

연구개발투자의 성과측정 모형 - 기술의 정량적 가치추정과 자산화 방안 -

R&D performance measurement model - Quantitative value
measurement of technology and Its capitalization -

* 조현준, * 박상덕

Abstract

Many companies still struggle with the issue of research and development(R&D) performance measurement, in particular, the nonfinancial performance measurement of R&D with coming of knowledge-based society. Of course, we would not deny the fact that financial measures play the central role in assessing the overall performance of R&D. The aim of this paper is to provide the new model to evaluate the quantitative value of technology (nonfinancial benefits). This new model is based on the technology stock(technology level) acquired in R&D process. That is, we take it for granted that the acquired technology below a certain level(<70% compare to the advanced country) can not be utilized in developing the new products or improving the manufacturing processes. The evaluation model we create can explain the quantitative relation between the technology stock and the market value considering R&D expenditure to acquire the technology above certain level(>70%) and cost to prevent the technology obsolescence. The value of non-destructive testing technology, which is one of the electric power technology, is measured quantitatively using our new model as a case study. We also discussed briefly the possibility of capitalization of the measured technology value.

* 한국전력공사 전력연구원

* 본 연구수행에 많은 도움을 주신 STEPI 장진규 박사팀에게 진심으로 감사드립니다.

I. 서론

1. 1 연구배경

앞으로의 새로운 천년은 보다 진전된 세계화로 복잡한 경제시스템을 나타낼 것으로 예상되기 때문에 각 기업의 경쟁력은 새로운 패러다임으로 전개될 전망이다. 즉 지금까지의 각 기업은 일정한 시장규모의 분할로 생존하여 왔지만 21세기에는 시장점유율 분할보다는 시장을 선점하여 얼마나 빨리 표준화를 이끌어 내느냐에 달려 있다고 하겠다. 이처럼 새로운 경쟁의 패러다임에서 생존하기 위해서는 R&D의 역할은 어느 때보다 중요하다고 하겠다.

그러나 각 기업의 최고 경영자들은 지금까지의 R&D에 대한 투자에도 불구하고 그 성과는 기대에 미치지 못한 것으로 판단하여 최근의 어려운 경제적 상황과 더불어 R&D 투자액과 인력을 축소하고 있는 실정이다. 이렇게 된 배경으로는 첫째 연구전략과 사업전략의 연계 미흡, 둘째 연구원들의 사업화 및 경제적 마인드 결여, 셋째 경영자들의 연구개발에 대한 확고한 의지가 부족한 점을 들 수 있으나 무엇보다도 연구개발 투자에 대한 사업적 성과 분석이나 경영기여도가 객관적으로 파악되지 못하여 최고 경영자와 연구원간의 신뢰가 구축되지 못한 것을 들 수 있겠다.

이와 같은 배경 하에서 객관적인 연구개발 성과 측정에 대한 요구가 증가하고 있지만 이에 비하여 적절하고 체계적인 측정방법의 부재는 매우 대조적인 상황으로 지적되고 있다.

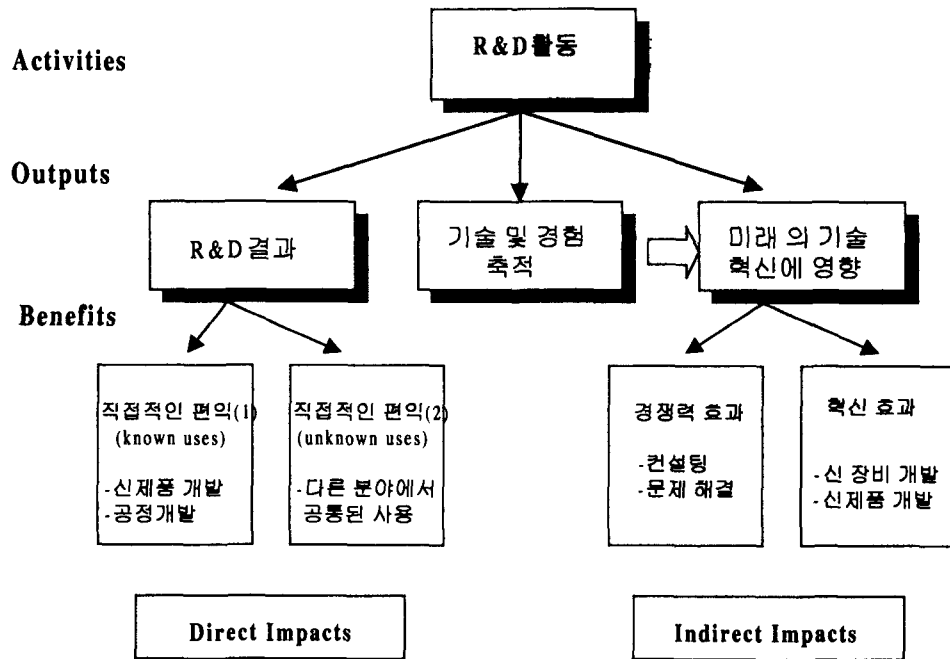
1. 2 프로젝트 성과의 일반적 측정방법

연구개발의 일반적인 흐름은 과제선정에서부터 수행, 완료 및 활용단계를 거쳐 연구개발 성격에 따라 최종적으로 경제적 또는 기술적인 성과를 창출하게 된다. 즉 기초 및 응용연구 경우에는 연구완료 후 바로 경제적인 성과로 이어지지 못하고 기술축적만이 발생하는데 이러한 기술축적은 잠재적인 경제적 성과를 지니고 있는 것이다. 반면에 개발 및 실용화 연구는 바로 상업화가 가능하여 경제적 이익과 함께 기술축적이 가능하게 된다.

따라서 연구개발의 성과 측정은 연구개발 성격에 따라 경제적 관점과 함께 기술적인 관점, 즉 기술의 잠재적인 시장가치를 함께 고려하여야 한다.

연구개발투자에 대한 직접적인 경제적 성과측정 방법에는 내부수익율(IRR)법, 회수기간법 등이 있지만 현재 가장 일반적이면서도 보편화된 방법으로 순현재가치(NPV)법이 사용되고 있다. 순현재가치법은 연구비 투자로 인하여 발생하는 미래의 현금흐름을 적절한 할인율로 할인하여 순현재가치로 나타내는 것으로 순현재가치가 (+)이면 투자에 비해 수익이 큼을 의미하며, (-)인 경우에는 투자손실이 발생할 것을 의미한다.

간접적인 성과인 기술의 정량적인 가치추정 방법에 대해서는 여러 국가 및 기업에서 시도는 하고 있지만 아직 보편화된 모델은 없다. 따라서 주로 정성적인 측정방법인 논문 및 특허 등록 건 수 및 기타 요소와 병행하여 지표화로 평가가 이루어지고 있다. [그림 1]은 연구개발 활동결과의 성과측정을 위한 기본적인 요소들의 관계를 나타낸 것으로 본 연구의 기본개념을 포함하고 있다.



[그림 1] R&D 성과의 경제적 편익측정을 위한 유형도

1. 3 연구의 목적

연구성과에 대한 평가에서 최고 경영자는 가시적인 경제적 성과만을 고려하려고 하

는 반면에 연구원들은 연구수행으로부터 획득되는 기술에 대한 평가를 요구하는 추세와 함께 최근 산업사회에서 지식사회로의 이동으로 지식자산의 중요성이 인식되면서 지식자산(기술자산)의 관리 및 측정에 대한 연구가 선진국을 중심으로 이루어지고 있다. 즉 각 기업들은 각 사가 보유하고 있는 기술도 자산으로 취득하려고 노력하고 있는데, 이는 미래 기업의 가치는 현재 보유하고 있는 토지, 건물 및 자본보다는 어떤 핵심 기술을 보유하고 있느냐에 따라 평가되기 때문이다.

이처럼 기술에 대한 가치의 중요성을 인식하고 있지만 평가에 대한 방법은 아직 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 다만 OECD를 중심으로 전체적인 지식자산을 평가해 보려는 노력은 하고 있지만 아직 통일된 방안을 마련하지 못하고 있다.

특히 기술가치(자산)의 평가는 기술의 속성, 기술수준의 파악, 기술의 활용정도, 기술의 활용범위 등 다양하고 복합적인 변수와 객관적인 판단자료의 부족 등으로 아직 평가에 대한 노력조차 엄두를 내지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 우선 기존 평가방법을 검토하여 문제점을 제기한 후 이를 해결함으로써 진정한 연구개발로부터 얻어지는 개별기술에 대한 잠재적인 시장가치를 추정할 수 있는 모형을 개발하고자 하며 아울러 이를 전력기술에 대해 실증분석을 시도하여 불모지나 다름없는 기술의 시장가치 평가분야에 조금이라도 도움이 되고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

II. 기술가치 평가에 대한 기존 방법의 검토

2. 1 총 기술자산 추정

최근 총 기술자산 평가에 대한 연구는 일반적으로 기업의 지적자산(무형자산)을 측정하여 그 중에서 기술자산의 비율을 산정하는 방법이 검토되고 있다. 즉 아래의 관계식에서처럼 기업의 지적자산은 기업의 시장가치에서 유형가치를 빼는 방식으로 산출된다<식 1>.

$$\text{지적자산 가치} = \text{기업의 시장가치} - \text{기업의 유형자산} \dots\dots\dots (\text{식 1})$$

윗 식에서 기업의 시장가치는 주식발행수에다 주가가 곱하여 얻어진다. 그리고 유형자산의 평가는 역사적 재무제표상의 자산에서 그 동안의 인플레이션이나 대체원가에 의한 효과를 고려하여 조절된다. 이 유형자산은 기업의 총 투자액으로 대체할 수 있는

데 총투자액은 장부상의 자산에다 누적 감가상각액 및 설비용을 더한 후 투자수익을 뺀 것이다.

그러나 이 방법은 자본시장이 전적으로 효율적이라는 가정에 기초를 두고 있어 단기적인 주가가격 변동으로 무형자산의 가치가 급변하는 문제점을 앓고 있다. 이 때문에 미국의 홀트사의 경우 최적 수준의 주가를 사용하고 있으며 기타 기업에서는 일정기간 평균 주가를 사용하는 경우도 있다.

이밖에도 회사 내에서 관심을 가질만한 무형자산의 지표를 개발한 후 지적자산을 직접적으로 측정하는 대표적인 방법으로 스칸디아사 모델, 미국의 Balanced Score Card(BSC) 및 영국의 애니 브루킹 모형이 있다.

그러나 직접적으로 지적자산을 측정하는 방법은 외부에서 이용 가능한 지표로는 측정이 불가능하며 또한 다른 기업간의 비교가 불가능하다는 매우 큰 단점이 있다.

2. 2 개별기술의 가치추정

개별기술의 가치는 대부분 전문가의 전문지식과 직관에 의한 수준평가와 산업분야별 기술의 상대적 평가 그리고 거시적 기술예측을 위한 델파이 방법 등 예측수법을 활용한 방법 등이 제한적으로 사용되고 있다.

개별기술의 가치평가는 기술거래(기술이전, 판매 등)의 공정성 및 활성화를 위하여 매우 중요하지만 아직 초보적인 단계에 있다. 이에 따라 일본에서는 공업기술진흥협회 내에 기술평가정보센터를 설립 운영중에 있으며 미국의 경우에는 미국감정평가협회와 지역적, 분야별로 개인적 차원에서 평가업무를 하고 있다.

현재 개별기술의 가치평가는 두 가지 관점에서 실시되고 있는데 그 하나는 정성적 개념인 기술등급 판정이고 다른 하나는 정량적 개념인 금액산정 평가이다.

2. 2. 1 개별기술의 정성적(등급) 평가

개별기술의 정성적 평가법으로는 평점법, 비교평가법, 전문가 심사법, 델파이법 등 무수히 많은 방법 들이 활용되고 있다. 이들 방법들을 종합해 보면 평가항목으로 크게 3가지 기준을 가지고 있는데, 첫째 기술의 권리 형태, 기술의 완성도, 기술의 중요도, 권리기간 및 기술의 수명 등의 평가요소가 포함된 권리적 측면, 둘째 기술의 제품 기여도, 시장성 및 성장성, 경쟁력 등의 평가요소가 포함된 경제적 측면, 셋째 신기술 출현 속도, 기술의 제반환경, 기술개발동향, 규제 및 장애요소 등의 평가요소가 포함된 환경적 측면이다.

2. 2. 2 개별기술의 정량적(금액) 평가

기술가치는 기술자산의 보유자가 획득하는 장래편익의 현재가치라는 정의를 감안할 때 기술자산의 가치평가는 장래의 편익을 수치화해서 그것을 현재가치로 환산하는 방식이 가장 일반적으로 받아들여지고 있다. 이때 기술의 경제적 수명의 파악이 필수적인데 이는 내용연수와는 다른 의미로 어떤 기술을 이용함으로써 이익이 산출되는 기간을 의미한다.

이를 사용한 대표적인 기업으로는 미국의 다우케미칼사가 있는데 활용한 수식은 아래와 같다.

기술의 가치	=	기술 인자	×	미래 현금흐름의 순현재가
-특허 -기술		-효용 기여도 -경쟁력 기여도		-관련 수입의 NPV -기술에 기인한 증가된 현금흐름

여기서 기술인자(Technology Factor :%)는 효용도와 경쟁력을 고려하여 낮은 수준에서는 0-30%, 중간수준에서는 30-50%, 높은 수준에서는 50-75%의 값을 취하게 된다. 한편 현금흐름 분석은 수익이 기대되는 부분에서 10년간을 추정하여 계산하고 있다.

또 다른 방법으로는 유사기술에 대한 거래기준이 있을 때 이를 참조하는 것으로 거래의 정상기술료를 순현재가로 환산하여 미래가치를 계산하는 것이다. 즉 장래에 발생할 기술료를 일정한 할인율을 적용하여 순현재가를 계산하는 방식인데 일종의 정액기술료와의 비교를 통하여 기술거래 가치를 산정하는 방식으로 아래 <식 2>과 같이 표현된다.

$$P.V = T_0 + T_1/(1+r_1) + T_2/(1+r_1)(1+r_2) \dots + T_n/(1+r_1)(1+r_2)\dots(1+r_n) \dots \dots (2)$$

여기서 P.V는 기술의 순현재가, T_n 은 n년의 정상 기술료, r 은 이자율이다.

이밖에도 Risk Hurdle Rate, 25%를 등 여러 가지 방법이 있는데 <표 1>에 정리하였다.

<표 1> 기타 기술가치 평가방법의 소개

방 법	내 용
25% 룰	세전 총 이익의 25%를 로열티로 계상
Market	시장에서 받아드리는 개념에 대한 미래편익의 현재화
Return on sales	순 이익을 기본으로 한 로열티
Risk Hurdle Rate	리스크 인자를 고려한 할인된 현금흐름
Cost	서비스를 대체하는데 필요한 비용을 수익으로 고려

그러나 개별기술의 가치평가 시에 기술의 규모, 성격, 종류, 완성도, 수명주기 등 복합적인 많은 요소가 내재하고 있어 정성적인 평가 시에는 항목별 가중치가 달라진다는 점, 그리고 금액평가 시에는 기술수준 및 수명주기 등 매우 중요한 인자가 고려되지 않고 있다.

2. 3 기존방법에 대한 문제제기

기존 기술가치 평가방법이 간과하고 있는 중요한 문제점의 하나는 모든 기술이 완성도에서 완전하다고 가정하는데 있다고 볼 수 있다. 따라서 각 기업이 가지고 있는 또는 개발 중에 있는 미완성의 공정기술 또는 신제품 기술은 기존 방법으로 평가를 할 경우 기술의 가치가 과 평가될 수 있다. 그리고 만약 미완성의 기술을 제외한다면 R&D 투자를 활발하게 추진하고 있는 벤처기업 또는 기술혁신 기업의 진정한 기술자산을 평가하지 않는 중대한 오류를 범할 수 있게 된다.

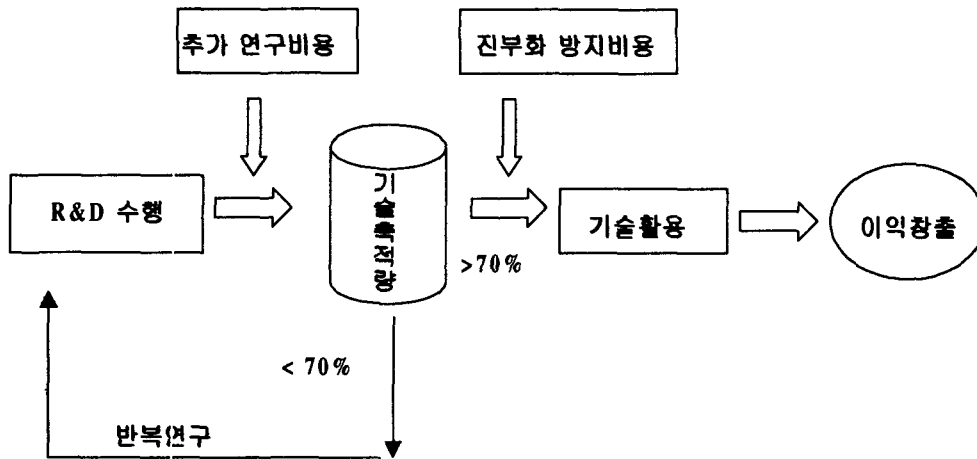
또 다른 문제점은 완전한 기술이더라도 지속적인 R&D투자가 없다면 기술의 진부화, 즉 자연적인 기술경쟁력의 감소를 가져와 새로운 기업 또는 새로운 기술로 대체될 수 있기 때문에 본래 기술의 가치는 감소할 수 밖에 없는데 기존 평가방법은 이를 고려하지 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 상기의 문제점을 해결하기 위하여 기업이 소유하고 있는 개별 기술의 기술축적량(기술수준) 및 각 기술의 진부화를 및 일정수준이상의 기술을 확보하기 위한 개발비용 등을 고려하여 진정한 기술가치를 측정할 수 있는 모형을 제시하고자 한다.

Ⅲ. 평가모형 설계

각 기업에서 개별 기술에 대한 R&D투자 후 습득되는 기술축적량이 어느 일정수준 이상이 될 때만 그 기술은 가치가 있다고 보여진다. 즉 일정수준 이하의 기술은 신제품 개발, 공정혁신 및 기술지원 등에 활용되기가 어려워 이익가치를 창출하지 못하게 되기 때문에 일정수준 이하의 기술은 일정수준에 도달할 때까지 지속적인 연구개발 투자가 이루어져야 한다. 또한 일정수준 이상의 기술이라 하더라도 최소한의 연구개발 투자를 하지 않으면 기술의 진부화에 따라 일정기간이 지나면 기술가치가 사라지게 된다.

따라서 R&D 후 그 기술의 가치는 기술축적량에 의존하게 되며 궁극적인 기술의 이익 가치는 최종 이익에서 일정수준의 기술까지 끌어올리는 연구개발비 및 진부화율을 방지하는 최소 연구비를 제외한 금액이 될 것이다. 아래 [그림 2]는 위와 같은 개념에 대한 기본모형을 나타낸 것이다.



[그림 2] 기술의 정량적 가치추정을 위한 기본모형

상기모형에서 어느 개별기술의 잠재적인 이익가치 추정 식은 그 기술축적량(기술수준)이 기술활용 가능수준(>70%)이상일 때는 <식 3>과 같고 활용수준 이하(<70%)일 때는 <식 4>와 같이 정의할 수 있다.

$$\text{기술의 가치} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (TS_i \times MS_{ij} \times TM_{ij}) - \sum_{i=1}^n R_i \dots\dots\dots(\text{식 3})$$

$$\text{기술의 가치} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (TS_i \times MS_{ij} \times TM_{ij}) - \sum_{i=1}^n (R_i + L_i) \dots (\text{식 4})$$

(i는 수익창출 기간에 대한 년도, j는 적용시장 범위임)

여기서

- MS_{ij} : j시장의 i년도 시장점유율×마진률
- TM_{ij} : Technology Market factor로
j시장의 i년도 시장규모(M_{ij})×기술효용도(E_{ij})
- TS_i : i 연도 기술축적량(기술수준)
- R_i = i년도의 기술 진부화 방지비용 및 상업화 비용
- L_i = i년도의 기술축적이 활용 이상이 되도록 하는 추가 연구투자비용

상기 <식 3> 또는 <식 4>를 활용하여 개별기술에 대한 미래의 잠재적인 시장가치를 추정하기 위하여는 함수의 각 변수들의 값을 구하여야 한다. 다음은 각 변수들의 값을 구하는 구체적인 방법을 소개한다.

3. 1 기술지식 축적의 추계모형 (TS_i)

기술지식 축적의 개념은 현재 경제학에서 흔히 사용되고 있는 자본축적의 개념과 매우 흡사하다. 즉 어떤 기업의 기술혁신 능력과 잠재력은 기술혁신 노력의 흐름에 의해서가 아니라, 그 기업이 보유하고 있는 지식과 경험의 총체적인 합인 기술지식 축적에 의해서 표현될 수 있다는 것이다.

자본축적 추계방법을 바탕으로 기술지식 축적량을 <식 5>와 같이 정의 할 수 있다.

$$TS_t = (1 - \delta)TS_{t-1} + TF_t \dots\dots\dots (식 5)$$

여기서 TS_t 는 t년도의 기술스톡, TF_t 는 t년도에 새로 공급된 기술지식 증가분, δ 는 기술스톡중 t년도에 진부화된(감가) 비율이다. <식 5>에서 기술지식 증가분 TF_t 는 연구투자 시점과의 시차지연과 이에 따른 연구개발 투자비에 비례하여 <식 6>과 같이 표현된다.

$$TF_t = \varepsilon_t \cdot I_{t-m} \dots\dots\dots (식 6)$$

여기서 ε_t 는 연구개발비의 기술축적 전환율이며, m은 기술축적까지의 시차, I_t 는 t년도의 연구개발 투자비이다. 따라서 연구개발비와 기술축적 관계는 <식 5> 및 <식 6>로부터 구할 수 있다.

$$TS_t = (1 - \delta)TS_{t-1} + \varepsilon_t \cdot I_{t-m} \dots\dots\dots (식 7)$$

<식 7>로부터 기술지식 축적을 추계하기 위해서는, 전제조건으로 기준이 되는 첫 해의 기술축적량을 알아야 한다. 이를 추계하기 위해서는 ‘영구재고법’을 응용할 수 있는데 첫 해의 연구개발에 의한 기술축적은 이미 오래 전부터 매년 새롭게 형성된 기술지식이 누적되어 온 결과로 정의한다면 <식 5>는 <식 8>처럼 변형될 수 있다.

$$TS_{tb} = \sum_{m=0}^{\infty} \epsilon_t \cdot I_{tb-m} \cdot (1 - \delta) \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 8)$$

그러나 <식 8>에서 문제가 되는 것은 기준이 되는 첫 해 이전의 기술지식 증가율에 관한 정보를 구하기 어렵다는 것이다. 따라서 이 증가율을 첫 해가 지난 이후에 실현된 평균적인 기술지식 축적 증가율(=g)와 같다고 가정하면 <식 8>은 <식 9>와 같이 변형될 수 있다.

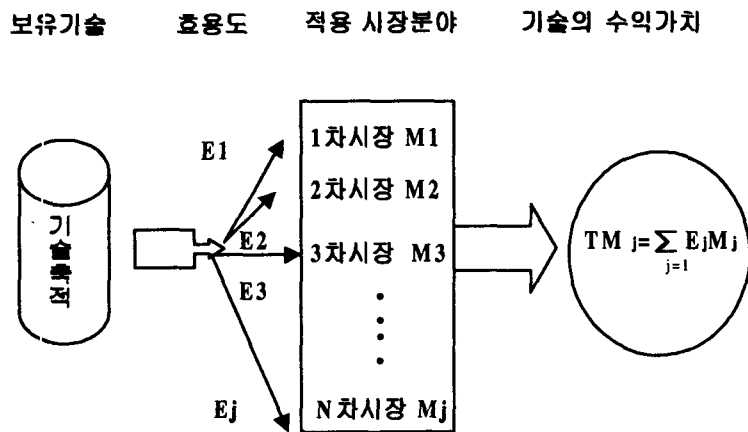
$$TS_{tb} = \epsilon_t \cdot I_{tb} \cdot \frac{1+g}{g+\delta} \quad \dots\dots\dots (\text{식 } 9)$$

따라서 <식 7>과 <식 9>를 이용해서 연구개발 후의 기술지식 축적량을 추계할 수 있다.

3. 2 Technology · Market Factor(TM) 추정

일정 수준이상의 기술을 확보하였다더라도 제품, 공정혁신 또는 기술지원 등 생산적인 일에 체화되어야만 궁극적인 가치를 가지는 것이다. 그러나 각각의 기술은 적용분야가 서로 다르고 또한 개별의 기술은 한 분야만이 아닌 여러 분야에 이용될 수 있다.

따라서 개별 기술가치는 활용범위에 따라 그 가치가 변하게 되며 또한 활용분야에 따라 적용빈도가 달라지게 된다. 이로부터 TM인자에서 기술효용(E_{ij})도 부분은 아래 [그림 3]처럼 나타낼 수 있다. 즉 기술의 활용분야에 따라 적용빈도 및 중요도가 달라져 궁극적으로 기술의 가치가 달라지게 된다.



[그림 3] 개별 기술의 적용분야와 효용도 관계

여기서 E_i (효용도) 값의 범위는 기술의 속성과 시장 관련 정도 및 상용화까지의 소요 시간 등에 따라 아래와 같이 7등급으로 분류하였다.

관련 정도	E_i 값
매우 관련 있음	60~70%
약간 관련 있음	50~60%
관련 있음	40~50%
보통	30~40%
관련 없음	20~30%
약간 관련 없음	10~20%
매우 관련 없음	0~10%

3. 3 연구비용(L_i) 및 진부화 방지비용(R_i)

상기 <식 3>과 <식 4>에서처럼 기술의 이익가치는 기술의 잠재적인 수익가치에서 기술의 유지비용과 어느 수준 이상의 기술을 확보하기 위한 연구투자비를 빼서 구할 수 있다. 이때 기술의 유지비용, 즉 진부화 방지비용(R_1)은 각 기술의 속성에 따라 달라지는 진부화율에 의존하게 된다. 예를 들면 반도체 및 컴퓨터분야 기술의 진부화율은 백색가전 및 섬유분야 기술의 진부화율 보다 매우 커서 기술변화에 따른 연구개발 투자비가 매우 크게 나타날 것이다.

따라서 진부화 방지비용은 <식 7>로부터 구할 수 있는데, t 년도의 기술축적량과 $t+1$ 년도의 기술축적량과 지식축적 전환률이 동일하다고 가정하고

또한 지속적으로 연구개발이 이루어 졌다고 가정한다면($m=0$ 이 된다) 진부화율과 연구개발 투자비의 관계를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{TS_{t+1}}{TS_t} = (1 - \delta) + \epsilon_t \cdot \frac{E_t}{TS_t} \geq 1$$

따라서 진부화 방지비용은 아래 <식 10>으로부터 구할 수 있다.

$$R(L_t) \geq \frac{TS_t}{\epsilon_t} \cdot \delta \dots\dots\dots (식 10)$$

한편 일정수준에 이르기까지의 반복적인 총 연구개발 투자비용(L)은 아래 <식 11>로부터 구할 수 있다. 이때 2차, 3차 연구가 반복 될 때 학습효과가 발생하기 때문에 학습효과 함수를 추가하였다.

$$\text{반복적인 총 연구개발 투자비용 } (L) = \sum_{n=0}^N R_n \cdot Kn^a \dots\dots\dots (11)$$

여기서 R_n 은 n 차 연구비용이며, Kn^α 는 학습효과 함수로 K 는 처음의 연구투자비용이며, n 은 연구차수, $\alpha = \log \phi / \log 2$ 이며 ϕ 는 학습효과율이다. 총 연구개발비는 기술수준이 70%가 될 때까지의 연구비이다.

IV. 사례연구

4. 1 기술스톡의 추계

4. 1. 1 대상기술 및 기간의 선정

전력기술에 대한 연구개발스톡을 추계하기 위한 대상기술분야는 크게 원자력, 화력, 전력계통 및 에너지 분야가 있지만 본 연구에서는 원자력 분야로 한정하고, 원자력 분야의 기술분류는 미국 EPRI(Electrical Power Research Institute)의 연구개발 투자분야 기준에 따라 중분류 하였다. 원자력 기술분야별 EPRI 및 전력연구원의 연구개발 투자액의 추이는 <표 2>와 같다. 본 연구에서 사례로 평가할 세부기술인 “와전류 비파괴 검사기술”은 기기보수 및 검사기술 분류에 속하고 있는데, 본 연구의 주목적이 기술가치 평가모델 적용에 있기 때문에 기술축적에 대한 추계는 단순화하고자 하였다.

따라서 연구개발 투자 기간도 3년으로 하였으며 분석기간중의 가격변동을 제거하기 위해서는 1990년 기준 GDP 디플레이터를 적용하여 불변가격화 하였다. 또한 <식 9>에 적용하기 위한 연구개발 스톡 증가율을 계산하기 위한 기간도 3년으로 선정하였으며 그 결과 EPRI의 경우 평균 0.6%, 전력연구원의 경우 평균 14%가 증가하였다. 그리고 EPRI의 축적금액과 전력연구원의 축적금액을 비교하기 위하여 1992년 OECD 구매력 지수를 기준으로 사용하였다.

<표 2> 원자력 기술분야별 연구개발 투자액의 추이

원자력발전 분야	EPRI(백만 \$)			전력연구원(백만원)		
	1996년	1997년	1998년	1996년	1997년	1998년
핵연료 및 저장기술(고준위)	4.17	4.26	4.26	-	263	816
저준위 방사능 처리기술	3.79	3.87	3.87	1,977	583	643
1차측 주기기의 성능개선 기술	9.05	9.48	9.48	221	-	475
기기보수, 유지 및 검사기술	8.51	9.07	9.07	2,269	2,227	1,963
안전 및 신뢰도 평가기술	2.79	2.85	2.85	1,334	3,314	272

• 하이라이트 부분은 본 연구의 사례평가 대상기술이 속해 있는 분야

4. 1. 2 연구개발시차 및 진부화율 측정

연구개발 시차는 국가나 기업은 물론 개개의 연구개발 과제별로 다르게 나타난다. 뿐만 아니라 기술수준의 차이 및 기업전략의 차이에 따라서도 다양한 결과를 보이는 것이 사실이다. 그러나 본 연구에서는 전력기술의 속성 및 기기 보수 및 검사기술의 특성을 고려할 때 연구개발은 바로 현장에 적용 가능하므로 연구개발 시차는 없는 것으로 가정하였다.

연구개발 진부화란 새로운 기술진보가 이루어짐에 따라서 발생하는 현상이라는 점을 고려할 때 진부화율은 기술진보의 속도를 반영한다고 볼 수 있다. 진부화율의 측정엔 특허자료를 조사하여 측정하는 것이 일반적이나 국내에서는 아직 진부화율을 측정할 결과가 없다. 따라서 본 연구에서는 미국의 공정기술 진부화율이 25%라는 것을 기준으로 하여 20%, 15%로 변경하여 보았다. 그러나 전력기술이 설비산업이라는 속성과 전력연구원의 연구개발속도를 고려할 때 전력연구원의 전력기술 진부화율은 15%, 그리고 미국의 전력기술 진부화율은 25%로 가정하여 추산하였다.

4. 1. 3 기술스톡 추계에 의한 기술수준 결과

이상의 자료를 이용하여 전력연구원과 미국 EPRI의 기술스톡을 추계한 결과 및 전력연구원의 상대적인 기술수준은 <표 3>과 같다. 원자력 분야에서 기기 보수 및 유지 검사기술분야의 기술축적이 40%라는 압도적인 비중을 차지하여 미국 EPRI 대비 약 61%의 기술수준을 가지고 있는 것으로 나타났다. 그러나 1차측 기기의 제작 및 성능개선 기술은 6%라는 매우 낮은 기술수준을 보였다.

<표 3> 원자력 및 화력발전분야의 기술축적량 및 기술수준 비교

(단위: 백만원)

기술분야	1996년		1997년		1998년		기술수준 EPRI 100	
	한전	EPRI	한전	EPRI	한전	EPRI		
원 자 력	핵연료 및 저장	-	8,519	1,032	8,505	1,694	8,473	20
	방사능처리(저준위)	7,770	7,748	7,188	7,733	6,753	7,702	88
	1차측 기기	870	17,805	740	18,062	1,103	18,207	6
	유지보수 및 검사	8,921	16,327	9,810	16,749	10,302	17,021	61
	안전 평가	5,243	16,327	7,771	16,749	6,878	17,021	40

4. 2 잠재 시장규모 및 TM factor($M_j \times E_j$) 추정

와전류 검사기술은 원자력발전소 중요설비의 진단 및 송전선로 부식검사 등에 사용되는 기술로서 최근까지 선진국에 의존하고 있었다. 와전류 검사기술의 적용시장, 시장규모, 효율도(TM factor) 및 시장규모(M_j) 산정기준은 <표 4>와 같다. <표 4>로부터 각 적용시장별 효율도(E_j)을 추정하여 기술의 수익규모(TM factor)를 추정하였다<표 5>. 이때 시장점유율은 한전내부적으로 수행되기 때문에 100%로 하였고 또한 마진률은 자체 검사수행시 소요되는 비용을 시장규모를 산정할 때 이미 고려하였다.

<표 4> 적용시장별 시장규모 추정

(단위: 백만원)

적용시장	시장규모
제어봉 집합체 검사*	300/호기 × 2-3호기/년 = 600~900
와전류 Prove**	117/호기 × 2-3호기/년 = 234~351
열교환기 등 튜브	120/대 × 6대/호기 × 2-3호기/년 = 1,440~2,160
송전선로 부식검사	3~4/1회 × 6회/년 = 18~24
화력발전소 열교환기	60/호기 × 2-3호기/년 = 120~180
기타	30/회 × 2-3회/년 = 60~90

* 외국검사비용 - 자체검사비용=(350-50)백만원 = 300백만원/호기

** 26세트/2호기 × (5-0.5백만원)/세트= 117백만원/호기

<표 5> 와전류 기술의 적용시장 규모 및 효용도

(단위 : 백만원/년)

적용시장	시장규모	효용도	수익규모
제어봉 집합체 검사	600 ~ 900	매우 관련 있음	360 ~ 630
와전류 Prove	234 ~ 351	약간 관련 있음	117 ~ 211
열교환기 등 튜브	1,440 ~ 2,160	관련 없음	576 ~ 1,080
송전선로 부식검사	18 ~ 24	약간 관련 없음	1.8 ~ 4.8
화력발전소 열교환기 등	120 ~ 180	관련 없음	24 ~ 54
기타	60 ~ 90	보통	18 ~ 36
합 계	2,472 ~ 3,705	-	1,097 ~ 2,016

* 기타 : 사용후 핵 연료 저장조 용접부 및 터빈케이싱 등

4. 3 추가 연구비 및 진부화 방지비용

본 연구의 분석대상 기술인 와전류 비파괴 검사기술에 대한 한국전력연구원의 기술 수준은 1998년 기준 미국 EPRI 대비 61% 수준에 있다. 따라서 2000년에 일정수준 (>70%) 이상의 기술을 확보하기 위해서는 지속적인 연구비 투자가 필요한데 미국 EPRI의 1998년 기술을 기준으로 할 때는 1999년도에 약 2억 2천만원 그리고 2000년에는 약 2억 6천만원의 연구비를 투자해야 EPRI 수준의 70%에 도달하게 된다. 그러나 미국 EPRI의 경우에도 지속적으로 기술을 개발하고 있기 때문에 변화하는 미국 EPRI 기술을 기준으로 할 때, 즉 2000년의 미국 EPRI 수준을 기준으로 할 때는 전력연구원은 1999년에 약 2억 8천만원 그리고 2000년에는 약 4억원의 연구비가 추가로 소요된다. 이때 EPRI의 연구개발비는 96년에서 98년까지 원자력 분야 연구개발비 평균증가율인 0.6%로 매년 증가한다고 가정하였으며 구매력 지수는 1998년을 기준으로 하였다.

한편 2000년에 1998년 미국 EPRI 기술수준의 70%를 달성한 한국전력연구원의 기술을 최소한 지속적으로 70%로 유지하는데 필요한 진부화 방지비용은 15%의 진부화율을 가정하고 (식 10)을 근거로 하여 추산하면 매년 약 1억 8천만원에서 2억 천만원이 소요되는 것으로 나타났다. <표 6>은 전력연구원의 추가 연구투자비용(L_i) 및 진부화 방지비용(R_i)이다.

<표 6> 추가 연구비용 및 진부화 방지비용

내역	추가 연구투자비용	진부화 방지비용
금액	502 ~ 711 백만원	180 ~210/년 백만원

4. 4 와전류 검사기술의 정량적 가치

지금까지 와전류 검사기술에 대해 추정된 기술수준(TS), TM factor, 진부화 방지비용 및 추가 연구투자비용은 일정범위를 가지고 있기 때문에 정량적 가치의 기대값을 추정하기 위하여 미국 Palisade사의 비즈니스 전용 @RISK 프로그램을 사용하여 몬테칼로 시뮬레이션을 하였다. 기술의 잠재적 가치기간은 5년으로 하였으며 그 기간동안의 할인율은 2000년을 기준년도로 하여 11%를 적용하였다. <표 7>은 시뮬레이션을 하기 위한 입력 데이터이다.

<표 7> 와전류 검사기술의 정량적 가치를 추정하기 위한 입력 데이터

(단위 : 규모 (백만원), 확률(%))

변수	수익규모 분포(TM _i)				연구비용(L _i)			진부화 비용(R _i)		
	1,097	1,557	2,016	계	502	711	계	180	210	계
확률	25	50	25	100	50	50	100	50	50	100

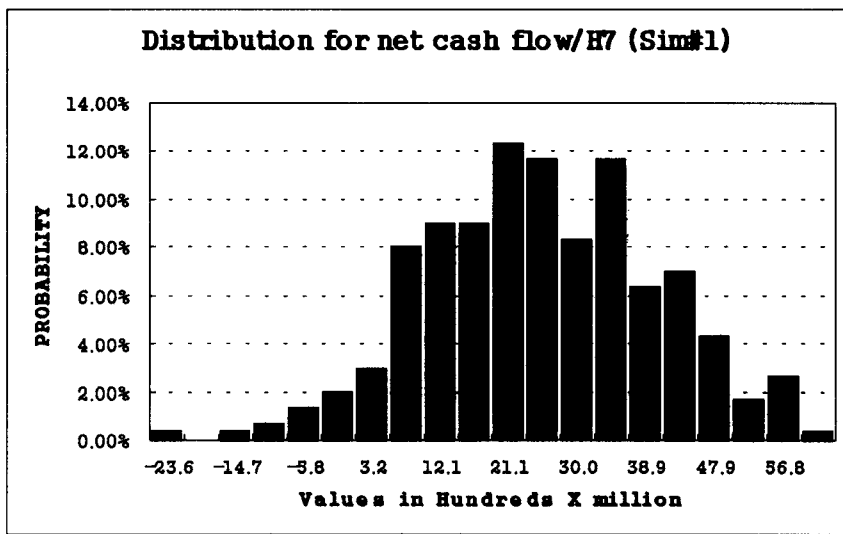
* 기술수준 :70%, 할인율 : 11% 적용

상기 데이터로부터 시뮬레이션한 결과는 <표 8>과 같다. 즉 와전류 비파괴 검사기술의 정량적인 가치는 2001년부터 향후 5년간 최대 약 65억 7천만원, 최소 -23억 6천만원으로 평균 약 27억 5천만원의 가치를 지니고있는 것으로 나타났다. [그림 4]는 수익기대값의 확률분포를 나타낸 것으로 21억원의 수익가능성이 12%의 가장 높은 확률을 나타내고 있으며 그 다음으로 25억 5천만원이 11.6%의 확률을 나타내었다. 그러나 기술의 가치가 마이너스가 될 확률도 4.6%에 달하였다.

<표 8> 와전류 검사기술의 정량적 가치 시뮬레이션 결과

(단위:백만원)

최소값	최대값	평균값	표준편차
-2,363	6,573.9	2,755.2	1500.4



[그림 4] 와전류 검사기술의 정량적 가치에 대한 시뮬레이션 결과

V. 결론 및 자산화 방안

지금까지 개별기술에 대한 잠재적 시장가치 추정모형 및 적용사례에 대해 설명하였다. 본 연구결과는 최근의 지식기반 사회 도래와 함께 지적(기술)자산에 대한 평가의 시급성, 기술거래 활성화에 따른 기술가치 산정의 필요성 및 연구개발 투자의 간접적 성과(비 재무적 성과)에 대한 측정의 중요성을 고려할 때 매우 의미가 있다고 하겠다. 특히 개별 기술에 대한 기술축적을 산정하여 기술수준을 고려하였고 이에 따른 기술과 시장의 관계정립 및 기술의 진부화 비용 등을 고려하여 기술의 잠재적 시장가치를 추정하는 것은 기존의 방법에 비하여 구체적인 추정모형을 제시하였다고 볼 수 있다.

그러나 기준 값의 설정, 즉 70% 이상의 기술수준에서 직접적인 기술성과가 있다는 가정 및 기술 효율도 분포 값에 대해서는 앞으로 많은 전문가의 의견이 필요하다고 사료된다.

한편 본 연구결과를 사용한 각 기업 및 연구소의 기술자산 평가는 매년 말 각 기업 및 연구소가 소유한 기술에 대하여 기술수준을 파악한 후 잠재적 시장가치를 추정하면 무형의 기술에 대한 자산화는 가능하리라 생각한다. 즉 매년 변화하는 기업 및 연구소의 기술수준 및 경쟁력을 고려하여 기술가치를 측정하기 때문에 주시가격을 사용하는 방법 등 기존의 방법보다 객관성을 가질 수 있다고 판단된다.

참 고 문 헌

조현춘, 김재천, 박상덕 “ R&D투자에 대한 경제성 분석의 사례연구” 기술혁신연구, 제 6권 2호, 1998.

Robert S .Kaplan and David p. norton, "가치실현을 위한 통합경영지표 BSC" 한언, 1996.

Annie Brooking, "지식자본" 사람과 책, 1997.

박종오, "기술거래 확산을 위한 개별기술평가모델의 구상", 과학기술정책, p62-p78, 1999, 3/4.

Gordon V. Smith and Russel L. parr, "Valuation of Intellectual Property and Intangible Asset", John Willy & Sons, Inc., 1994

龜岡秋男, 高柳誠一, "コーポレート テグストシグ モデル(1)", オペレーショス、 p13-, 1月号, 1996.

Patrick H. Sullivan, "Profiting from Intellectual Capital"John Willy&Sons,Inc., 1998.

Roger Whitelel, Trueman parish, and Ronald Dressler, "Evaluating R&D Performance Using the New Sales Ratio", IRI(Industrial Research Institute), p20-22, 1997.

Douglas Williams and A Dennis Rank, " Measuring R&D Benefits", Research Evaluation, April p17 1998.