

기술이전하에서의 연구개발투자에 관한 동적게임

A Dynamic Game of R & D Investment Under Technology Transfer

오 형 식*

Abstract

The problem of strategic R & D investment is formulated as a differential game model and solved explicitly for a special case. It is shown that, at equilibrium, an increase in the intensity of market competition or a decrease in the role of technology transfer results in an increase in the initial rate of investment by competing firms. The increased initial investment rate may enhance the rate of technology development. This dynamic model can be used to propose non-cooperative R & D investment policies in technologically competitive situations.

1. 서 론

첨단과학 기술분야로 각광을 받고 있는 반도체공학, 유전공학, 우주공학들은 여러나라에서 국가의 정책적인 차원에서 연구개발(research and development) 지원을 받고 있으며, 민간기업들의 투자로 활발히 이루어지고 있다.

특히 우리나라는 선진국의 급속한 기술향상과 후발 개발도상국의 도전으로 인해, 기술개발을 위한 연구개발에의 효율적 투자전략에 대한 관심이 고조되고 있으며 투자액 또한 매년 급격히 증가하고 있다.

그러나 기술개발을 위한 투자는 다른 일반 투자와는 달리 기술개발 성공 여부에 따르는 위험(risk) 과 시장수요에 따른 불확실성(uncertainty)이 높으며, 또한 기술개발 경쟁국들과 기술적·경제적인 측면에서 치열한 경쟁(competition)을 감수하여야만 한다.

따라서 연구개발 전략에 관한 연구는 기술적 불확실성(technological uncertainty), 시장수요에 대한 불확실성(market uncertainty), 그리고 상대방과의 경쟁(competition)을 동시에 고려하여야만 한다.

이 분야의 연구는 기술경쟁에 참여하는 경쟁자를 보는 관점에 따라 의사결정적 연구방법(decision theoretic approach)과 게임이론적 연구방법(game theoretic approach)으로 나눌 수 있다.

의사결정적 접근방법은 Kamien과 Schwartz[1], Fethke[2] 등에 의하여 이루어졌으며, 이 방법은 상대방 경쟁자의 전략을 주어진 자연상태로 보고 주어진 양의 연구개발 자원의 축적되면 기술개발이 일어난다고 보아 그 기술혁신의 시간과 다음 기술혁신의 시간까지의 투자규모를 시간에 따른 함수로 결정하는 접근방법이다.

게임이론적 접근방법은 자기 자신과 상대방이 기술개발에 성공하는 시점을 알 수 없는 기술적 불확실성 하에서 기술개발 경쟁을 하는 경쟁적 상황을 다루고 있다[3, 4, 5, 6, 7, 8]. 이 방법을 Scherer[3]에 의해 기술개발 성공시간을 투자비용의 함수로 보고, 투자에 의한 기술개발 성공시점의 결정에 대한 연구가 시작되었다.

한편 연구개발 투자모형을 시간에 따라 불변하는 적정투자규모를 결정하는 정적모형(static model) [3, 4, 5]과 투자규모가 시간에 따른 함수로 주어지는 동적모형(dynamic model) [1, 2, 6, 7, 8]로 나누어 볼 수

*서울대학교 산업공학과

있다.

대부분의 연구들은 동일한 기술축적과 기술개발 능력을 가진 경쟁자들이 단일 기술개발을 목표로 경쟁하는 경우를 가정하여 모형을 설정하였다. 기술선진국과 기술후진국간의 기술이전과 기술개발 속도에 관한 연구가 Raz, Steinberg와 Ruina[9]에 의하여 있었으나, 그들은 기술적 경쟁과 기술개발에 따르는 보상이 고려되지 아니하였다. 그러나 국가간의 기술개발 경쟁이나 첨단기술 부문에 관한 기술개발 경쟁은 기술축적과 기술개발 능력이 상이한 경쟁자들이 참여하고 있다.

따라서 본 연구에서는 기술수준이 상이한 경쟁자들을 가정하여 기술적인 측면과 기술개발에 따르는 경제적 파급효과를 동시에 고려한 미분게임모형(differential game model)을 설정하여 Nash 평형투자전략의 조건들을 제시하였으며, 특별한 경우에서 명시적인 해를 구하여 Nash평형투자전략의 특성을 고찰하였다.

2. 연구개발 투자모형

제품의 기능은 같으나 제품의 성능 수준이 다양한 시장에서 제품 기술수준이 다른 기업 혹은 국가가 연구개발 투자를 통해 기술개발 경쟁을 한다고 가정하자.

제품의 성능 수준은 양적으로, 질적으로 비교함으로써 제품기술의 수준을 측정할 수 있다. 예를들면 항공기에서는 속도의 증가로써, 컴퓨터인 경우 단위 시간당 처리능력의 향상으로써 기술개발의 지표로 삼을 수 있다. 기술 수준을 나타내는 지표는 연속함수(continuous variable)로 가정하여, 기업 i 의 시가 t 에서의 기술수준을 $x_i(t)$ 로 나타낸다. 그리고 x_i 가 커질수록 기술수준이 향상됨을 가정한다.

현재 기술선진국인 일본은 과거 외국에서 도입한 기술의 흡수와 자체 기술개발 능력의 효율적인 활용을 통해 성공적인 기술개발을 이룩하였다. 이와같은 실례에 따라 자신의 연구개발투자 뿐만아니라 경쟁기업의 기술개발에 따라 기술이전의 효과가 존재한다고 가정하자. 그러나 기업간의 기술격차가 줄어들수록 기술개발에 대한 기술 이전의 효과가 줄어든다고 가정하자[9].

기업 i 의 기술개발율은 기술수준 $x_i(t)$ 의 시간에 대한

변화율 $\dot{x}_i(t)$ 로 표시된다. 편의상 선진기술기업을 기업 1로 중진기술기업을 기업 2로, 후진기술기업을 기업 3으로 명칭하면, 기술개발율 $\dot{x}_i(t)$ 는 기업 i 의 시가 t 에서의 연구개발율 $u_i(t)$ 와 기술이전을 α, β, γ 로서 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$\dot{x}_1(t) = u_1(t) \quad (1)$$

$$\dot{x}_2(t) = u_2(t) + \alpha[x_1(t) - x_2(t)] \quad (2)$$

$$\dot{x}_3(t) = u_3(t) + \beta[x_1(t) - x_3(t)] + \gamma[x_2(t) - x_3(t)] \quad (3)$$

여기에서 α 는 중진기술기업의 선진기술기업으로 부터의 기술이전율, β 는 후진기술기업의 선진기술기업으로 부터의 기술이전율, 그리고 γ 는 후진기술기업의 중진기술기업으로 부터의 기술이전율로 정의된다. 식 (2)와 (3)의 오른쪽 두번째항은 기술이전율 α, β 와 γ 량의 상수이므로, 기업간의 기술격차가 줄어들수록 후진기술기업의 기술개발율에 대한 기술이전의 효과가 줄어들음을 나타낸다.

일반적으로 기술발전에 따라서 제품의 수요증대, 생산원가절감, 그리고 독점능력의 향상등으로 기업의 이익율이 증가되며, 선진기술기업이 후진기술기업보다 증가율이 높다고 할 수 있다. 또한 경쟁적인 시장 형태에서는 기업의 이익율은 자신의 기술수준 뿐만아니라 경쟁기업의 기술수준에 따라서 변한다. 상대방의 기술수준이 향상되면 시장점유율의 축소등으로 자신의 이익이 낮아질 수 있다. 기업 i 의 시가 t 에서의 이익율함수를 $p_i(x_1, x_2, x_3)$ 로 정의한다. 이때 p_i 함수는 다음의 특성을 갖는다고 가정한다.

$$\frac{\partial p_i}{\partial x_j} = \begin{cases} > 0 & \text{if } i=j \\ \leq 0 & \text{if } i \neq j \end{cases} \quad (4)$$

$$\frac{\partial p_1}{\partial x_1} \geq \frac{\partial p_2}{\partial x_2} \geq \frac{\partial p_3}{\partial x_3}$$

한편으로 연구개발 투자에는 비용이 소요되며, 기업 i 의 연구개발 투자율 u_i 를 얻기 위한 비용을 $c_i(u_i)$ 로 정의한다. 연구개발 비용은 투자율에 따라 증가하며, 한계투자비용(marginal investment cost)도 투자율에 따라 증가함을 가정한다. 수학적으로 $c_i(u_i)$ 는 u_i 에 관하여 증가볼록함수(increasing convex function)로 가정한다.

$$c_i'(u_i) > 0, c_i''(u_i) > 0 \text{ for } u_i > 0 \quad (5)$$

식(5)에서 c_i' 는 c_i 함수의 u_i 에 관한 일차미분, c_i''

는 c_i 함수의 u_i 에 관한 이차미분을 나타낸다.

끝으로 기업 i 는 투자계획기간 동안 발생하는 제품 판매 이익에서 연구개발 비용을 뺀 순이익을 최대화하는 연구개발 투자전략을 수립한다고 가정하자. 기업 i 가 당면하는 투자상황은 다음과 같이 모형화 된다.

$$\text{Max}_{u_i(t)} \int_0^T [p_i(x_1(t), x_2(t), x_3(t)) - c_i(u_i(t))] dt \quad (6)$$

subject to

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= u_1, \\ \dot{x}_2 &= u_2 + \alpha(x_1 - x_2) \\ \dot{x}_3 &= u_3 + \beta(x_1 - x_3) + \gamma(x_2 - x_3) \\ \dot{x}_i(0) &= x_i^0 \quad i=1, 2, 3 \\ u_i &\geq 0 \quad i=1, 2, 3 \end{aligned}$$

여기에서 기술수준 x_i 는 상태변수(state variable)이고, 투자율 u_i 는 제어변수(control variable)이다. 기업 i 는 상대방 기업의 투자전략 w 를 가정하여 T기간 동안의 자신의 순이익을 극대화하는 Nash 평형전략 u_i^* 를 수립하게 된다.

따라서 기술수준이 상이한 세 기업의 기술개발 경쟁 상황을 미분게임으로 모형화하여 Nash 평형투자전략을 구할 수 있게 되었다.

3. Nash 평형전략의 조건

2장에서 모형화된 미분게임의 Nash 평형투자전략의 조건들은 다음과 같이 구할 수 있다[10, 11].

우선 식(6)에서 costate variable $\lambda_1^i, \lambda_2^i, \lambda_3^i$ 를 이용하여 기업 i 의 Hamiltonian H_i 를 형성한다.

$$\begin{aligned} H_i &= p_i(x_1, x_2, x_3) - c_i(u_i) + \lambda_1^i u_1 + \lambda_2^i [u_2 + \\ &\quad \alpha(x_1 - x_2)] + \lambda_3^i [u_3 + \beta(x_1 - x_3) + \gamma(x_2 - \\ &\quad x_3)] \end{aligned} \quad (7)$$

식(7)에서 costate 변수 $\lambda_1^i, \lambda_2^i, \lambda_3^i$ 은 투자율의 잠재가(shadow price)로 해석된다.

Maximum Principle에 의하여, H_i 를 제어변수 u_i 에 관하여 미분하여 첫번째 필요조건을 구한다.

$$\frac{\partial H_i}{\partial u_i} = -c_i'(u_i) + \lambda_i^i = 0 \quad (8)$$

식(8)은 평형전략에서 투자율의 한계비용이 투자율의 잠재가와 같아야 됨을 보여준다.

두번째 필요조건은 costate 방정식에서부터 아래와

같이 표현된다.

$$\begin{aligned} [-\dot{\lambda}_1^i, -\dot{\lambda}_2^i, -\dot{\lambda}_3^i] &= [\lambda_1^i, \lambda_2^i, \lambda_3^i] \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \alpha - \alpha & 0 & \\ \beta & \gamma - (\beta + \gamma) & \end{bmatrix} \\ &+ \left[\frac{\partial p_i}{\partial x_1}, \frac{\partial p_i}{\partial x_2}, \frac{\partial p_i}{\partial x_3} \right] \end{aligned} \quad (9)$$

그리고 상태변수 x_i 는 계획만기 시점인 T시점에서 임의의 양의 값을 가질 수 있으므로 costate 변수에 대한 transversality 조건은 아래와 같다.

$$\lambda_j^i(T) = 0 \quad \text{for } i=1, 2, 3, j=1, 2, 3 \quad (10)$$

식(10)은 계획완료 시점에서는 투자에 대한 이윤증가가 없으므로 잠재가가 없음을 나타낸다.

식(8)을 t 에 관해서 미분하여 식(9)에 대입한 결과에, 상태방정식(state equation)인 식(1), (2), (3)을 첨가하면 아래와 같은 15개의 미분방정식을 얻게 된다.

$$\lambda_i^i = c_i'(u_i), \quad i=1, 2, 3 \quad (11)$$

$$-\dot{\lambda}_1^i = \alpha \lambda_1^i + \beta \lambda_2^i + \frac{\partial p_i}{\partial x_1}, \quad i=1, 2, 3 \quad (12)$$

$$-\dot{\lambda}_2^i = -\alpha \lambda_1^i + \gamma \lambda_2^i + \frac{\partial p_i}{\partial x_2}, \quad i=1, 2, 3 \quad (13)$$

$$-\dot{\lambda}_3^i = -(\beta + \gamma) \lambda_1^i + \frac{\partial p_i}{\partial x_3}, \quad i=1, 2, 3 \quad (14)$$

$$\dot{x}_1 = u_1, \quad (15)$$

$$\dot{x}_2 = u_2 + \alpha(x_1 - x_2) \quad (16)$$

$$\dot{x}_3 = u_3 + \beta(x_1 - x_3) + \gamma(x_2 - x_3) \quad (17)$$

이상의 15개의 미분방정식은 15개의 미지함수 $x_1, x_2, x_3, u_1, u_2, u_3, \lambda_1^1, \lambda_1^2, \lambda_1^3, \lambda_2^1, \lambda_2^2, \lambda_2^3, \lambda_3^1, \lambda_3^2, \lambda_3^3$ 를 포함하고 있다.

따라서 Nash 평형투자전략 u_1^*, u_2^*, u_3^* 은 식(11)~(17)을 만족하여야 한다.

4. 평형투자전략의 특성

일반적인 함수형태로는 Nash 평형투자전략의 특성을 고찰하기 어려우므로, 특별한 함수형태를 취하여 명시적인 해를 구한다.

투자비용 함수를 constant elasticity 연구비용 함수 형태로 가정하고, 자신의 기술개발과 상대방의 기술개발에 따른 이익함수의 변화율을 상수(constant)로

하는 함수형태를 가정하자.

$$c_i(u_i) = \frac{1}{2} u_i^2 \quad (18)$$

$$\frac{\partial p_i}{\partial x_j} = \begin{cases} m_{ii} & \text{if } i=j \\ -m_{ij} & \text{if } i \neq j \end{cases} \quad (19)$$

식(19)에서 m_{ii} 와 m_{ij} 는 양의 상수이며, m_{ii} 는 자신의 기술개발에 따른 이익의 증가율을 나타내며, m_{ij} 는 기업의 기술수준이 i 기업의 이익에 미치는 영향을 표시하며, 음의 부호는 경쟁기업의 기술발전이 이익의 감소효과를 가져옴을 나타낸다.

식(18)과 (19)를 Nash평형투자전략의 조건식인 (11) - (17)에 대입하여 구한 Nash평형투자전략 u_i^* 은 다음과 같다.

$$u_1^*(t) = (T-t)m_{11} + \left(\frac{1}{\alpha} - T + t - \frac{e^{\alpha t}}{\alpha e^{\alpha T}} \right) m_{12} + \left\{ \frac{(\alpha + \gamma)}{\alpha(\beta + \gamma)} + t - \frac{\gamma e^{\alpha t}}{\alpha[(\beta + \gamma) - \alpha]e^{\alpha T}} - T + \frac{(\alpha - \beta)e^{(\beta + \gamma)t}}{(\beta + \gamma)[(\beta + \gamma) - \alpha]e^{(\beta + \gamma)T}} \right\} m_{13} \quad (20)$$

$$u_2^*(t) = \left(\frac{1}{\alpha} - \frac{e^{\alpha t}}{\alpha e^{\alpha T}} \right) m_{22} + \left\{ \frac{-\gamma}{\alpha(\beta + \gamma)} + \frac{\gamma e^{\alpha t}}{\alpha[(\beta + \gamma) - \alpha]e^{\alpha T}} + \frac{-\gamma e^{(\beta + \gamma)t}}{(\beta + \gamma)[(\beta + \gamma) - \alpha]e^{(\beta + \gamma)T}} \right\} m_{23} \quad (21)$$

$$u_3^*(t) = \left\{ \frac{1}{\beta + \gamma} - \frac{e^{(\beta + \gamma)t}}{(\beta + \gamma)e^{(\beta + \gamma)T}} \right\} m_{33} \quad (22)$$

기술경쟁력과 기술이전율이 평형투자율에 미치는 영향을 고찰하고, 시간에 따른 Nash평형투자전략의 변화를 알아보기 위하여 식(20), (21), (22)를 시간 t 에 관하여 미분하여 식(23), (24), (25)를 얻는다.

$$\dot{u}_1^*(t) = -m_{11} + (1 - \frac{e^{\alpha t}}{e^{\alpha T}}) m_{12} + \left\{ 1 - \frac{\gamma e^{\alpha t}}{[(\beta + \gamma) - \alpha]e^{\alpha T}} + \frac{(\alpha - \beta)e^{(\beta + \gamma)t}}{[(\beta + \gamma) - \alpha]e^{(\beta + \gamma)T}} \right\} m_{13} \quad (23)$$

$$\dot{u}_2^*(t) = -\frac{e^{\alpha t}}{e^{\alpha T}} m_{22} + \left\{ \frac{\gamma e^{\alpha t}}{[(\beta + \gamma) - \alpha]e^{\alpha T}} \right.$$

$$\left. + \frac{-\gamma e^{(\beta + \gamma)t}}{[(\beta + \gamma) - \alpha]e^{(\beta + \gamma)T}} \right\} m_{23} \quad (24)$$

$$\dot{u}_3^*(t) = -\frac{e^{(\beta + \gamma)t}}{e^{(\beta + \gamma)T}} m_{33} \quad (25)$$

위에서 유도한 평형투자율을 나타내는 식(20), (21), (22)와 투자율의 시간에 따른 변화를 나타내는 식(23), (24), (25)을 분석하여 구한 평형투자 전략의 특성들은 다음과 같다.

첫째, 자신의 기술개발에 의한 이익의 증가는 자체 연구투자율을 증진시키며 ($\frac{\partial u_i^*}{\partial m_{ii}} > 0, i=1, 2, 3$), 이러한 투자율의 확대는 시간이 흐름에 따라 줄어들음을 ($\frac{\partial \dot{u}_i^*}{\partial m_{ii}} < 0, i=1, 2, 3$) 보여준다.

둘째, 기술개발로 인한 시장경쟁이 치열할수록 선진기술 기업은 연구투자율을 줄인다 ($\frac{\partial u_i^*}{\partial m_{11}} < 0$). 이러한 현상은 기술이전을 통한 후진기술 기업의 기술향상이 자신의 이익에 손해를 가져오므로 상대방에게 기술이전을 통한 이익을 주지 않으려는 것이다. 반면에 후진기술 기업의 자체 기술수준 향상에 따른 이익의 증가는 기술경쟁이 치열할수록 커지므로, 첫번째 특성에서 후진기술 기업은 기술경쟁이 치열할수록 기술개발 속도를 가속화 함을 알 수 있다. 따라서 기술경쟁이 증대될수록, 선진기술 기업의 기술향상은 둔화되고, 반대로 후진기술 기업은 기술개발 속도는 촉진되므로, 기업간의 기술격차가 줄어든다.

셋째, 자신의 기술개발에 따른 이익이 커질수록 자체 연구투자율은 시간이 경과됨에 따라 감소되며 ($\frac{\partial \dot{u}_i^*}{\partial m_{ii}} < 0, i=1, 2, 3$), 반대로 상대방 기업과의 기술경쟁이 커질수록 선진기술 기업의 평형투자율이 시간이 지남에 따라 증가함을 ($\frac{\partial u_i^*}{\partial m_{ii}} > 0$) 보여준다. 이

는 선진기술 기업이 상대방에게 기술이전을 통한 이익을 주지 않으려고 자체 연구투자를 줄이게 되었으나, 그러나 이것은 시간이 지남에 따라 자신의 이익에도 감소효과를 가져오므로 시간에 따른 투자율의 축소양이 줄어든다.

넷째, 기술이전이 감소될수록 선진기술 기업과 후진기술 기업은 자체 연구개발 투자율을 증대시켜 기술개발 속도를 가속화한다. 이를 보여주기 위하여 식

(20) 과 (23) 을 기술이전율 α 와 $(\beta + \gamma)$ 로 미분하여 다음 식을 얻는다.

$$\frac{\partial u_1^*}{\partial \alpha} = \left[\frac{1}{\alpha^2} (e^{\alpha t - \tau} - 1) + \frac{1}{\alpha} (T - t) e^{\alpha t - \tau} \right] m_{12} \quad (26)$$

$$\frac{\partial u_2^*}{\partial (\beta + \gamma)} = \left[\frac{1}{(\beta + \gamma)^2} (e^{(\beta + \gamma)(t - \tau)} - 1) + \frac{1}{(\beta + \gamma)} (T - t) e^{(\beta + \gamma)(t - \tau)} \right] m_{22} \quad (27)$$

식 (26) 과 (27) 을 시간 t 에 관하여 미분하면 양이 됨을 알 수 있고, 또한 계획기간 완료 시점인 T 에서

$$\frac{\partial u_1^*(T)}{\partial \alpha} \text{와 } \frac{\partial u_2^*(T)}{\partial (\beta + \gamma)} \text{의 값이 영이 되므로 } \frac{\partial u_1^*}{\partial \alpha} \text{와 } \frac{\partial u_2^*}{\partial (\beta + \gamma)}$$

가 계획기간 중에서 음이 되는 것이 증명된다. 이는 기술이전이 늘어남에 따라 선진기술 기업과 후진기술 기업의 투자가 줄어들음을 나타낸다. 기술후진국은 선진기술 기업으로부터의 기술이전이 늘어남에 따라 비용이 드는 자체 연구개발 투자를 줄이고 비용이 들지 않는 기술이전에 의지하게 된다. 그리고 선진기술 기업의 경우는 자체 기술수준 향상이 기술이전을 통하여 후진기술 수준 향상에 보탬이 되어 자신의 시장이익을 감소시키게 되므로 자체 투자율을 줄이게 된다.

다섯째, 선진기술 기업과 중진기술 기업의 평형투자율은 시간이 경과함에 따라 궁극적으로 감소하지만, 기술개발에 따른 시장경쟁이 치열 할수록 (즉 m_{12} 가 커질수록) 투자율이 초기 단계에서 증가될 수도 있음을 보여준다. 반면에 후진기술 기업의 경우 평형투자율은 시간이 경과함에 따라 절대적으로 감소됨을 보여준다 ($\dot{u}_2^* < 0$). 이는 후진기술 기업에서 시간에 따른 투자율의 감소는 상대적으로 초기단계의 투자의 중요성을 강조한다.

이상으로 기술경쟁력과 기술이전율이 평형투자전략에 미치는 영향들을 살펴보았다.

5. 결 론

본 논문에서는 기술수준이 상이한 세 기업들이 연구개발 투자를 통해 기술개발을 경쟁하는 상황을 미분게임으로 모형화하여, 평형투자전략의 조건을 구하였다. 특별한 경우를 가정하여 Nash평형투자 전략을

명시적으로 구하고, 그 특성들을 고찰하였다. 주요한 특성들과 그들이 뜻하는 바를 요약하면 다음과 같다.

먼저 시간에 따른 평형투자율의 변화는, 선진기술 기업과 중진기술 기업의 경우는 투자율이 시간이 경과함에 따라 궁극적으로 감소하지만, 후진기술 기업의 경우에는 초기부터 투자율이 시간에 따라 줄어들음을 보여주었다. 이는 후진기술 기업에서 초기 투자의 중요성을 강조하였다.

한편 기술 이전이 줄어들에 따라 후진기술 기업의 연구개발 투자는 물론이고 선진기술 기업의 자체 연구개발 투자가 증대 되었으며, 증대된 자체연구 투자는 기술개발 속도를 가속화시켰다. 이는 선진기술 기업의 경우 기술이전이 줄어들에 따라 기술이전이 아무런 보상없이 후진기술 수준 향상에 기여하여 자신의 시장이익을 감소시키는 효과가 줄어들므로 자체 연구개발 투자를 늘여 기술향상을 도모한다. 또한 후진기술 기업은 기술이전을 통한 기술개발이 여의치 않아 자체 연구개발 투자에 의한 기술수준 향상을 피하게 된다.

그러나 기술경쟁이 치열 할수록 선진기술 기업은 연구투자를 감소하였다. 이는 기술경쟁이 가열될수록 기술이전을 통한 후진기술 수준의 향상이 자신의 이익에 손해를 가져오므로 상대방에게 기술이전을 통한 이익을 주지 않으려는 것이다. 반면에 후진기술 기업의 경우 기술경쟁이 치열 할수록 자체 기술개발에 대한 보상이 커지므로 연구개발 투자를 증가시켰다. 따라서 기술경쟁의 증가는 선진기술 기업의 경우 기술개발 속도를 둔화하고, 후진기술 기업의 경우에는 반대로 기술개발을 촉진함으로써 기업간의 기술격차를 좁히게 된다.

요약하면 기술특성에 따라서 시장경쟁력, 기술이전율, 그리고 연구개발 투자비용이 현저하게 다르므로 일반적인 결론은 내릴 수 없으나, 현재 첨단기술 분야에서의 기술개발 속도의 가속화 현상이 선진기술국들의 기술보호정책에 의한 기술이전의 어려움과 기술차이에 따른 급격한 시장경쟁력 감소에서 기인함을 설명할 수 있었다. 그리고 기술경쟁이 치열 할수록 기술선진국과 기술후진국 간의 기술격차가 줄어들 수 있음을 보여주었다.

기술개발의 양상은 국가, 분야, 그리고 특정 기술에 따라서 각기 다른 특성을 지니고 있으므로, 특정 기술별로 기술이전율, 투자비용함수, 그리고 시장이

익함수를 도출하여 연구할 필요가 있다.

첨단기술 분야에서의 막대한 투자는 기술특성을 위한 정책적인 차원에서 뿐만아니라 기술적 불확실성, 시장수요의 예측, 기술 선진국과의 경쟁을 고려한 정

량적인 분석이 뒷받침 되어야 하며, 선진기술 도입과 자체의 효율적인 지원분배를 통하여 기술개발 정책을 수립하여야 한다.

參 考 文 獻

1. Kamien, M. I. and Schwartz, N. L., "Timing of Innovations under Rivalry," *Econometrica*, Vol. 40, No. 1, pp43-60, 1972.
2. Fethke, G. C. and Birch, J. J., Rivalry and the Timing of Innovation," *Bell Journal*, Vol. 13, pp 272-79, 1982.
3. Scherer, F. M., "Research and Development Resource Allocation under Rivalry," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 81, pp 359-94, 1967.
4. Loury, G. C., "Market Structure and Innovation," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 93, pp 395-410, 1979.
5. Stewart, M. B., "Noncooperative Oligopoly and Preemptive Innovation without Winner Take-all," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 97, pp 681-694, 1983.
6. Reinganum, J. F., "A Dynamic Game of R & D :Patent Protection and Competitive Behavior," *Econometrica*, Vol. 50, No. 3, pp 671-688, 1982.
7. Reinganum, J. F., "Innovation and the Industry Evolution," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 99, pp 81-99, 1985.
8. Feichtinger, G., "Optimal Policies for Two Firms in a Noncooperative Research Project," *Optimal Control Theory and Economic Analysis*, North-Holland, pp 373-397, 1982.
9. Raz, B., Steinberg, G., and Riuna, A., "A Quantitative Model of Technology Transfer and Technological "Catch up"," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 24, pp 31-44, 1983.
10. Bryson, A. E., and Ho, Y. C., *Applied Optimal Control*, Blaisdell, Waltham, Mass., 1969.
11. Isaacs, R., *Differential Games*, Wiley, New York, 1965.