

## 기술개발의 경주적 특성과 공동연구개발 유인에 관한 연구

### Incentives for research cooperation in R&D race

임 광 선\* · 최 상 채\*\* · 구희조\*\*\*

#### Abstract

R&D payoffs guaranteed by the patent law are offered to the very firm that succeeds in R&D for the first time. This paper shows how the interpretation of R&D as a race affects a firm's preferences over cooperative R&D. Introducing the aspect of a race into R&D, cooperative R&D yields more profit than non-cooperative R&D in cases where R&D has a relatively low hazard rate. This result contrasts well with previous result obtained without considering the aspect of R&D race.

#### I. 서 론

기술개발에 직면한 기업은 특정 상황에서 경쟁기업과 공동연구개발을 결성하는 것이 바람직할 수 있다. 기술개발의 난이도가 기업의 공동연구개발 결성 유인에 미치는 영향을 분석한 Marjit(1991)의 연구에 따르면, 기업은 기술개발이 매우 쉽거나 혹은 매우 어려운 경우 연구개발 단계에서 경쟁하기 보다는 기술개발 비용을 분담하는 공동연구개발을 체결할 유인을 갖는다.<sup>1)</sup> 또한 Combs(1992)는 기술개발이 상대적으로 쉬운 경우에는 독자적 연구

\* 한국전자통신연구원 기술경제연구부 기술정책실 선임연구원(전화 042-869-0814, FAX 042-860-6504)

\*\* 한국과학기술원 테크노경영대학원 경영공학 박사과정(전화 042-869-2957, FAX 042-869-2910)

\*\*\* 한국전자통신연구원 기술경제연구부 기술정책실 연수연구원(전화 042-869-0815, FAX 042-860-6504)

개발보다 중복연구를 회피할 수 있는 병행연구형 공동연구개발을 결성하는 것이 기업에게 바람직하다는 것을 증명한 바 있다.

그런데 기술개발의 난이도가 기업의 공동연구개발 선호에 미치는 영향을 분석한 이들의 연구결과를 살펴보면, 한 가지 납득하기 어려운 부분이 존재한다. 직관적으로 볼 때 기술개발이 매우 어려우면 기술개발에 성공할 가능성이 그만큼 작아진다는 것을 의미하기 때문에, 공동연구개발을 결성할 유인이 커질 것으로 예상된다. 그런데 이들의 연구결과에 따르면 기술개발이 어려운 경우에 한해 기업이 공동연구개발을 선호할 가능성은 존재하지 않는다. 본 연구에서는 이같은 기존의 연구 결과에 의문을 제기하고, 앞서 언급한 진술이 기술개발의 경주적 측면(race aspect)을 강조할 때 실제로 타당할 수 있다는 것을 보이고자 한다.

특허를 통해 법률적으로 보장되는 기술개발에 따른 보상은 기술개발에 먼저 성공한 기업에게만 주어진다. 이처럼 똑같이 기술개발에 성공하더라도 2등보다는 1등에게, 많은 상금이 주어지기 때문에, 기술개발 경쟁은 경주형태(race model)로 자주 모형화되었다[Tirole(1988), De Fraja(1993), Miyagiwa and Ohno(1997)].

기술개발의 경주 특성을 부각시키기 위해서는 신기술 개발에 먼저 성공한 기업의 성과가 그렇지 않은 기업의 성과에 비해 상대적으로 커야 한다. 본 연구에서는 이 점을 강조하기 위해 기술개발에 먼저 성공한 기업이 기술개발 성과를 독차지한다고 가정하였다.<sup>2)</sup>

한편 일반적으로 기술개발에 관한 경주모형에서는 분석의 편의를 위해 연구개발 투자의 무기억속성(memoryless property of R&D investment)을 전제한다. 본 연구에서도 이같은 방법을 따라 기술개발 경주를 모형화하였다. 분석 결과 우리는 기술개발의 경주적 특성이 고려될 때는 그렇지 않은 연구와 비교할 때 공동연구개발의 유인이 달라지게 됨을 확인하였다.

- 1) 기업이 공동연구개발보다 독자적인 연구개발을 선호하는 때는, 경쟁기업을 제치고 독자적으로 기술개발에 성공하여 독점적 이익을 향유할 가능성이 높은 경우이다. 그런데 기술개발 경쟁에서 일반적으로 승리하기 위해선 기술개발이 너무 쉽거나 혹은 너무 어려우면 곤란하다. 기술개발이 쉬우면 경쟁기업 또한 기술개발에 성공할 가능성이 커진다는 것을 의미하고, 역으로 기술개발이 어려우면 경쟁하는 기업 모두가 개발에 성공하기 어렵다는 것을 뜻하기 때문이다. 그런데 공동연구개발에 대한 기업의 선호는 독자적인 연구개발에 대한 선호와 역관계에 놓여 있다.
- 2) Marjit 또한 승리자의 기술개발 성과에 대한 완벽한 전유를 가정하고 있다. 그의 연구결과와 비교가 이뤄지기 위해서라도 이 가정은 일정 부분 필요하다.

## II. 모형

두 기업이 신기술 발견을 놓고 경쟁하며 기술의 종류는 구기술과 신기술 두 가지가 존재한다고 가정하자. 신기술 개발 이전에, 두 기업은 이미 구기술을 보유한 상태에서 생산물 경쟁에 직면해 있다. 신기술의 획득은 연구개발 투자에 의해서만 가능하며, 신기술을 발견하게 되면 특허를 취득하여 경제적 이익을 향유한다. 분석의 편의상 기술개발 레이스에서 신기술 발견에 따른 성과는 승자가 모두 독차지하는 것으로 가정한다. 즉 개발된 신기술에 대한 특허보호가 완벽하게 이루어져 경쟁기업에게 무상으로 이전되는 기술적 누출이 전혀 없다고 간주하자.

한편 연구개발에서 연구개발을 협력적으로 하더라도, 생산물시장에서의 기업간 담합은 금지된다고 가정한다.<sup>3)</sup> 자체 독립적인 연구개발을 통해 기술개발에 성공하여 독점이 되었을 때 이익을  $A$ , 그리고 공동연구개발을 통해 신기술 발견시 얻게 되는 각 기업의 이익을  $B$ , 그리고 신기술 개발을 포기하고 두 기업이 구기술을 가지고 경쟁에 직면했을 때 획득할 순이익을  $V$ 라 하자. 이 때  $A, B, V$ 는 장기간에 걸쳐 실현되는 이익을 현재가치로 환산한 값이다. 끝으로 독립적 연구개발과 공동연구개발을 통한 기술개발 성과에 대해서는  $A > 2B > 0$ 를 전제하고, 신기술간 경쟁과 구기술간 경쟁에 따른 시장성과에 대해서는  $B > V > 0$ 을 가정하자.<sup>4)</sup>

Tirole(1988, p.394)의 연구에서 제시된 바와 같이, 우리는 기업의 기술개발 성공시점이 누적적 지수분포(the exponential cumulative distribution function)를 따른다고 가정하였다. 따라서 연구개발 과정에서 임의의 발견시기를  $\tau$ 라 하면,  $\Pr(\tau < t) = 1 - e^{-\lambda t}$ 가 성립한다. 여기서  $\lambda$ 는 해저드 레이트(hazard rate)을 나타내며 단위시간당 이뤄지는 연구개발 투자 수준(investment intensity on R&D)을 의미한다. 기술개발에 대한 투자경쟁과 함께 기업은 신기술 발견후 생산물 시장에서의 경쟁에 직면한다.<sup>5)</sup>

3) 이러한 가정은 공동연구개발의 유인에 관한 이론적 연구에서 대부분 행해진다. 대표적인 연구로는 Choi(1993)를 들 수 있다.

4) 신기술 개발에 따른 산업의 총이익은 시장구조와 그에 따른 기업간 경쟁강도에 따라 영향을 받는다. 똑같은 기술개발이라 하더라도 공동연구개발을 통한 신기술 발견은 생산물시장에서의 경쟁을 수반하기 때문에 독점적 개발에 따른 이익보다 작게 된다. 이러한 지적은 Marjit에 의해서도 이뤄지고 있다.

5) 기업이 직면하는 수요함수는 time-invariant로 간주한다.

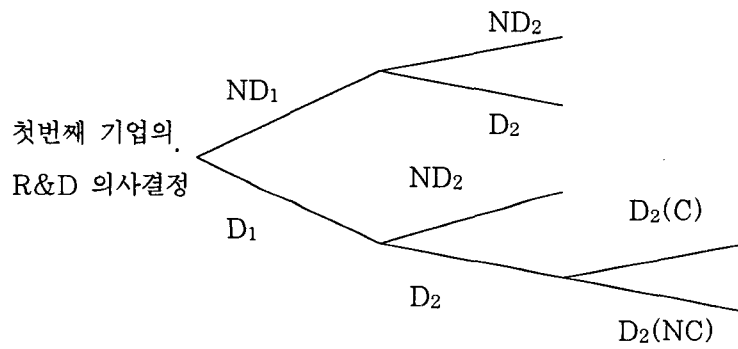
한편 신기술 개발을 위한 기업의 투자여부와, 투자결정시 개발형태 (공동연구개발로 할 것인지 독립적 연구개발로 할 것인지 여부)가 고려되어야 한다. 이러한 기업의 전략을 나타내기 위해 Marjit이 사용한 기호와 정의를 다음과 같이 빌리도록 하자.

$D_j$  :  $j$ 번째 기업이 연구개발 투자를 실시하는 경우,  $j = 1, 2$

$ND_j$  :  $j$ 번째 기업이 연구개발 투자 자체를 하지 않는 경우,  $j = 1, 2$

$C$  : 기업이 공동연구개발을 선택하는 경우

$NC$  : 기업이 독자적 연구개발 (혹은 경쟁적 연구개발)을 선택하는 경우



(그림 1) 기술경주 모형하에서의 기업의 의사결정 모형

공동연구개발은 과도한 기술개발 비용을 서로 분담함으로써 독자적인 기술개발시 안게 되는 부담을 완화시킬 수 있다. 기업의 연구개발 투자강도가 고정적으로  $F$ (fixed at a flow cost of  $F$ )만큼 이뤄졌다고 가정하고 미래가치의 할인율을  $r$ 로 표기하도록 하자.

이제 두 기업의 선택과 각 선택에 따른 연구개발 성과는 다음과 같다.<sup>6)</sup>

$$(ND1, D2) \rightarrow \left( \frac{V}{r+\lambda}, \frac{\lambda A + V - F}{r+\lambda} \right)$$

$$(ND1, ND2) \rightarrow \left( \frac{V}{r}, \frac{V}{r} \right)$$

6) 기업의 기술개발 성과 도출과정은 Tirole과 Miyagiwa & Ohno의 연구를 참조할 것.

$$(D1, D2(C)) \rightarrow \left( \frac{\lambda(A/2) + V - F/2}{r + \lambda}, \frac{\lambda(A/2) + V - F/2}{r + \lambda} \right)$$

$$(D1, D2(NC)) \rightarrow \left( \frac{\lambda A + V - F}{r + 2\lambda}, \frac{\lambda A + V - F}{r + 2\lambda} \right)$$

$$(D1, ND2) \rightarrow \left( \frac{\lambda A + V - F}{r + \lambda}, \frac{V}{r + \lambda} \right)^7)$$

한편 협력적 연구개발과 독립적 연구개발간의 비교가 가능하려면, 일단 기업이 신기술 발견을 위한 투자를 실시하는 것이 전제되어야 한다. 다시 말해 최소한 (ND1, ND2) 전략이 균형이 되지 않아야 한다. 이를 위해  $\Delta D$ 를 식 (1)과 같이 정의하고  $\Delta D$ 가 양수라고 가정하자.

$$\Delta D = \frac{\lambda A + V - F}{r + \lambda} - \frac{V}{r} \quad (1)^8)$$

한편 협력적 연구개발과 독립적 연구개발을 선택했을 때 기업의 순이익은 각각 다음과 같다.

$$\Delta \Pi_C(B) = \frac{\lambda B + V - F/2}{r + \lambda} - \frac{V}{r + \lambda} \quad (2)$$

$$\Delta \Pi_{NC} = \frac{\lambda A + V - F}{r + 2\lambda} - \frac{V}{r + \lambda} \quad (3)$$

우리의 관심이  $\Delta \Pi_{NC}$  와  $\Delta \Pi_C(B)$ 의 비교에 놓여 있으므로 이들 두 값이 모두 양수여야만 이들간의 비교가 의미 있게 된다.<sup>9)</sup> 이들 두 값이 양수이기 위한 조건을 찾기 위해 우선 다음을 확인하도록 하자.

7) 기술개발에 관한 경주모형에서의 이같은 payoff 구조는 Tirole(p. 394-396)과 Miyagiwa & Ohno의 연구를 참조할 것.

8) 가정은  $\lambda A - F > (V/r)$ 이 성립한다는 가정과 같다.

9) 한 쪽이 양수이고 다른 한 쪽이 음수면 비교 자체가 무의미하게 된다.

$$\begin{aligned}
\lim_{B \rightarrow A/2} [\Delta \Pi_C(B) - \Delta D] &= \frac{-\lambda(A/2) + F/2}{r + \lambda} - \frac{V}{r + \lambda} + \frac{V}{r} \\
&= -\lim_{B \rightarrow A/2} \Delta \Pi_C(B) + \left( \frac{V}{r} - \frac{V}{r + \lambda} \right) \\
\therefore \lim_{B \rightarrow A/2} \Delta \Pi_C(B) &= \frac{\Delta D}{2} + \frac{1}{2} \left( \frac{V}{r} - \frac{V}{r + \lambda} \right) > 0 \quad (4)
\end{aligned}$$

부등식 (4)에서 보는 바와 같이, B값이 (A/2)에 수렴하게 되면  $\Delta \Pi_C(B)$ 는 양수가 된다. 따라서  $\Delta \Pi_C(B)$ 가 B의 증가함수임을 감안하면,  $\Delta D > 0$ 일 때 우리는 다음과 같은 보조정리가 성립한다는 것을 알 수 있다.

보조정리. 가정  $\Delta D > 0$  하에서

- i) 최소한  $B > B^*$ 이기만 하면  $\Delta \Pi_C(B) > 0$ 이 성립하는  $B^*$ 가 (0, A/2) 사이에 유일하게 존재한다.
- ii) 독립적 연구개발의 이익  $\Delta \Pi_{NC}$ 은 양수이다.

증명. i)  $B^*$ 를  $\Delta \Pi_C(B) - (1/2)[(V/r) - (V/(r + \lambda))] = 0$ 식을 만족하는 B값으로 정의하면,  $2B^*\lambda - F = V/r$ 이 성립한다. 그런데  $\Delta D > 0$  가정은  $\lambda A - F > (V/r)$ 를 의미하므로,  $2B^* < A$ 가 성립한다.

여기서  $B \geq B^*$ 이면,  $\Delta \Pi_C(B) - (1/2)[(V/r) - (V/(r + \lambda))] \geq 0$ 이 만족된다. 그런데  $B > V$ 이므로, 최소한  $B > \max\{V, B^*\}$ 이기만 하면  $\Delta \Pi_C(B) > 0$ 이 성립한다. 따라서  $B^* = \max\{V, B^*\}$ 로 잡아주면,  $B > B^*$ 일 때 최소한  $\Delta \Pi_C(B) > 0$ 이 성립한다.

- ii)  $\Delta \Pi_{NC}$ 가 양수임을 보이기 전에 우선 다음이 성립한다는 것을 확인해 두자.

$$\begin{aligned}
\text{sign}(\Delta \Pi_{NC}) &= \text{sign}((r + \lambda)[\lambda A + V - F] - (r + 2\lambda)V) \\
&= \text{sign}((r + \lambda)[\lambda A - F] - \lambda V)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sign}(\Delta D) &= \text{sign}(r(\lambda A + V - F) - (r + \lambda)V) \\ &= \text{sign}(r(\lambda A - F) - \lambda V) = (+) \text{ by assumption} \end{aligned}$$

이러한 결과를 토대로,  $\Delta \Pi_{NC}$  가 양수라는 사실은 아래와 같이 증명된다.

$$\begin{aligned} (r + \lambda)(\lambda A - F) - \lambda V - [r(\lambda A - F) - \lambda V] &= \lambda(\lambda A - F) > 0 (\because \Delta D > 0) \\ \therefore \text{sign}((r + \lambda)[\lambda(A + B) - F] - \lambda V) &= \text{sign}(\Delta \Pi_{NC}) = (+) \end{aligned}$$

Q. E. D.

이제 공동연구개발과 경쟁적 연구개발간의 상대적인 수익성을 비교할 순서이다. 공동연구개발의 기대이익이 양수가 되는  $B \in (B^*, A/2)$  조건하에서,  $\Delta \Pi_C(B) - \Delta \Pi_{NC} > 0$ 가 성립하거나 다음의 부등식 (5)가 충족되면 기업들은 협력적 연구개발을 선호한다.

$$(r/2)F > \lambda[\lambda(A - 2B) + r(A - B) - V] \quad (5)$$

부등식 (5)의 우변은  $\lambda$ 에 관한 2차식이고  $\lambda = 0$ 일 때 제로 값을 가지므로, 우리는 다음의 명제를 추론할 수 있다.

명제.  $\lambda$ 에 관한 2차 방정식  $(r/2)F = \lambda[\lambda(A - 2B) + r(A - B) - V]$ 의 두 근중 양의 근을  $\lambda^*$ 라 하면, 기술개발에 관한 경주모형에서 비용분담형 공동연구개발은  $\lambda \in (0, \lambda^*)$ 일 때 독립적인 연구개발보다 수익성이 높다.

증명. 생략.

위 결과에 따르면 기업은 헤저드 레이트가 특정 수준(critical level)인  $\lambda^*$ 보다 큰 경우(작은 경우)에 한해 기업은 독자적 연구개발(공동연구개발)을 선호한다. 기업이 독자적 연구개발을 추구하는 목적은 먼저 개발에 성공함으로써 독점이익 A를 얻는데 있다. 그런데 독점이 될 가능성은 헤저드 레이트  $\lambda$ 에 비례하게 되므로 이 값이 클 경우에 한해 독립적 연구개발을 선호하게 된다. 반면 헤저드 레이트가 매우 작으면 신기술 발견이 실패할 가능성이

크게 되므로 개발비용만큼 손해를 볼 수 있다. 이 때는 역으로 비용분담형 공동연구개발을 추구하는 것이 유리하게 된다.

기술개발의 경주특성을 반영하지 않은 Marjit의 연구에서는 기술개발의 성공가능성이 작은 경우는 물론, 큰 경우에도 공동연구개발의 수익성이 독자적인 연구개발보다 크게 나타났다.<sup>10)</sup> 그러나 기술개발의 성공가능성이 높을 때 독자적 연구개발보다 비용분담형 공동연구개발이 기업에게 바람직하다는 그의 결과는, 기술개발에 대한 정적 모형하에서만 성립한다는 것을 우리는 확인할 수 있다.<sup>11)</sup>

### Ⅲ. 결 론

일반적으로 경주에서는 경쟁 상대보다 먼저 목표 지점에 도달하는 것이 중요하다. 경주에서 승자는 2등보다 훨씬 많은 보상이 주어지며, 이같은 사실들은 기업의 기술개발 경쟁에서도 그대로 적용된다. 본 연구는 기술개발의 이러한 경주특성이 강조될 경우, 기업의 공동연구개발에 대한 선호조건이 크게 달라질 수 있다는 것을 보였다.

기술개발의 '경주'적 특성이 강조되면 기술개발이 상대적으로 매우 어려울 경우에만 공동연구개발을 결성하는 바람직하다. 이러한 결과는 기술개발의 '경주'적 특성이 강조되는 경우 그렇지 않은 경우에 비해 기업의 공동연구개발에 대한 선호가 보다 제한적이 된다는 것을 의미한다. 직관에도 부합하지만, 1등만이 상금을 독차지하는 '경주'에서 공동연구개발을 결성한다는 것은 기껏해야 '공동 1등'을 의미한다. 그런데 '공동 1등'은 사실상 '공동 2등'과 다름없다. 이같은 이유로 기술개발에 먼저 성공하는 것이 큰 의미를 갖는 상황에서는 공동연구개발의 유인이 상대적으로 약화된다.

기존의 연구와 본 연구의 결과를 종합해 볼 때, 공동연구개발의 유인을 고찰하기 위해서는 기술개발 과정상의 제 특성을 명확히 인식하는 것이 무엇보다도 중요하다는 것을 새삼 확인할 수 있다.<sup>12)</sup> 기술개발에 대한 정태적 모형을 통한 기존의 연구에서도 비용분담,

10) 그가 분석하고 있는 공동연구개발은 기술개발 비용 분담을 목적으로 하고 있다.

11) 기술개발에 관한 정적 모형하에서는 두 기업이 모두 기술개발에 성공하는 경우, 두 기업의 성공은 시간적으로 '항상 동시에' 발생한 셈이 되며 이로 인해 성공의 시간적 우선순위에 따른 성과차이를 반영할 수 없게 된다. 반면 경주모형에서는 두 기업이 '동시에' 개발할 가능성은 확률적으로 제로이다. 다시 말해 경주모형에서는 특정 기업이 반드시 '먼저' 성공하게 되며, 바로 이 점을 부각시킬 수 있다.

12) 기술개발의 경주특성과 기술개발 자체의 불확실성을 강조할 때, 기업의 공동연구개발 선호조건을 분석한 임



중복투자 배제, 기술적 스피로버의 내부화 등 공동연구개발의 다양한 목적에 따라 공동연구개발의 유인이 달라질 수 있음이 이미 규명되었지만, 기술개발의 경주 특성을 강조할 경우 그 결과가 상이할 수 있다는 것에 주의해야 할 것이다. 따라서 기업의 공동연구개발에 대한 유인 분석을 논하기 위해서는 기업의 기술개발 과정에 대한 정확한 진단에 보다 많은 시간을 할애해야 할 것이며, 기술개발의 제 속성중 강조된 측면과 생략된 측면을 분명히 밝히는 것이 매우 중요하다 하겠다.

---

광선외(1998)의 연구에서도 이와 비슷한 내용이 제기된 바 있다.

## 참 고 문 헌

- 유평일 · 최상채 · 임광선, 기술개발의 난이도와 누출정도가 기업의 공동연구개발 선호에 미치는 영향, 기술혁신연구, 제5권 제1호, 1997, 1-15.
- 임광선 · 최상채 · 박석지, 기술개발의 불확실성과 기술개발 형태별 유인 비교, 산업조직연구, 제6집 제1호, 1998, 41-54.
- Choi, J.P., Cooperative R&D with product market competition, *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 11, 1993, 553-571.
- Combs, K.I., Cost sharing vs. multiple research projects in cooperative R&D, *Economic Letters*, Vol. 39, 1992, 353-357.
- De Fraja, G., 1993, Strategic spillovers in patent races, *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 11, 139-146.
- Marjit, S., Incentive for cooperative and non-cooperative R and D in duopoly, *Economics Letters*, Vol. 37, 1991, 187-191.
- Miyagiwa, K. and Y. Ohno, Strategic R&D policy and appropriability, *Journal of International Economics*, Vol. 42, 1997, 125-148.
- Tirole, J., 1988, *The theory of industrial organization*, MIT Press, Cambridge, MA.