한 폰-노이만 모르겐스텐 효용함수 $u(s_i)$ 를 극대화한다고 가정하자.

참여기업은 다음의 조건이 만족되는 경우 z 만큼의 노력을 투입하게 된다.(참여기업의 노력수준에 따르는 비용 c_x 은 효용함수에 선형으로 포함된다고 가정)

$$\sum_{i=1}^n u(s_i) \pi_{zz} - c_z \geq \sum_{i=1}^n u(s_i) \pi_{zx} - c_x$$

이 조건은 인센티브 양립제약을 나타낸다.

한편, 참여기업이 공동 R&D에 참여하지 않을 경우, u^* 만큼의 효용을 얻게 된다. 따라서, 공동 R&D참여로부터의 효용은 적어도 u^* 는 되어야 하며 이는 참여제약을 나타낸다.

$$\sum_{i=1}^n u(s_i) \pi_{zz} - c_z \geq u^*$$

공동 R&D그룹이 참여기업의 행위를 관찰할 수 없는 감춰진 행위(hidden actions)의 문제가 발생하는 주인-대리인 모형에서 인센티브 체계가 (노력수준과 같은 행위가 아닌) 오직 성과물에만 의존하는 경우를 살펴보자.

인센티브 문제는 존재하지 않고 오직 주인-대리인간 위험분담(risk sharing)의 문제만 있는 경우를 상정하자. 이 경우, 공동 R&D그룹의 최대화문제는 다음과 같다.

$$\max_{s_i} \sum_{i=1}^n (y_i - s_i) \pi_{iz}$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n u(s_i) \pi_{iz} - c_z \geq u^*$$

λ 를 제약식에 부과되는 라그랑지 승수로 두면, 1계조건은 다음과 같다.

$$-\pi_{iz} - \lambda u'(s_i) \pi_{iz} = 0$$

이 식은 $u'(s_i) = \text{상수}$ 의 관계가 성립함을 의미하며 다시 $s_i = \text{상수}$ 임을 나타낸다.

그러나, 이와 같은 해는 인센티브 제약이 존재하는 경우에 일반적으로 합당한 해가 될 수 없다. 최적 인센티브계약의 결정은 주인이 대리인에게 제공하는 일종의 보험이 야기하는 인센티브 비용과 이 보험으로부터 발생하는 편익간의 상충관계를 고려해야만 한다.

(주인으로서의) 공동 R&D그룹이 (대리인으로서의) 참여기업에게 z 의 행위를 선택하도록 인센티브를 설계했을 때 공동 R&D그룹이 획득하는 최대의 이윤을 $V(z)$ 라 표시하자.

공동 R&D그룹의 극대화문제는 다음과 같다.

$$V(z) = \max_{s_i} \sum_{i=1}^n (y_i - s_i) \pi_{iz}$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n u(s_i) \pi_{iz} - c_z \geq u^*$$

$$\sum_{i=1}^n u(s_i) \pi_{iz} - c_z \geq \sum_{i=1}^n u(s_i) \pi_{iz} - c_x$$

이는 비선형 제약시 선형 목적함수를 극대화하는 문제이다. 분석의 편의를 위해 이를 선형제약시 비선형 목적함수를 극대화하도록 변형시켜 보자.

성과규모 i 의 경우 획득되는 효용이 $u(s_i) = u_i$ 의 형태를 띤다고 가정하자. 효용함수의 역함수를 f 로 나타내면 $s_i = f(u_i)$ 의 관계가 성립한다. 이를 사용하면 위의 최적화문제를 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$V(z) = \max_{u_i} \sum_{i=1}^n (y_i - f(u_i)) \pi_{iz}$$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n u(s_i) \pi_{iz} - c_z \geq u^*$$

$$\sum_{i=1}^n u(s_i)\pi_{iz} - c_z \geq \sum_{i=1}^n u(s_i)\pi_{iz} - c_r$$

공동 R&D그룹이 참여기업에게 u_i 만큼의 효용을 제공하는데 소요되는 비용이 $s_i = f(u_i)$ 일때 이 문제는 참여기업의 효용분포를 선택하는 문제가 된다.

최적 인센티브 시스템의 성격을 분석하기 위해 일반적인 n -성과규모 경우에서 다음과 같은 라그랑지 최적화문제를 살펴보기로 한다.

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & \sum_{i=1}^n (y_i - f(u_i))\pi_{iz} - \lambda [c_z - u^* - \sum_{i=1}^n u(s_i)\pi_{iz}] \\ & - \mu [c_z - c_x - \sum_{i=1}^n u(s_i)(\pi_{iz} - \pi_{ix})] \end{aligned}$$

우변을 s_i 에 대해 미분함으로써 쿤-터커 1계조건을 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$-\pi_{iz} + \lambda u'(s_i)\pi_{iz} + \mu u'(s_i)[\pi_{iz} - \pi_{ix}] = 0$$

이를 다시 변형하면 인센티브 체계의 형태를 결정하는 다음과 같은 기본방정식 (fundamental equation)을 얻을 수 있다.

$$1/u'(s_i) = \lambda + \mu [1 - (\pi_{ix}/\pi_{iz})]$$

일반적으로 유보이윤(reservation utility)에 대한 제약이 구속적(binding)이어서 $\lambda > 0$ 의 관계가 성립할 것으로 기대할 수 있다.

두 번째 μ 에 대한 제약은 구속적일수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. $\mu = 0$ 이라 가정하면 참여기업에게 지급하는 성과금 규모가 산출규모와 독립적으로 결정된다. 이를 인센티브 양립조건에 적용하면

$$c_z < c_x$$

의 관계가 성립하게 된다. 이는 공동 R&D그룹에 의해 선호되는 행위가 참여기업에게 비용이 적게 드는 경우를 나타낸다. 주인으로서의 공동 R&D그룹은 참여기업에게 단순히 보험을 제공하게 된다.

이번에는 제약이 구속적이어서 $\mu > 0$ 인 경우를 살펴보자. 일반적으로 이 경우, 성과금 지급은 산출규모에 의해 결정되게 된다. 즉, 공동 R&D 그룹은 참여기업에게 다소 비용이 소요되는 행위를 선호하게 되고 성과금 규모는 (π_{ix}/π_{iz}) 의 변화에 의존하게 된다. 일반적으로 통계학에서 이 비율은 우도비(likelihood ratio)라 불린다. 이가 시사하는 바는 최적 인센티브 체계를 설계하는 것은 불가분 통계적 추론문제와 관련을 가진다는 것이다. 예를 들어, (π_{ix}/π_{iz}) 가 만일 단조(monotone) 우도비의 특성을 지닌다면 $s(y_i)$ 는 y_i 의 단조증가함수가 된다. 여기서 π_{ix} 는 참여기업이 자신의 이윤

만을 극대화하는 행위 x 를 선택했을 때 y_i 의 성과규모가 관찰될 확률이며 π_{iz} 는 참여기업이 공동 R&D의 결합이윤을 극대화하는 행위 z 를 선택했을 때 y_i 의 성과규모가 관찰될 확률이다. 따라서, 이 우도비는 참여기업이 z 행위 대비 x 행위를 선택할 확률비율을 나타낸다. 이 우도비를 인센티브 체계에 고려함으로써 실현되는 성과규모의 불확실성이 존재하는 경우 발생하는 도덕적 해이문제를 해결할 수 있다. $(\pi_{ix}/\pi_{iz}) < 1$ 의 경우, 공동 R&D그룹은 참여기업으로 하여금 바람직한 노력수준 z 를 선택하도록 더 많은 성과금을 지급하는 것이 바람직하다. 반면 $(\pi_{ix}/\pi_{iz}) > 1$ 의 경우, 참여기업은 불이익을 받게(penalized)된다.

결론적으로, 위에서 본 기본방정식은 정보의 비대칭성 문제가 발생할 수 있는 교차라이센스 형태의 공동 R&D에서 최적 인센티브 체계는 우도비의 선형함수라는 단순한 특성을 보여준다.

III. 요약 및 향후과제

RJVs과 교차라이센스 형태의 공동 R&D 사전협력의 형태에 대한 실증분석에 따르면 교차라이센스를 사용하는 경우가 더 많은 것으로 나타났다. Hagedoorn(1990)에 의하면 85년부터 88년까지 독일의 조사대상 1,163개 협력협정(cooperative agreement)중 70%정도가 “결합 R&D와 기술교환협정”형태에 의존하는 것으로 나타났다. 반면, Osborn and Baughn(1993)은 미국과 일본의 경우를 조사하여 첨단산업 부문에서는 조직 유연성의 잇점에 따라 교차라이센스 형태를 선호하지만 파급효과(synergy effects)와 기회주의(opportunism)의 문제를 해결하기 위해 RJVs를 선호하는 경우도 있음을 보여주었다.

본문에서는 이같이 현실적으로 많이 관찰되는 교차라이센스 형태의 공동 R&D에서 최적 인센티브 또는 로열티 체계가 어떠한가 R&D 수행과정에서 발생하는 참여기업의 도덕적 해이문제를 해결할 수 있는가를 살펴보았다.

II.1에서는 우선 불확실성이 존재하지 않는 일반적인 경우 주인-대리인 문제로 나타나는 도덕적 해이에 대한 기본모형을 살펴보고 대리인으로서의 공동 R&D 참여기업에게 최적 R&D노력수준을 결정하도록 하는 비례성과금 및 취사선택의 두 인센티브 체계를 분석하였다. 그런데, RJVs와 달리 모니터링의 문제가 발생하는 교차라이센스의 경우, 이 두 인센티브 체계에 어떤 문제가 발생하는가를 살펴보았다.

II.2에서는 R&D 결과가 성공 또는 실패의 2가지로 나타나는 불확실성이 존재하

는 단순한 모형에서 최적 라이선스 요금해를 구하였다. 동시연구 및 특허의 2가지 교차라이선스 형태중 동시연구를 가정하고 공동 R&D의 결합이윤을 극대화하는 라이선스 체계를 사용하여 도덕적 해이문제를 해결할 수 있음을 살펴보았다.

II.3에서는 이를 확장하여 R&D 결과가 n 가지 다수의 성과로 나타나는 보다 일반적인 교차라이선스 형태의 공동 R&D 경우, 최적 인센티브 시스템을 도출하고 이가 시사하는 바를 살펴보았다. 즉, 최적 인센티브를 설계할 때 참여기업이 취할 행위에 대한 확률비율을 고려함으로써 도덕적 해이문제를 해결할 수 있다.

요약하면, 불확실성이 존재하는 경우, 정보의 비대칭성 문제가 발생할 수 있는 교차라이선스 형태의 공동 R&D에서 인센티브 체계를 참여기업이 선택하는 노력수준에 대한 확률(비율)의 선형함수로 책정함으로써 도덕적 해이문제를 해결할 수 있음을 살펴보았다. 특히, 공동 R&D의 성과규모가 '성공' 또는 '실패'의 두가지 경우로 나타나는 동시연구의 경우, 참여기업이 파트너기업의 실패확률과 이윤을 고려하도록 라이선스 요금을 책정하는 것이 바람직하게 된다.

본고에서의 연구과정상 한계점을 지적하면 다음과 같다.

첫째, 분석의 편의상 2.3에서 공동 R&D 노력수준과 같은 행위가 이산적(discrete)인 경우로 가정을 하였는데 이를 완화하여 연속적(continuous)인 경우로 확장하는 것이 보다 현실성있는 분석결과를 도출할 수 있다.

둘째, 교차라이선스 형태중 '동시연구'와 성과가 검증가능한 경우를 주로 분석하였는데 이를 '특허' 및 'R&D성과가 검증가능하지 않아 노하우이전에 의해 라이선스 요금이 결정'되는 경우까지 확장하여 비교분석하는 것이 필요하다.

참고문헌

- 김적교·조병택(1989), "연구개발과 시장구조 및 생산성", 한국개발연구원.
- 김정홍(2003), *기술혁신의 경제학*, 제2판, 시그마프레스.
- d'Aspremont C. and A. Jacquemin(1976), "Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers", *American Economic Review*, 78(5).
- Grossman G. and C. Shapiro(1986), "Optimal Dynamic R&D Programs", *Rand Journal of Economics*, 17(Winter), p.581-93.
- Hagedoorn J.(1990), "Organizational Modes of Inter-firm Cooperation and Technology Transfer", *Technovation*, 10, p.17-30.
- Jorde T. and D. Teece(1988), "Innovation, Cooperation and Antitrust", mimeo, School of Business Administration, Univ. of California at Berkeley.
- Katz M.(1986), "An Analysis of Cooperative Research and Development", *Rand Journal of Economics*, 17(Winter), p.527-43.
- Katz M. and J. Ordover(1990), "R&D Cooperation and Competition", *Brookings Papers on Economic Activity; Microeconomics*.
- Kreps D.(1990), *A Course in Microeconomic Theory*, Princeton Univ. Press.
- Morasch K.(1995), "Moral Hazard and Optimal Contract Form for R&D Cooperation", *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 28, p.63-78.
- Ordover J.(1990), "The Patent System and Cooperative R&D", *Journal of Economic Perspective*, 5(1), p.43-60.
- Ordover J. and R. Willig(1985), "Antitrust for High-Technology Industries: Assessing RJVs and Megers", *Journal of Law and Economics*, 28, p.311-33.
- Osborn R. and C. Baughn(1993), "Forms of Interorganizational Governance for Multinational Alliances", in R. Culpán, ed., *Multinational Strategic Alliances*, International Business Press, New York.
- Tirole J.(1989), *The Theory of Industrial Organization*, The MIT Press.
- Varian H.(1990), *Intermediate Microeconomics*, 2nd Ed., Norton.
- Varian H.(1992), *Microeconomic Analysis*, 3rd Ed., Norton.