자원환경지질, 제39권, 제6호, 787-801, 2006
Econ. Environ. Geol., 39(6), 787-801, 2006

연구성과(outcome) 관점에서 지질자원 분야 연구개발의 경제적 파급효과 분석 방법론 적용

안은영* · 김성용
한국지질자원연구원

A Study on Application Methods to Economic Impact Analysis on R&D of Geoscience and Mineral Resources in Input-Output-Outcome Perspective

Eun-Young Ahn* and Seong-Yong Kim
Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), 30 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Korea

Focused in the characteristic of R&D on Geoscience and Mineral Resources as basic research area, we survey on methods of public works' economic impact analysis including cost-benefit analysis and resent technology evaluation methods and suggest apply-methods to conduct economic impact analysis on R&D of geoscience and mineral resources. To conduct economic impact analysis on the basic research area, it need to identification research's outcome not just output. In this perspective, we propose a method, Input-Output-Outcome Roadmapping to identify the outcome of R&D and show the relation of input, output, and outcome of R&D. Furthermore, noticing the different effects of R&D from public works, we directly evaluate the use-value of the academic theory or geological maps through Contingent Valuation Method(CVM) and others developed as evaluation methods on environmental goods. In indirect application methods, it can evaluate the partial of the pubic works' benefit with assuming R&D factors if R&D is a part of public works. If not, we evaluate the R&D's value as reductions of costs or additions of benefit with finding related public works.

Key words : outcome, economic impact analysis, cost-benefit analysis, technology evaluation methods

본 연구에서는 사적 이익을 추구하는 기업의 연구개발이라기 보다는 민간이 담당하기 어려운 분야인 기초 · 원천, 공공복지 및 공유성 기술(Generic Technology)의 특성을 가지는 지질자원분야의 특성에 주목하여, 공공연구개발 및 사업의 경제적 파급효과 분석 방법론을 살펴보고 연구성과(outcome)의 관점에서 지질자원 분야의 경제적 파급효과의 적용 방법론 을 제안한다. 경제적 파급효과 분석 방법론으로 먼저 기존에 공공사업의 타당성을 평가하기 위해서 시행되고 있는 비용편익분석 방법론을 살펴보고 연구개발사업의 경제성 분석 이론으로 전통적인 경제 이론에 기반한 방법과 가치평가이론을 살펴보았다. 지질자원 분야를 포함한 공공연구개발의 경제성 파급효과 분석을 위해서는 계량화할 해당 연구개발의 성과(outcome)를 도출해야 한다. 이를 위해 연구성과 흐름지도(Input-Output-Outcome Roadmap)의 작성을 제안한다. 그리고 경제적 파급효과 분석 방법론을 적용하기 위해서 연구개발의 성과물인 이론 및 방법론의 가치직접 산정하는 방법과 실행 사업과의 연계를 통해 간접적인 방법의 적용 방법론의 고려가 필요하다. 실행 사업과의 연계를 통해 간접적인 방법은 연구개발의 결과 사업이 시행된다는 가정 하에 이후 실시되는 사업으로 발생하는 편익의 일정분으로 연구개발의 편익을 산정하는 방법과 연구개발의 실시 유무와 관계없이 이후 개발사업이 진행된다는 가정하에 사업 시 발생하는 비용의 저감분 및 편익의 증가분으로 연구개발의 편익을 산정하는 방법으로 구분된다.

주요어 : 연구개발 성과, 경제적 파급효과, 비용편익분석, 가치평가이론

*Corresponding author: eyahn@kigam.re.kr

1. 서 언

일본 산업기술총합연구소(National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, AIST)는 일본지질조사소를 포함하여 기존 통산산업성 공업기술원산하 16개 기관이 현재의 경제산업성 산하 독립행정법인으로 통합된 기관으로 지질조사 및 표준 연구의 고도의 중립성, 공정성, 신뢰성 등을 배경으로 한 기반적 기술의 연구개발과 에너지 및 환경 연구와 같이 실용화 기간이 길고 높은 리스크가 요구되는 분야의 연구개발, 산업의 경쟁력을 강화시키며 연구개발의 혁신을 가져올 수 있는 복합연구 부문의 연구개발을 실시하는 기관이다. 산업기술총합연구소는 산업기술과 구분하여 지질분야와 표준계측분야를 사회지적기반분야로 분류하여 다음과 같은 타당성 평가를 실시하고 있었다. 사회지적기반 분야인 지질조사, 계측표준, 데이터베이스화 등의 연구는 「국가가 마련해야 하는가」, 「공적기관의 중립성/공정성/신뢰성은 충분한가」, 「관리·공급되는 정보의 종류·개수는 충분한가」로 평가된다. 그리고 산업기술분야는 기초연구와 산업응용연구로 구분하여 기초연구는 새로운 산업의 창출이 가능성, 연구수준, 논문의 수량과 성과발현(Impact factor)으로 평가하며 산업응용연구는 산업화를 향한 연구의 명확성, 특허의 수량과 성과발현으로 평가한다. 하지만 2004년부터 연구개발 평가에 대한 재검토를 실시하여 지질분야도 경제적 파급효과 분석에 기반한 연구개발의 성과(outcome)와 시나리오에 기반한 로드맵의 제시를 요구받고 있다. 그리고 향후 연구개발 성과(outcome)의 관점에서의 평가와 비용편익 관점에서 평가를 지속적으로 검토하고 있다.

본 연구에서는 이러한 연구개발 성과(outcome) 관점에서 경제적 파급효과 분석에 주목하여 사적 이익을 추구하는 기업의 연구개발이라기 보다는 민간이 담당하기 어려운 분야인 기초·원천, 공공복지 및 공유성 기술(Generic Technology)의 특성을 가지는 지질자원 분야의 특성을 고려하여 공공연구개발 및 사업의 경제적 파급효과 분석 방법론을 살펴보고 연구성과(outcome)의 관점에서 지질자원 분야의 경제적 파급효과의 적용 방법론을 제안하고자 한다.

2. 문제제기

과학기술분야의 변화가 인간사회의 발전에 미친 역할은 크다. 불의 발견이나 수레바퀴의 발명, 그리고 근대에 와서는 풍차나 증기기관의 발명 등을 봐서도 그것을 단적으로 알 수 있다. 그러나 산업혁명 이후 기술의 변화의 범위와 파급효과는 커다란 질적 변화를 거쳐 왔다. 급속히 증대되는 기술변화의 역할은 변화가 생길 때마다, 그 당시의 사회 경제적 발전을 규명하는 연구자와 학자들에 의해 지적되어 왔다. 그러나 기술변화에 대한 그들의 인식방법이 오늘날 우리의 인식방법과 반드시 일치했다고 할 수 없다. 제 2차 세계대전 이후 연구개발 비용이 방대해짐과 동시에 과학기술에 대한 지대한 신뢰의 시대가 지나고, 선진 공업국의 정책 수립자 사이에서 과학기술에 대한 회의적인 태도가 싹트기 시작하면서 더욱 극명해졌고, 연구개발 비용과 한 나라의 경제성장률 사이에서 직접적인 상관관계가 없다는 사실이 밝혀지기도 했다.

우리의 경우, IMF 구제금융의 위기 극복 및 과학기술 패러다임의 변화로 연구개발이 점점 융합기술(Fusion)화 되며 대형화됨에 따라 연구개발에 대한 투자액의 규모가 크게 증가하고 투자기간도 장기화됨으로써 연구결과 및 성과의 예측이 중요한 과제로 부각되고 있다. 이에 따라 연구개발 투자부문에서도 적게 투자하여 많은 결과를 얻는 비용절감, 효율성 및 생산성 제고의 비중이 더욱 중요시되고 있다. 이러한 상황에서, 정부 연구개발 투자 당국 및 최고경영자는 완료되었거나 수행중인 과제뿐만 아니라 새로운 연구개발 과제를 수행하기 이전에 향후 예상되는 프로젝트의 수익성과 경제성 등을 분석·평가하라고 요구하고 있다.

한편, 구미 선진국에서는 이미 연구개발과제에 대한 경제성 평가를 실시하여 연구개발투자에 대한 효율성을 증대시키고 있으며, 우리도 지금까지의 연구장려금(Grants) 연구개발정책에서 탈피하여 연구개발투자 시 경제성 개념의 도입을 추진하고 있지만, 아직 객관성 있는 평가모델을 개발하지 못했고 이를 마땅히 적용하지 못하고 있다. 사실상 농공업 생산과는 달리 연구개발 과제는 파급효과의 무한성 및 계량화의 어려움으로 많은 전문가 및 관계자들이 경제성 평가의 접근에 한계를 느끼고 이의 적용 등에 소홀한 상황이었다. 그러나 연구책임자나 연구성과관리 전문가들 사이에서 한정된 연구자원을 효율적으로 투입하여 연구개발 투자의 생산성을 제고하고 연구개발 투자에 대한 효과를 가시화하기 위해 계량경제학적인 파급효과 분석이 필요하게 되었다.

3. 경제적 파급효과 분석 방법론 고찰

3.1. 비용편익분석

김홍배(1997)와 김동건(2003)이 정리한 바에 따르면, 비용편익분석은 정부 공공사업의 타당성을 사전에 평가하여 예산집행의 효율성을 높이고자 하는 것으로 대상사업은 공공재적 성격과 외부경제효과를 지니는 특성을 지니고 있다. 일반 재화는 수요와 공급에 의해 가격이 결정되고 시장에서 거래 되지만 공공사업은 그 가격이 시장에서 결정될 수 없어 공익적 가치를 산정하기가 곤란하다는 것이며 이를 "시장실패(Market failure)"라 부른다. 따라서 사업의 시행주체인 정부는 구매자의 입장에서 그 사업의 가치를 평가하여 사업을 시행하여야 하는지 아닌지를 결정하여야 하고 이 과정에서 비용편익분석이 필요한 것이다. 물론 사업의 시행여부에 대한 의사결정은 단일사업을 대상으로 할 경우와 여러 다른 사업과 비교하여 우선순위를 정하는 의사결정도 있다.

비용편익분석은 비용을 고려한 공공사업의 가치, 즉 순후생(Net welfare)을 측정하자는 것이며 사회후생은 다음과 같이 정의된다. 즉, 사회후생함수란 다음과 같이 각기 다른 사회구성원의 효용(Utility, 만족도) 수준에 근거하고 있다.

$$W=f(U_A,\ U_B,\ \ldots\ldots\ U_N)$$

여기서 W는 사회전체의 총 효용 수준을 나타내며, U_A, U_B, ...U_N은 사회 구성원 A, B, ...N의 효용수준을 가리킨다. 개별사업에 대한 사회후생함수를 구하면 당해 공공사업이 바람직한가가 판명되며 자원배분의 효율성 및 소득분배상의 공평성을 추구하는 사업을 도출할 수 있다. 그러나 문제는 사회후생함수가 개개인의 효용함수로 구성되어 있어 주관적이기에 객관적인 함수관계의 설정이 어렵다. 그러나 특정사업에 대해서 설문조사와 통계분석 등을 통해 개개인의 효용을 추정하는 방법이 가능하다.

일반적으로 쓰이는 비용편익분석의 평가기준으로는 순현재가치(Net Present Value), 편익-비용비(Benefit/Cost), 내부수익률(Internal Rate of Return) 등이 있다(Table 1). 자본회수기간기준(Pay-back period)은 투자사업의 총비용을 가장 짧은 기간에 회수할 수 있는 사업을 우선적으로 선정하는 방법으로, 미래가 극히 불확실하거나 위험이 있는 경우가 아니면 잘 활용되지 않는다.

편익-비용비(Benefit/Cost)는 적은 순현재가치(Net Present Value)를 가져다주는 소규모의 투자사업이 선택될 가능성이 크다는 문제가 있다. 따라서 편익-비용비는 자본제약이 있으면서 여러 가지 상호독립적인 투자사업들이 선택되어야 할 경우에 유용하게 쓰이고, 나머지 대부분의 경우는 순현재가치(NPV)가 투자사업의 평가기준으로 많이 권장되고 있다. 그러나 순현재가치(NPV)와 편익-비용비(B/C) 둘다 적정할인율을 선택하는 것이 어렵다. 그리고 이들 두 기준은 모두 할인율의 선택에 따라 평가의 결과가 민감하게 변할 수 있다. 내부수익률(IRR)은 만약 하나의 투자사업을 위해서 오직 하나의 내부수익률(Internal Rate of Return)이 존재한다면 여러 가지 후보투자사업 가운데 하나를 선택하는 상황에서 유용하게 사용하는 방법이다. 그러나 어떤 투자 사업이 몇 개의 내부수익률을 가질 것인지 알 수 없다는 치명적인 약점 때문에 하나의 사업에 대해 하나의 내부수익률을 가지는 상황이 아니면 잘 활용되지 않고 참고로만 반영되고 있다.

현재가치법이란 서로 다른 시간에 발생하는 다양한 항목의 편익과 비용을 현재가치로 환산하여 정책을 평가하는 방법이다. 즉, 현시점으로 전환된 편익이 비용보다 크면 제시된 대안은 정책으로 의미가 있음을 가리키며 그렇지 않으면 그 대안은 정책으로 의미가 없으므로 기각된다.

$$NPV=\frac{B_0-C_0}{(1+r)^0}+\frac{B_1-C_1}{(1+r)^1}+\ldots\ldots\ldots+\frac{B_n-C_n}{(1+r)^n}$$

NPV : 순현재가치(Net Present Value)

Table 1. Indicators of Economic Impact Analysis.

분석기법	판단방법	장 점	단 점
순현재가치	NPV≥0	· 대안선택시 명확한 기준제시 · 장래발생편익의 현재가치제시 · 한계 순현재가치를 고려하고 타 분석에 이용가능	· 대안우선순위 결정시 오류 발생 · 가능하고 이해하기의 어려움
편익/비용	B/C≥1	· 이해가 용의하고 사업규모고려 가능 · 비용편익 발생시간의 고려	· 편익과 비용의 명확한 구분이 어려움 · 상호 배타적 대안선택의 오류 발생 가능
내부수익률	IRR≥γ	· 사업의 수익성 측정 가능 · 타 대안과 비교 용이 · 평가과정과 결과 이해 용이	· 사업의 절대적 규모를 고려하지 않음 · 수 개의 내부수익률이 도출 될 가능성이 존재

출처: 김재형(2000)

B, C : 편익 및 비용
r : 할인율
n : 사업기간

마찬가지 방식으로 순편익(Net Benefit, NB)은 정책의 총편익과 총비용의 규모를 다음 식으로 단순 비교하여 계산하는 것으로, 비용에 대한 편익의 규모를 단순 비교하여 계산하는 것이다. 순편익은 0보다 크면 그 정책대안은 사회에 순편익을 발생시키므로 정책의 가치가 있음을 나타내고, 반대로 0보다 작으면 정책 대안은 사회에 편익보다는 비용을 더 발생시키므로 정책으로 가치가 없음을 나타낸다. 그리고 순편익이 0이면 대안이 정책으로 집행되었을 때 사회 전체의 복지 변화는 없음을 가리킨다.

순현재가치의 방법론은 장래의 가치를 현재의 가치로 전환하기 위해서는 장래가치를 현재부터 장래 기간까지의 투자가치만큼으로 할인(discounted)해야 함을 가리킨다. 하지만 시장의 불완전성과 위험도의 상이성 등으로 인해 할인율의 수준은 각기 다르다. 따라서 할인율은 평가하고자 하는 사업이 어떤 사업을 희생 혹은 대체한 것이냐에 따라 결정되어야 할 것이다.

편익(Benefit)-비용(Cost)비는 정책(연구사업)의 총 편익을 정책에 투입된 총비용으로 나눈 값, 즉 단위비용당 편익을 말한다. 편익-비용비로는 정책에 투입되는 비용의 효율성을 비교할 수 있는데, 다음과 같이 정리 할 수 있다.

$$\frac{B}{C}=\sum\frac{B_t}{(1+r)^t}\Big/\sum\frac{C_t}{(1+r)^t}$$

편익-비용비가 1보다 크면 그 대안은 비용에 비해 더 큰 편익이 발생되고 편익-비용비가 1보다 작은 대안은 비용에 비해 낮은 편익이 발생됨을 가리킨다. 그러므로 전자의 경우는 정책으로 의미가 있으며, 후자의 경우는 자원의 비효율적인 활용을 뜻하므로 정책선택 대상에서 제외되어야 한다. 그리고 편익-비용비가 1인 대안은 사회의 후생 변화에 아무런 영향을 미치지 못함을 나타낸다.

내부수익률은 현재가치법과 마찬가지로 시간대별로 편익과 비용이 발생하는 정책을 평가하는 데 널리 사용되는 방법이다. 여기서 내부수익률이란 현재가치의 편익과 비용을 서로 동일하게 만드는 할인율을 말한다. 이러한 내부수익률이 통상적인 할인율보다 낮으면 투자로 인한 실질적인 가치를 감소시키는 사업으로 볼 수 있다. 내부수익률은 대안들의 평가와 우선순위 결정, 그리고 최적시기 선택 등에 유용하게 사용될 수 있는 수단이다.

$$0=\frac{B_1-C_1}{(1+R)^1}+\frac{B_2-C_2}{(1+R)^2}+\cdots\cdots+\frac{B_n-C_n}{(1+R)^n}$$

R : 내부수익률(Internal Rate of Return)

3.2. 연구개발사업의 경제성 분석 이론

앞서 제시한 공공사업의 경제성 분석을 위한 비용편익분석에 대한 이론은 단순하나 실제로 적용 시 비용과 편익의 산정에 많은 어려움을 유발한다. 연구개발사업의 경제성 평가의 목적은 대형 및 신규 사업에 대한 기술적, 경제적 타당성 평가를 통해 연구개발 투자

Table 2. Methods of Economic Impact Analysis.

구 분	내 용
경제성장모형	· 연구개발자본모형 : 경제성장의 주요 원동력은 자본의 축적이 아닌 지식의 축적에 있음. 지식의 축적 → 연구개발자본 (R&D Capital) · 인적자본모형 : 거시경제모형에 인적자본 부문을 첨가하여 해당 분야의 인적자원이 경제성장에 미친 효과를 추출 · Solow의 총생산함수 모형을 기본 모형 Q (생산량) = F (A(기술수준), K(자본), L (노동)) 기술진보를 경제시스템내의 가장 중요한 요소로 인식.
일반균형모형	· 거시구조를 표사하는 연립방정식 구조모형에 연구개발 분야를 추가한 방정식을 사용함. · 일반적으로 모형의 개발, 유지하는 데 많은 비용과 시간이 소요되므로 최소화 된 계산가능한 구조방정식을 사용함.
연구개발 파급효과모형	· 연구개발의 공공재적 특징으로 인해 연구개발로 인한 도출된 지식 정보가 다른 생산자들의 생산성이나 이윤 등의 성과에 영향을 미침. 산업간 파급효과를 계산에 포함. · 산업간 파급효과(inter-industry R&D spillover) : 한 산업에서 이루어진 연구개발에 의하여 관련된 다른 산업의 생산방식이 영향을 받게 되는 것.
가치평가이론 (경제적 가치 환산법)	· 기존의 부동산, 보석 등의 유형자산과 주식, 채권 등의 사적(금융)자산에 대한 가치평가이론과는 달리 연구개발은 무형자산의 특징과 공공재적 특성을 지님. · 무형자산인 기술의 가치평가 및 공공재인 환경자산의 가치평가이론의 적용을 통해 연구개발의 가치, 즉 경제성을 산정할 수 있음.

의 당위성을 객관적으로 제시하는 것이라고 할 수 있다. 투자대상 사업에서 예측되는 모든 비용과 편익을 측정하여 사업의 타당성을 사전에 검증하는 비용편익 분석 방법과 마찬가지로, 연구개발사업의 경제성 분석의 기본 목적은 소요자원의 최적배분과 희소자원의 최소투입으로 최대효과(산출량)를 달성하기 위한 계량적 자료를 획득하는 것에 있다. 이러한 연구개발사업의 경제성 평가는 자원 배분의 효율성 증대, 경쟁력 및 사업성의 확보, 국가 경제발전과의 연계성 유지에 있다고 할 수 있다.

연구개발사업에 적용될 수 있는 경제성 분석 방법론은 김정흠(1999) 등의 연구에 따르면 전통적인 경제모형을 이용한 경제성장모형, 일반균형 모형, 연구개발 파급효과 모형과 새롭게 개발되고 있는 가치평가이론으로 정리될 수 있다(Table 2).

3.2.1 전통적인 경제 모형

경제성장모형(Growth Model)을 이용한 방법은 한 국가의 경제성장을 성장에 기여한 요소들의 기여도에 의해 배분함으로써 개발된 기술의 경제성장에 대한 기여도를 측정하는 방법으로서 1956년 Slow에 의해 처음 시도된 이후 그동안 방법론에 있어 지속적으로 발전해 왔으며, 최근의 신성장 이론가들에 의해 계속 다듬어지고 있다. 연구개발자본모형은 산업사회에서 지식사회로의 이동에 따라 경제성장의 주요 원동력을 자본의 축적이 아닌 지식의 축적으로 보고 연구개발자본(R&D Capital)으로 지식의 축적을 추정하는 모형이다. 인적자본모형은 거시경제모형에 인적자본 부문을 첨가하여 해당 분야의 인적자원이 경제성장에 미친 효과를 추출한다.

일반균형모형(General Equilibrium Model)을 이용한 방법은 한 국가의 거시경제를 표현하는 모형을 이용하여 국가 경제 내에서 기술의 기여도를 측정하는 방법이다. 기존의 일반균형모형(General Equilibrium Model)을 연산 가능한 일반균형모형(Computable General Equilibrium Model, CGE Model)로 전환하여 기술에 따른 계량적 효과를 분석한다.

연구개발 파급효과(R&D spillovers)는 연구개발의 자체 목적 및 연구개발 사업의 목적상 부가적으로 파생된 직접효과 및 간접효과 이외에도 연구개발이 가지고 있는 특성상 만들어내는 다른 형태의 가치 및 성과가 존재한다는 것을 말한다. 이러한 효과의 발생은 연구개발 활동이 다른 경제활동과 구분되는 공공재적 특징을 지니고 있다는 것을 의미하는 것으로, 파급효과는 다른 산업 및 국가 경제에 광범위하게 영향을 끼치게 된다. 지식·정보가 여러 원천으로부터 생산되는 것과 마찬가지로 지식 · 정보의 기업간, 산업간 및 국가간 파급경로 역시 매우 다양하다. 파급경로가 시장기구를 매개로 하는 경우에는 체화된 파급효과(embodied spillovers)라 하며, 시장기구가 아닌 기술정보의 흐름이나, 인력의 흐름, 역 엔지니어링 등 시장 외적에서 발생하는 효과를 비체화된 파급효과(disembodied spillovers)로 구분한다. 시장기구를 매개로 하지 않는 비체화된 파급효과는 산업구조에 관계없이 지식 및 정보의 공공재적 특성에 기인하기 때문에 진정한 의미의 파급효과라고 보기도 한다.

파급효과의 측정 방법은 먼저 계량경제학적 모형에 기초한 방법으로 가장 전형적인 형태는 생산함수나 비용함수를 이용하여 연구개발 활동이 부가가치의 증대나 생산비용 절감, 또는 기타 예상되는 파급효과에 기여한 정도를 파악하는 것이다. 그리고 특정 분야에서 이루어진 연구개발 프로그램과 관련된 모든 비용과 편익을 측정하는 사례연구적인 접근법이다. 이러한 접근법은 특정 프로젝트가 영향을 끼치는 범위를 사전적으로 한정할 수 있어야 하고 잠재적 모든 편익들을 고려해야 한다는 점에서 시행에 어려움이 있으나 연구개발 프로젝트의 영향을 자세하게 분석할 수 있다는 장점을 가진다.

그리고 산업간 파급효과 분석방법은 기술의 개발이 각 산업간 파급되어 여러 산업에 미치는 경제적 효과를 측정하는 방법으로 산업연관표(Input-Output Table)를 이용한 방법, 특허흐름(Patent Flow)을 이용한 방법, 기술거리(Technological Distance)를 이용한 방법, 생산함수, 비용함수를 이용한 방법 등이 사용된다.

3.2.2 가치평가이론

가치평가이론을 통한 경제적 가치 환산법은 주로 환경재 및 신기술 등에 대한 가치를 금전적 가치로 환산하는 가치평가방법에서 나타난 것으로 오래 전부터 많은 연구의 대상이 되어 왔다. 권오상(1999)과 안소은(2004)에 의하면 가치평가이론에서 가치는 주로 다음과 같이 구분된다(Table 3). 총가치는 사용가치와 비사용가치, 선택(기대)가치로 나뉘는데, 사용가치는 직접사용가치와 간접사용가치, 비사용가치는 존재가치와 보존가치로 나눌 수 있다.

설성수 외(2002)와 설성수와 김진호(2002)에서 정리한 바에 따르면 연구개발사업의 경제성 분석에 쓰일 수 있는 경제적 가치 환산법으로 다음과 같이 가상시

Table 3. Classification of values.

총 가치	사용가치	직접사용가치 간접사용가치	직접효과 (해당 부분)	간접효과 (타 부분)
	비사용 가치	존재가치 보존가치		
	선택(기대)가치			

Table 4. Technology Evaluation Methods.

구분		가치 추정방식	세부 방법
시장	비시장 가치 접근법	비용접근법	감가상각 대체비용법
		타 시장가치접근법도 적용 가능	
	시장 가치 접근법	시장 접근법	거래사례참조법 상장주식참조법 로얄티참조법
		비용 접근법	대체비용법 재생산비용법
		소득 접근법	현금흐름할인법 이익자본화법 자본비용법 다이나믹 DCF법 옵션반영DCF법 옵션가치평가법
가상 시장		CVM (조건부가치측정) - WTP를 근거로 산정	
		CEM (가상현실평가)	
		시장가치접근법도 적용 가능	

출처: 설성수 외(2003)

장접근법, 비시장가치접근법, 시장가치접근법으로 구분하여 나타낼 수 있다(Table 4). 비시장가치접근법은 특수가치나 시장이 제한된 자산의 시장관련 가치를 구하기 위한 평가방법으로 현행 시장가치 추정치에 개량과 관련하여 발생한 현행 총 대체원가를 더하고 물리적 손실, 진부화 등으로 인한 감가상각 누계금액을 차감하여 가격시점에 있어서의 대상 물건의 가격을 적정화하는 감가상각 대체비용법(Depreciated Replacemanet Cost Method) 등의 비용접근법이 주로 활용되고 있다. 감가상각 대체비용법(Depreciated Replacemanet Cost Method)은 재무보고에 사용되는 제한된 시장 혹은 특별한 재산권에 적용하여 시장관련 가치를 도출하는 대안적인 방법이다.

시장가치접근법은 강제성이 없고 자발적인 의사에 따라, 평가대상에 대한 관련 지식이 있으며, 쌍방간에 특수한 관계가 아닌 당사자간에 적절한 마케팅기간을 거친 평가당일의 현재가치를 가지고 산정하는 방법이다. 시장접근법, 비용접근법, 소득접근법 등이 해당된다.

시장접근법은 시장거래와 시장에 참여하는 사람들의 사고방식에 상응하는 논리를 반영하는 자료를 사용해서 가치평가하는 방법이다. 대상과 판매된 유사자산을 비교하는 한 가지 이상의 방법을 이용하여 자산의 가치지표를 추정하는 방법으로 일반적으로 시장에서 구입한 유사 상품보다 더 많은 비용을 지출하지 않으려는 속성을 이용한 방법이다. 거래사례비교법는 유사기술의 거래사례를 가지고 분석대상기술의 가치를 추정하는 방법이며, 주식가격비교법과 로얄티참조법은 유사기술을 보유한 기업의 주식가격 및 유사기술의 로얄티를 가지고 판단하는 방법이다. 주식가격비교법을 적용되기 위해서는 해당기업이 여러 기술을 보유하지 않고 분석대상기술이 해당기업의 핵심이어야 한다는 전제가 필요하다. 거래사례비교법이나 주식가격비교법, 로얄티참조법 등의 시장접근법을 적용하기 위해서는 비교대상 기술이 있어야 한다는 한계를 지닌다.

비용접근법은 시장에서의 비교대상 기술이 없거나 미래수익의 계산이 어려운 경우, 지금까지 투입된 비용으로 가치를 평가하고자 하는 방법이다. 대체비용법은 가치평가 대항 항목과 거의 같은 효용을 가진 신규품목의 현행원가를 추정하는 방법이다. 재생산비용법은 유사한 기술이 없는 경우 대상 기술과 같은 복제 기술을 개발하는 비용으로 가치화하는 방법이다.

소득접근법은 분석 대상기술이 향후 유효기간 동안 벌어들일 소득을 현재가치로 환산하는 방법으로 기존에 이익자본화법, 자본비용법 등이 쓰였으나, 최근에는 기술의 가치평가에 있어 전통적으로 널리 사용되어 온 할인된 현금흐름방법(Discounted Cash Flow)을 대체하여 옵션(Option)을 고려한 방법이 사용되기 시작하고 있다(허은녕, 1999). 이는 일반적인 현금흐름방법(DCF)을 이용하여 현재가치(NPV)를 계산하는 방법은 기술개발 투자의 각 단계에서의 투자에 대한 옵션을 고려하지 않고 있으며, 옵션을 고려할 때는 기술에 대한 최종적 가치가 크게 달라지는 경우가 발생한다. 옵션가치평가법(Options Pricing Theory)은 기존의 재무적인 옵션의 개념에서 나타난 평가기법이다. 옵션(Option)이란 원래 주식이나 채권을 매입하거나 매도시 가격변동으로 인한 손실의 위험을 방지하기 위해 소유자가 정해진 기간동안 미리 정해진 가격으로 특정자산을 사거나 팔 수 있는 권리를 뜻하는 말로서 어떤 자산의 거래시 고려되는 일종의 프리미엄을 의미한다. 옵션가치평가법(Options Pricing Theory)의 경우 기존의 현금흐름방법(DCF)의 적용의 어려움 뿐 만 아니라 정량적 계산과정이 복잡하고 시간이 많이 소요되며 이해가 쉽지 않은 어려움이 있다. 따라서 기존의 현금흐름

방법(DCF)에 옵션(Option)의 개념을 고려하여 개발한 모형으로 다이나믹 DCF법, 옵션반영 DCF법이 있다.

가상시장접근법은 시장에서 마땅한 비교대상도 없고, 출시되기 이전인 신기술의 평가에서 혹은 실존하지 않는 기술에 있어서는 가상적인 거래를 바탕으로 평가가 이루어지고 있다. 주로 가상시장 접근법은 조건부가치측정법(Contingent Valuation Method, CVM) 및 가상현실평가모형(Counter-factual Evaluation Model, CEM) 등이 있다. 대체시장을 통한 간접분석방식을 적용하기 힘든 경우에 적용할 수 있는 것이 조건부가치측정법(CVM)으로서 설문조사를 통해 특정 재화의 가치를 직접적으로 도출해 내는 방식이며 현재 환경재의 가치측정에 있어 가장 널리 활용되는 방법론이다. 반면에 가상현실평가모형(CEM)에서 비용은 실제 투입한 금액을 산출하고, 편익은 연구의 결과가 없을 경우의 산업체가 지불해야하는 비용을 관련 산업체의 조사를 통해 구하는 방식으로서 표준 및 각종 규제 제정시에 널리 활용되는 방식이다.

조건부가치측정법(CVM)은 가상적인 상황을 설정한 후, 설문의 방법으로 직접 사람들이 어떤 공공재나 환경자원에 부여하고 있는 가치를 이끌어내는 방법이다. 이 방법은 환경자원의 경제적 가치를 힉스의 소비자잉여의 개념으로 직접 도출할 수 있을 뿐만 아니라 유일하게 존재가치를 측정할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 조건부가치측정법(CVM)은 적용의 범위가 매우 넓으며 분석을 위한 별도의 자료를 거의 필요로 하지 않는다. 반면에 가상시장의 설정이나 설문조사의 과정에서 큰 오류를 범할 가능성이 있다는 단점이 있다. 김광임 외(2002), 김지현(2002)에 따르면, 설문지 작성의 편의(bias) 문제 때문에 조건부가치측정법(CVM)이 환경자원의 가치평가를 위한 적절한 평가수단이 될 수 있느냐에 관해서는 많은 논란이 있었지만 그 단점을 보완하는 방법도 꾸준히 제시되어 왔으며, 미국의 WRC(Water Resources Council)는 1979년부터 여행비용평가법과 함께 조건부가치측정법(CVM)을 수자원 프로젝트 평가기법에 포함시켜 사용하고 있다. 또한 ACE(U.S Army Crops of Engineers)도 조건부가치측정법(CVM)을 채택하여 20여 개의 관련 연구결과를 발표한 바 있다. 1990년대 초반에 와서 노벨 경제학 수상자인 Kenneth Arrow와 Robert Solow를 의장으로 한 전문가 22명으로 구성된 패널(panel)은 'NOAA 보고서'를 통해 "조건부가치측정법(CVM)은 비사용가치를 포함하여 피해를 법적으로 평가하는 출발점이 되기에 충분히 믿을 만한 추정치를 제공할 수 있다"는 결론을 내림으로써 주요 정부관서, 국제기구, 연구소 등에서 많이 사용되어지게 되었다.

4. 지질자원분야 경제적 파급효과 적용 방법론 제안

4.1. 연구개발 성과(outcome) 도출을 위한 연구성과 흐름지도(Input-Output-Outcome Roadmap) 작성

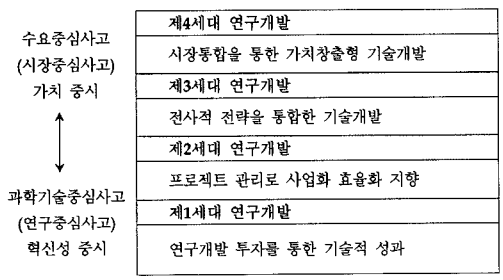
이미 선진국에서는 공공연구소의 연구개발의 평가시 연구성과(outcome)의 개념을 도입하여 단순히 연구결과에 대한 평가뿐만 아니라 성과를 평가하고 있었다. 영국의 지질조사 기관인 BGS(British Geological Survey)는 상위 기관인 NERC를 통해 다음과 같이 연구사업에 대한 평가를 시행하고 있다. NERC(Natural and Environmental Research Council, 자연·환경연구회)는 수행중인 또는 종료 연구과제의 목표 달성도 연구 성과물, 관련 분야에의 기여도 등을 종합적으로 판단하여 단기적인 연구결과(Output)를 판단함은 물론 좀더 장기적인 관점에서의 해당 연구사업 자체의 파급효과(Impact)까지도 판단하고자 노력하고 있다. 따라서 결과 평가(output evaluation)와 영향 평가(impact evaluation)를 동시에 시행하는 것으로 볼 수 있다. 또한 OECD 각국에서 업무수행 성과평가 시 사용되는 일반적인 계량지표의 유형으로 Input(process), Output에 적용되는 비용 절약성(경제성)과 능률성 외에 Outcome에 적용되는 서비스의 질로서 적시성, 정확성, 접근가능성(편의성)의 지표를 사용하고 있음을 알 수 있다(Perrin, 2002). 이와 같은 성과지표의 본격적 사용은 경제지표와 사회지표에 뒤이어 이루어진 하나의 혁명으로서, 이러한 계량적인 성과지표가 본격적으로 사용되기에는 영국의 경험에 비추어 볼 때 대략 10여 년의 시간이 소요되었다.

국내에서도 이러한 관점에서 정부출연연구소의 경영활동은 사회·경제적 수요에 부응한 연구개발 및 관련 지원사업을 효과적이고 효율적으로 추진하는 것이며, 여기서 효과적이라는 것은 고객(또는 잠재고객) 수요를 충족시키는 성과를 창출한다는 의미라고 정의한 바 있다. 이러한 견해는 공공기술연구회의 경영활동 흐름도에도 반영되어 있으며 공공기술연구회의 고객만족도 평가 지표를 살펴보면, 효율성·편리성·고객니즈 수용정도를 연구 자원배분(process)에 관한 항목으로 연구목표 달성도·연구결과의 질적 우수성은 1차적 연구결과(output), 활용가능성·유용성은 궁극적 성과(outcome)와 관련된 항목으로 구분하고 있음을 알 수

있다.

연구개발의 패러다임 변화과정에서도 연구성과(outcome)를 고려한 연구개발의 정책적 마인드의 필요성을 나타내고 있다. 연구개발 패러다임의 변화는 과학기술 중심의 연구개발에서 수요중심 연구개발로의 변화로 설명된다. 과학기술중심 R&D는 일단 연구개발을 완료하고 과제 종료 후 기술이전을 고려하고 있어 상용화를 위한 추가 가공이 필요한 시스템이며, 수요중심 연구개발은 시장에서의 필요(needs) 차원이 아닌 요구사항(requirement)을 수집, 검토하여 피드백 하는 시스템이다. 또한 양현모(2003)는 이러한 연구개발 패러다임에 따라 연구개발 결과에 대한 이전 메커니즘도 달라진다고 설명하고 있다. 학회, 저널을 통한 소극적 연구결과 확산 메커니즘(Passive Mode)에서 라이센싱, 기술지문, 위탁개발을 통한 중도적 메커니즘(Response Mode), 연구개발 컨소시엄, 공동프로젝트를 통한 적극적 메커니즘(Marketing & Interactive Mode)으로 변화이다(Fig. 1, 2, 3).

이러한 연구개발 패러다임의 변화는 기술혁신 모형의 변화에서도 설명된다. 먼저 기술혁신의 선형 모형(Linear Sequential Model)은 기술혁신을 기초연구(Basic Research), 응용연구(Applied Research), 개발연구(Development Research)라는 3단계의 과정을 순차적으로 거치는 것으로 설명하였다. 기술혁신의 선형 모형에 의해서 기술혁신의 과정은 기초연구, 응용연구, 개발연구의 연구개발 활동 이후 시제품 생산, 대량생산으로 이어지는 사업화 활동이 수행되는 전주기로서 설명된다. 그리고 선형모형의 순차적인 연구개발 활동에 대해 상호작용과 피드백의 개념을 도입하여 기술혁신의 상호작용 모형(interactive model)이 새롭게 적용되고 있다. 상호작용 모형은 상류 부문과 하류 부분간의 연계와 피드백을 중요시하기 때문에 Chain-link 모형이라고도 불린다. 아래 그림과 같이 기술혁신 모형의 연구개발 활동의 흐름을 도식화한 것으로 기술혁신 모형의 변화는 Model 1의 선형모형에서 Model 3으로의 심화된 상호작용 모형으로 볼 수 있다(Fig. 4).



출처 : 양현모(2003)

Fig. 1. Changes of R&D Paradigm.

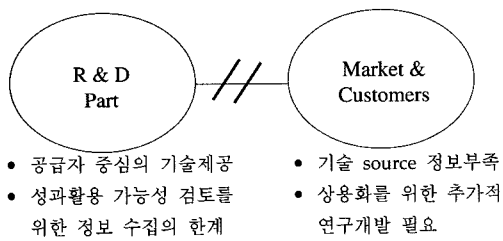


Fig. 2. Technology-drive R&D.

기술혁신 모형은 기초연구, 응용연구, 개발, (시제품 생산), 대량생산으로 연구개발로 인한 성과 도출과정을 개념화하고 있다. 이러한 연구개발의 일련의 과정은 연구개발의 패러다임의 변화와 맞물려, 연구개발의 기획단계에서부터 연구개발성과(outcome) 개념을 요구하게 된다. 연구개발의 기획 단계에서부터 연구개발의 궁극적 성과(outcome) 개념을 도입할 수 있는 방안은 이후 제시하는 연구개발 기획단계의 연구성과 흐름지도(Input-Output-Outcome Roadmap) 작성이다. 이는 연구대상 사업의 투입(input), 연구결과(output), 연구성과(outcome)의 요소를 가시화하기 위한 것으로, 먼저 연구개발을 위한 투입물(input)은 연구개발 활동을 위해 사용되는 모든 요소를 의미하는 것으로 양적·질적 측면의 연구비, 연구인력, 연구 장비 · 시설, 소요시간, (과학기술) 정보 등을 포함할 수 있다. 1차적 연구결과

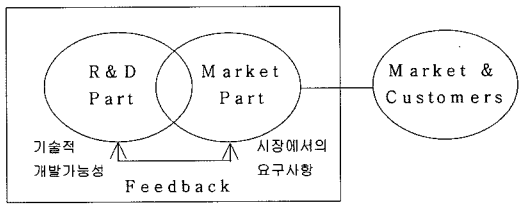


Fig. 3. Market-pull R&D.

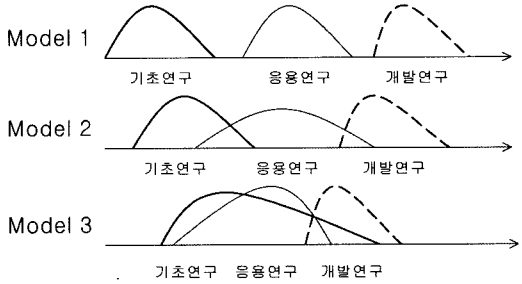


Fig. 4. Technology Innovation Model.

(output)는 기존의 "투입 요소들 간의 상호작용에 의해 나타난 산출물의 총체"라는 개념에서 "연구개발로 인해 나타난 1차적 성과물"로서의 개념으로 새로운 지식, 기술 보고서, 논문, 발표, 인용 분석, 특허 등을 포함할 수 있다. 이러한 연구결과(output)는 기술의 소화과정 및 이전과정을 거쳐 최종성과(outcome)를 산출하게 된다(김선근, 2002). 최종성과(outcome)는 연구개발로 인한 편익을 발생하게 하는 산출물 정의할 수 있으며, 정부출연연구소의 경우 인프라 스트럭쳐 구축, 정책 반영, 기업화 또는 실용화 성공 등을 연구개발 성과(outcome)로 인식하고 있다. 연구성과 흐름지도(Input-Output-Outcome Roadmap)는 연구결과(output) 뿐만 아니라 분석 대상 연구개발의 선행되었던 연구개발과 영향을 미치는 연구개발의 관계를 도식적으로 나타내어 해당 연구개발의 성과(outcome) 제시의 근거가 된다.

지질자원 분야 연구개발에 대한 성과(outcome)에 대해 한국과 일본의 지질자원 분야 공공연구기관을 대상으로 분석해 본다. 먼저 세부 연구과제인 한반도 지구조 진화 연구에 대해 연구성과 흐름지도(Input-Output-Outcome Roadmap)의 시행 결과를 알아본다(Fig. 5). 본 연구는 한반도 지각 변형 연구, 활성단층 연구 및 기타 한반도 지구조 관련된 사장되었던 연구결과가 기반이 되었다고 볼 수 있다. 그리고 시간, 자본, 인력의 분배 적정성과 함께 지반 이용 업체 및 기관과의 자문을 고려하여 자원배분의 요소로 연구기간, 연구비, 연구인력을 산정한 것으로 볼 수 있다. 그리고 1차적 연구결과(output)는 한반도 일대의 후기 중생대-신생대 지구조 진화 frame을 구성하는 ① 기반암 지각 진화, ② 고지리 복원, ③ 지구조 사건, ④ 대단층(블록 경계) 운동 특성, ⑤ 대단층 관련 퇴적계 발달 특성, ⑥ 광상구 발달 특성, ⑦ 현생 지각 운동 특성(GPS 지각운동 속도 백터 분석)으로 나타난다. 이러한 1차적 연구결과(output)는 다음 기의 한반도 및 중생대 지각 진화 연구로 이어지게 된다. 또한 본 연구결과는 다음과 같은 연구에 영향을 미칠 것으로 예상된다. ① 한반도 일대 지각 지질 시대별 운동 특성 및 지구조 운동, ② 지진 · 광상 및 활성단층 연구, ③ 원전부지 지반조사, ④ (석유자원 탐사에 활용될 수 있는) 해양지역 분지 발달 연구, ⑤ 지진을 포함한 지표 지각 활동의 GPS/InSAR 모니터링 기술 등 이다. 다른 연구에 많은 영향을 주는 지질분야의 기반 학문 분야의 특징을 연구성과 흐름지도(Input-Output-Outcome Roadmap)를 통해 구체적으로 보여줌을 알 수 있다.

본 한반도 지구조 진화 연구의 최종성과(outcome)는 다른 연구에 많은 영향을 줌으로써 대형 시설물 설계 및 설치의 지반 안정성 평가로 쓰이는 등의 다른 연구의 최종성과를 내는 데 기여한 것으로 볼 수 있다. 또한 본 연구 자체로도 연구결과의 우수성으로 인해 국제적으로 국내 지질연구의 위상을 제고하는 효과와 한반도 일대의 지질기반 기초 데이터의 확보로 연구원의

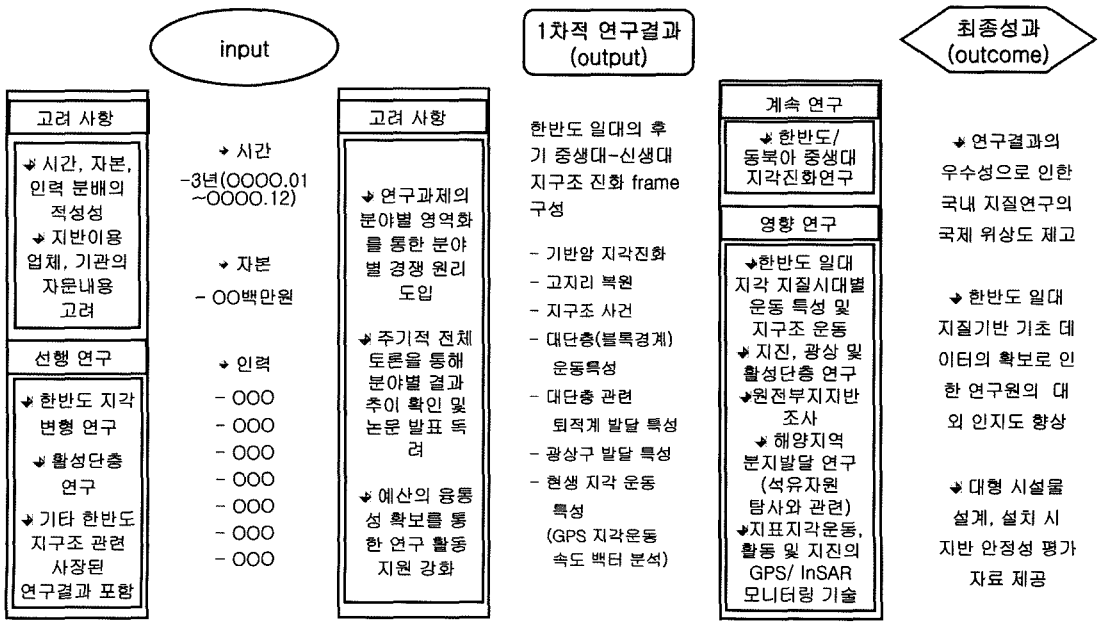


Fig. 5. Case Analysis of Input-Output-Outcome Roadmap on a Geoscience R&D Project.

Table 5. Output-Outcome Assessment of R&D Projects of Geoscience and Mineral Resources in KIGAM.

연구과제	연구결과(output)	연구성과(outcome)
한반도 지각진화 체계 연구	· 경기육괴 지구조진화 규명 및 기반암 특성분석 · 보성지역 시대미상 지층의 지질시대 규명 · 제4기 고해양환경 변화의 고해상 분석	· 기초과학적 성과 제공 · 주요 토목공사의 지반조사, 설계 시 지질특성 관련 자료를 제공 · 각종 해양지질자료, 자원정책 자료와 연안역 통합관리 자료 제공
지하수 환경개선 기술 연구사업	· 울산지역 지하수자료 DB 구축 · 균열암반내 유체유동 해석기술 확립 · 울산지역 지하수 오염방지와 수질개선 · 폐광산환경오염을 정량/정성적으로 평가할 수 있는 실내 기반기술개발 및 확보	· 임해지역 대도시의 지하수오염방지 및 지하수 자원의 개발보전관리 정책수립에 적용 · 폐금속광산오염 복구에 직접 활용
인공지진 및 지자장 연구 원주지진관측 및 지진망 운영사업	· 국제기구(CTBT)의 전세계 50개 관측소 중의 하나인 원주 지진광측망 운영 및 한반도/인접지역의 자연/인공지진 모니터링 · 지진 예지를 위한 DB 구축 · 지진-공중음파 자료를 이용한 인공발파 식별 기술확보	· 국제기구에서 관련 자료제공 및 적극적 활동 · 한반도 및 인접지역의 인공발파 등의 지진재해 경감대책 수립에 활용
지질자원법제 및 국제 협력방안 연구	· 지질조사 입법 세부규정 마련 · 해외 협력기관 발굴 및 협력체제 구축 · 북한의 광물자원 협력 정책 수립 및 기초자료 수집	· 국가기본지질조사사업의 시행을 위한 법적 기반 확보 · 국제공동연구 및 자원협력사업 도출
지질자원정보 인프라 구축사업	· 지질자원정보 인프라 구축 전략계획 수립 · 웹기반 지질자원 투토리얼 시스템 설계 및 멀티미디어 콘텐츠 시범 구축 · 지질자원 정보 인터넷 서비스 시스템 설계	· 지질전문 정보 제공을 통한 국토개발 및 재해 방지 연구의 활성화 · 지질자원정보 수치화를 통한 정보의 활용성 제고 · 인터넷 기반의 지질자원정보 서비스를 통한 지구과학분야 교육의 장 제시

Table 6. Output-Outcome Assessment of R&D Projects of Geoscience and Mineral Resources in AIST.

연구과제	연구결과(output)	연구성과(outcome)
지구과학정보 연구부문		
· 생활환경에 밀착한 대도시 지하지질연구	· 대도시권 지하지질의 층서퇴적환경에 대한 구조해석	· 지자체/공사 요구 충족 · 도시이용/지질화산방재
· 지질조사연구사업	· 지질도	
· 지구물리분야 연구사업	· 고분해능공중자기이상도, 중력도 · PS변환파 등에 의한 지하구조탐사기법의 개발	
· 지구화학분야 연구사업	· 전국판 지구화학도 작성 · ISO 대응 표준시료의 작성 · SIMS를 이용한 분석기술개발/동위체분별과정의 실증	· 지질오염평가에 대한 사회 요구 충족
· 지진/화산분야 연구사업	· 지하수위 변화산출 · 세계최고성능의 고온고압 시험장치 개발 · 개발된 시험장치를 활용한 활단층 지질발생과정 연구	· 지진예측 및 방재
심부지질환경 연구센터		
· 지질현상의 장기변동 메커니즘 연구	· 조사법연구, 데이터 취득: 지진 및 화산의 장기변동 연구, · 지층심부에서의 열수활동과 지하수유동의 실태 파악 · 모델 작성	· 방사성폐기물의 지층처분 지역 선정
· 천연 차단격리성능 연구	· 지질환경의 수치모델화를 통한 방사성 핵종의 이행예측	· 방사성폐기물의 지층처분 안전 규제
활단층 연구센터		
· 활단층 조사사업	· 활단층도 및 데이터베이스 · 국가데이터센터 확립	· 지진발생예측 · 활단층의 활동성 평가
· 활단층계 구분 연구	· 데이터	· 새로운 진원상 구축
· 지진피해예측 고도화 연구	· 진원에서 진행 분포를 활단층의 변위 분포로부터 추정	· 지진피해 예측

대외 인지도를 향상시키는 효과를 가질 것으로 예상할 수 있다.

한국의 지질자원분야 공공연구기관인 한국지질자원연구원(KIGAM)을 대상으로 2003년-2005년 기간의 한반도 지구조 진화 연구를 포함하여 지질 분야의 기본사업 과제에 대한 분석을 통해 도출한 연구결과(output)

과 연구성과(outcome)는 다음과 같다(Table 5). 그리고 일본 산업기술총합연구소(AIST)의 설립 이후 제1기 중기목표(2001-2004) 기간의 지질자원분야의 연구개발 성과(outcome)를 분석하기 위해, 해당 연구기관인 지구과학정보연구부문과 심부지질환경연구센터, 활단층연구센터에서 제시하는 연구과제별 연구결과(output)와 그에 대한 연구성과(outcome)를 나타내었다(Table 6). 지질자원 분야의 연구개발에 대해 산출(output) 측면에서 지질자원정보(국가기본지질도/주제도와 간행물, 데이터베이스), 관측/정보시스템, 요소기술로 구분할 수 있고 결과I(outcome) 측면에서 국가 개발사업에의 활용(지충처분, 대형 토목공사), 국가정책수립에 기여(지하수자원확보, 지질 · 환경재해방지), 대민 공공서비스 제공(박물관, 시험분석, 웹서비스), 국제영향력 증대로 구분할 수 있다.

4.2. 연구개발 성과(outcome)에 따른 경제적 파급효과 적용 방법론 제시

앞서 지질자원 분야의 연구결과(output)의 도출로 인한 연구성과(outcome)를 제시하였으나, 연구성과(outcome)를 정량적으로 제시하기 위해서는 성과측도(Outcome Metrics)에 대한 고려가 필요하다. 기존에 지질자원 분야의 경제적 파급효과 분석은 광산개발의 경제성 평가(Feasibility Study)와 더불어 자원 및 에너지 개발에 따른 비용편익분석을 적용하였다. 그러나 직접적인 개발사업이 아니라 지질자원정보(국가기본지질도/주제도와 간행물, 데이터베이스)라는 연구결과(output)에 의해 도출되는 연구성과(outcome)에 대해서는 기존의 편익산출이 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같이 기존의 적용 사례 분석을 통해 적정한 성과측도(Outcome Metrics)의 도출 방법과 경제적 파급효과 분석이 가능한 적용 방법을 도출하였다.

국외 및 국내 지질자원분야 연구개발에 대한 경제적 파급효과를 분석한 사례를 다음과 같이 정리할 수 있다(Table 7). 지질정보의 파급효과가 개발사업의 단계 및 확산 형태에 따라 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 지질정보는 개발사업 등을 통해 가치를 산정할 수 있을 것이나, 기반연구로서의 지질정보의 가치는 지식정보를 제공하는 것으로 자원개발사업 등의 실행사업의 편익과는 구분되어야 할 것이다. 기반연구로서 지질정보의 가치는 직접적인 가치 산정방법과 이후 실시되는 사업과의 연계를 통해 간접적인 방법으로 산정할 수 있다. 이러한 구체적인 방법은 다음과 같이 연구개발의 가치 산정의 3가지 방법으로 나누어 볼 수 있다.

먼저 연구개발의 성과물인 이론 및 방법론의 가치를 직접 산정하는 방법으로, Ellison & Calow(1996)는 국가 기반 정보로서 지질정보를 인식하고 영국 정부기관의 에너지자원개발사업의 계획과 적용을 고려하는데 연간 4일을 소비한다고 가정하여 에너지자원개발사업에서의 지질정보의 가치를 1백만 파운드로 산정하였다. 또한 지질정보가 수자원 관리 계획에 이용되는 가치를 정부기관 관료의 시간 가치를 통해 천2백 파운드로 산정하였다. 마찬가지 방법으로 김대형 외(2006)는 Ellison & Calow(1996)의 연구 방법에 따라 국민총생산 규모를 고려하여 한국의 지질도의 경제적 파급효과 분석 사례에 적용하였다.

그리고 연구개발의 결과 사업이 시행된다는 가정하에 연구개발의 편익은 이후 실시되는 사업으로 발생하는 편익의 일정분으로 볼 수 있다. 이는 연구개발을 개발사업의 한 부분으로 치부하는 것으로 볼 수 있다.

Table 7. Economic Impacts Analysis Cases on R&D of Geoscience and Mineral Resources.

	Cocking (1992)	Bernknopf (1993)	Ellison&Calow (1996)	Ellison&Calow (1996)	Reedman외 (2002)	남경희 (2004)
대상 사업	케냐 중북부 지역 지질도 작성사업 (1980-87)	미국 버지니아의 지질도 작성사업	영국 Ripon과 Garstang 지역의 지질도 작성사업 (1980년대 초)	영국 Ripon과 Garstang 지역의 지질도 작성사업 (1980년대 초)	나이지리아Oju-Obi 지역 수문정보 작성 (1996-1988)	대도시 지역 지하수 오염저감기술 연구사업 (1998-2002)
파급 효과	자원매장량 추정 및 상업적 개발	도로 및 폐기물 처분장 건설 비용 저감	지질정보가자원개발 및 수자원관리에 이용되는 가치	지질정보에 의한 자원매장량 추정 및 상업적 개발, 지역개발 가치	수문학 정보에 의한 시추 성공률 상승	해당 주민의 지하수 음용화에 기여
편익	연간 £22,000 (지속기간 50년)	$1.28M-3.5M (순편익, 할인율 10%)	연간100,000 연간1,200 (정부기관 관료 시간가치)	£18.9M (자원개발사업 편익 0.1%, 수자원개발 편익 5% 포함)	£751,000	676.9억원 (총, 할인율 10%, 음용화 편익 2% 포함)
비용	£500,000	-	£3.2M	£3.2M	-	50.9억원

Cocking(1992)의 케냐 사례는 대 · 중축적의 지질도는 다양한 개발 활동의 database로서 중요한 부분을 제공하고 있음을 보이고 케냐의 Samburu-Marsabit Geological Mapping Project(1980-87)를 통하여 케냐의 중북부 지역의 지질도 작성 사업의 대·중축적의 지질도 구축 비용은 2년동안 5십만 파운드였으며, 자원매장량 추정 및 상업적 개발로 인한 편익의 전체로 지질도의 편익을 가정하고 그 편익이 50년 동안 연간 2만2천 파운드의 편익이 발생한다고 산정하였다. 이는 지질정보의 해당 사업의 기여도를 고려하지 않은 사례로서 Ellison & Calow(1996)는 지질 정보의 지식이 에너지 자원개발사업으로 인한 편익의 0.1% 또는 수자원관리의 편익의 5%의 가치를 가지는 것으로 산정한 바 있다. 남경희(2004)는 지하수오염저감기술 연구개발사업으로 해당 주민이 지하수를 마실 수 있게 됨으로써 얻는 편익의 2%를 연구개발의 기여도로 산정하였다. 남경희(2004)의 사례는 다음 절의 공공기술의 적용 사례 분석을 통해 자세히 알아본다.

마지막으로 연구개발의 실시 유무와 관계없이 이후 개발사업이 진행된다는 가정 하에 연구개발의 편익은 사업 시 발생하는 비용의 저감분 및 편익의 증가분으로 산정할 수 있다. 이는 연구개발의 성과물인 이론 및 방법론의 가치를 존재 유무에 따른 기회비용을 산정하는 방법이다. Bernknopf(1993)의 사례는 미국 버지니아 Loundoun County의 지질도 작성사업의 가치 산정을 위해, 지역 내에 도로와 폐기물 처분장 건설에서 충분한 지질정보를 획득한 경우와 그렇지 않은 경우의 건설비용(engineering cost)과 재산가치(Property value)의 차이를 계산하였다. 이때 산출된 건설비용 저감의 순편익은 1.28백만$~3.5백만$(1999년 현재가치 기준)이다. Reedman 외(2002)의 경우 지하수탐사사업을 대상으로 수문학 정보의 유무에 의해서 시추 성공률 변화를 계량화하였다. 이것은 지질정보의 가치를 개발사업의 성공률의 증가로 본 것으로, 연구결과 수문학 정보가 없을 경우 751,000파운드의 비용이 더 들었으며 이는 수문학 정보가 있을 경우의 1.3배의 비용이 든 것으로 나타났다.

국가연구개발사업 중 기초 또는 기반성격의 연구사업의 연구결과는 대부분이 연구개발에 따른 새로운 이론 및 방법론의 정립 형태가 많으며, 직접적 대책은 아니므로 연구개발의 편익과 사업의 편익이 구분되어야 할 것이다. 이러한 경우에 연구개발의 직접편익을 산정하기는 더욱 어려운 문제로, 이를 위해 대안으로는 연계되어 실시되는 후속사업에 대한 간접편익을 산정하는 방법을 강구하여야 한다.

4.3. 공공연구개발의 경제적 파급효과 분석 방법론 적용 사례

지질자원분야의 대도시 지역 지하수오염저감기술 연구사업(1998-2002) 및 공공기술 분야의 연구개발과제의 비용편익분석 결과를 남경희(2004)에서 공개하였다. 연구기관별 시범과제(총 8개 과제)에 대한 경제적 파급효과를 계량적으로 도출하였으며, 비용편익분석을 기본으로 비용편익비(Cost-Benefit Ratio), 사회적 수익률(SRR), 현재가(NPV)를 분석항목으로 하였다. 그리고 비용은 투입연구비 및 산출 가능한 간접비로 국한하는

Table 8. Implied Technology Evaluation Methods on Different Public technologies.

구분		가치추정방식	세부 방법	비고
시장	비시장 가치 접근법	비용접근법	감가상각 대체비용법	
		타 시장가치접근법도 적용 가능		
	시장 가치 접근법	시장접근법	거래사례참조법 상장주식참조법 로얄티참조법	항공우주, 에너지기술
		비용접근법	대체비용법 재생산비용법	건설기술
		소득접근법	현금흐름할인법 이익자본화법 자본비용법 다이나믹 DCF법 옵션반영DCF법 옵션가치평가법	
가상 시장		CVM(조건부가치측정법)-WTP를 근거로 산정		지질자원, 해양, 과기정보기술
		CEM(가상현실평가모형)		항공우주, 철도, 표준기술
		시장가치접근법도 적용 가능		

Table 9. Details and results of Implied Technology Evaluation Methods on Different Public technologies.

기술명	연구 기관	분석모형		순현가 (NPV) (억원)	비용 편익비 (BCR)	사회적 수익율 (SRR) (%)
· 대도시지역 지하수오염저감 기술개발	지질자원	CVM(조건부가치)(지불의사)		626	13.3	152.0
· 광양만 환경오염관리모델	해양	CVM(조건부가치)(지불의사)		892	20.6	185.7
· 심층정보분석연구	과기정보	CVM	시간가치	571	21.3	-
			지불의사	800	29.8	-
· 전자파 표준기술개발보급	표준	CEM(가상현실평가)		241	33.7	203.7
· 선미익형 소형항공기 핵심 기술개발	항공우주	CEM+시장접근법		737	10.2	78.0
· 스마트 레일 기술개발	철도	CEM(가상현실평가)		1,397-69,092	1.2 -20.9	10.9-121.4
· 차세대형 고출력 전기화학 축전지 기술개발	에너지	시장접근법(시나리오)		1조 5,540	104.0	-
· 장수명 합리화 바닥판개발	건설	비용접근법(생애주기비용)		2,110	77.2	-

것을 기본으로 하되 해당 기술별 연구진이 산정하였으며 편익 또한 해당 기술별 연구진이 산정하였다. 공공기술별 적용방법은 기술계열별로 상이한 결과를 보였다(Table 8). 지질자원기술, 해양기술, 과학기술정보기술의 경우 조건부가치측정법(CVM)을 사용하였으며, 항공우주기술, 철도기술, 표준기술의 경우 가상현실평가법(CEM)을 적용하였다. 그리고 항공우주기술은 가상현실평가법(CEM)과 시장접근법을 모두 적용하였으며, 에너지기술은 시장접근법을, 건설기술은 대체비용법 만을 적용하였다.

이러한 결과는 시범사업에의 적용을 통해 기관별 기술 특성이 반영된 경제성 분석 방법론이 선택된 것으로 보인다. 지질자원, 해양기술, 과학기술정보기술의 경우 해당 기술의 공공재적 특성으로 조건부가치측정법(CVM)이 적용되었고, 기존의 미국 사례와 같이 미국 표준기술원(NIST, 1998)에서 제시한 방법론인 가상현실평가법(CEM)이 표준기술 등에 적용된 것으로 보인다. 마찬가지로 건설기술의 경우도 비용접근법을 통한 기존의 연구를 통해 비용접근법이 선택되었다. 다른 기관에 비해 적용 시장이 명확한 항공우주기술과 에너지기술의 경우 시장접근법을 선택하였다.

앞서 제시한 바와 같이 본 분석대상 사례사업은 연구기관별 시범 사업을 대상으로 적용한 것으로서 적용된 분석대상기술 및 상세 분석모형, 시행 결과는 다음과 같다(Table 9). 조건부가치측정법(CVM)을 적용한 지질자원기술, 해양기술 경우 해당 기술의 연구개발 사업의 실행 및 해당 공공사업의 실행에 대한 지불의사를 추정하였다. 과학기술정보기술의 경우 또한 연구개발의 결과인 정보 제공 서비스에 대한 지불의사와 함께 연구개발 결과를 이용하는 것에 대해 대체로 시간가치에 대해서 조사하여 비교하였다. 항공우주기술, 철도기술, 표준기술의 경우 가상현실평가법(CEM)을 적용하여 해당 연구결과가 없을 경우의 산업체가 지불해야 할 비용을 추정하였다. 그리고 항공우주기술, 에너지기술은 시장접근법을 통해 해당 기술의 상업화시 예상되는 수익을 도출하였다. 건설기술은 비용접근법 중 생애주기비용(Life-Cycle Cost, LCC)을 도입하여 연구개발의 결과 발생하는 대안별 생애비용의 차이를 연구개발의 편익으로 가정하여 분석하였다.

대도시 지역 지하수오염저감기술 연구사업의 경제적 파급효과 분석사례에서 먼저 과제분석을 통해 연구대상 사업의 내용 및 범위, 연구결과, 연구성과를 파악하여야 한다. 연구성과(Outcome)는 연구개발로 인한 편익을 발생하게 하는 산출물로 연구성과(Outcome)가 명확히 제시되어야 연구개발의 편익 요소를 선정할 수 있다. 연구대상 사업의 투입(input), 연구결과(output), 연구성과(outcome)의 요소를 가시화하기 위해 기술개발자 및 사회 · 경제 전문가의 학제간 연구를 통해 Input-Output-Outcome Roadmap을 작성하였다. 그 결과 대도시지역 지하수 오염저감기술연구의 편익 요소는 해당 지역 지하수의 오염방지 및 복원개선 대책 방향 정립, 지하수의 음용화 시설 구축, 수문지질학 정보 구축, 지하수 체계적 관리를 위한 지하수법의 적용 기반 자료로 나타났다(Fig. 6).

대도시 지역 지하수오염저감기술 연구사업은 연구개발과 실행사업을 모두 포함하고 있는 사업으로, 지하수 음용화 시설구축은 실행 사업에 해당하므로 시설이용 당사자인 해당 주민의 지하수 음용에 대한 편익을 산정한다. 지하수 음용화 시설구축의 효과는 조건부가치측정법(CVM)을 적용하여 해당 시설 이용 주민을 대상으로 지하수 음용에 대한 지불의사액(Wiling To Pay, WTP)으로 추정하였다.

그리고 해당 지역 지하수의 오염방지 및 복원개선 대책 방향 정립, 수문지질학 정보 구축, 지하수 체계적 관

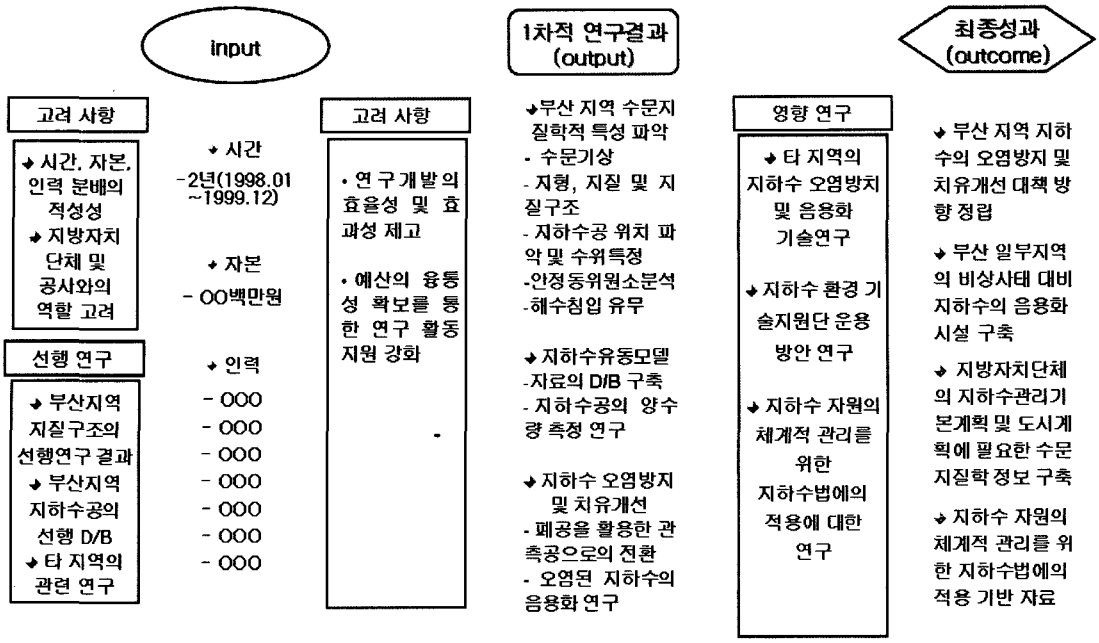


Fig. 6. Implied case of Input-Output-Outcome Roadmap on a R&D Project of Groundwater Remediation.

리를 위한 지하수법 적용 기반 자료의 연구개발 성과(outcome)는 연구개발의 성과물인 이론 및 방법론의 가치를 직접 산정하는 방법과 실시되는 사업과의 연계를 통해 간접적인 방법으로 산정하는 방법이 가능하다. 연구개발의 성과물인 이론 및 방법론의 가치직접 산정하는 방법을 적용하는 경우 최종수요자의 지불의사액(WTP)의 산정으로 정량화 할 수 있다. 관련 연구로 신중호(2005)의 경우 수요자의 관점과 차이가 있으나 우리나라 전체 수문지질도에 대해 공급자가 4조962억원- 6조282억원의 가치를 두는 것으로 나타냈다. 하지만 본 연구에서는 연구개발의 결과 사업이 시행된다는 가정 하에 연구개발의 편익은 이후 실시되는 사업으로 발생하는 편익의 일정분으로 산정한다. 실행 사업은 지하수 음용화 시설구축 이외에도 추가적인 사업의 추정이 가능하나, 본 연구에서는 지하수 음용화 시설구축의 편익에서의 해당 연구개발의 기여도를 조건부 가치평가법(CVM)을 통해 산정하여 적용하였다.

5. 결론 및 시사점

본 연구에서 경제적 파급효과 분석 방법론을 고찰하고 공공연구개발에 적절한 경제적 파급효과 적용 방법론과 사례를 살펴보았다. 민간의 연구개발사업은 제반 환경의 변화에도 불구하고 경제성만 확보되면 계속 추진하는 것이 일반적이나 공공 연구개발사업은 경제성과 별도로 정책 부합성을 항상 고려해야 하며 사업이 추진되는 과정에서 발생하는 직·간접 파급효과 및 혁신 시스템에 대한 기여를 면밀히 파악하여 사업의 확장 또는 축소 등을 결정하여야 한다. 결론적으로 공공연구개발의 시행은 경제성 파급효과 분석 이전에 타당성, 평가대상 연구사업의 기술의 특성을 감안한 연구성과 ·흐름지도(Input-Output-Outcome Roadmap)의 작성이 선행되어야 할 것이며, 연구성과(outcome)의 계량화를 위해 연구개발의 성과물인 이론 및 방법론의 가치직접 산정하는 방법, 이후 실행사업으로 발생하는 편익의 일정분 또는 비용의 저감분/편익의 증가분으로 산정하는 방법 중에 선택하여야 할 것이다.

편익요소 등 사회 · 경제적 파급효과 평가결과내용 발표 및 해석에 있어 특히 우리나라의 경우 정량화에 상대적으로 많은 노력을 기울이고 있으나, 연구성과(outcome)를 고려한 관점을 견지하는 것이 더 중요하며 정량화에 무리가 있는 경우 여러 의견을 수용하여 정성적 방법을 적절히 사용하는 것이 권장된다.

사 사

이 논문은 한국지질자원연구원 기본연구사업 '심부지열에너지 개발사업('06-3213)'에 의해 지원되었습니다.

참고문헌

권오상 (1999) 환경경제학, 덕영사, 489p.

김광임, 여준호, 정홍락, 정회성 (2002) 대규모 개발사업의 환경경제성 분석 도입방안I. 한국환경정책·평가연구원, p. 31-153.

김대형, 이경한, 김지환, 안은영 (2006) 영국지질조사소의 정량적 가치평가기법을 적용한 국내 지질도(1/50,000)의 비용편익분석 연구. 한국지구시스템공학회지 43권, p. 13-24.

김동건 (2003) 비용편익분석, 덕영사, p. 129-154.

김선근 (2002) 공공연구개발성과의 기술확산 메커니즘 분석과 정책방안 연구, 과학기술정책연구원, p. 27-36.

김재형 (2000) 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침연구, 한국개발연구원, 473p.

김정흠(1999), 기술가치평가의 개요., 1999년 기술혁신학회 콜로퀴엄, p. 1-6.

김지현 (2002), 환경을 고려한 하천정비사업의 비용편익분석, 국토계획 37, p. 189-201.

김홍배 (1997) 비용편익분석, 홍문사, 396p.

남경희 (2004) 공공연구사업 경제적 파급효과분석, 공공기술연구회, 367p.

설성수 (2002) 업종별 기술가치평가 기본모델 구축사업, 한국기술거래소, p. 168-201.

설성수, 김진호 (2002) 기술·기업가치평가 용어사전, (사)한국기술가치평가협회, 252p.

신중호 (2005) 지질자원기술정보 가치평가 및 기술국제화 연구, 한국지질자원연구원, 384p.

안소은 (2004) 환경자산의 정의와 분류, 한국환경정책평가연구원 환경포럼 8권, p. 1-4.

양현모 (2003) 기술가치평가 제기법과 활용방안, 기술이전 교류센터 사례 연구중심 기술가치평가 교육자료, 대덕밸리 공공기술이전 컨소시엄, 78p.

허은녕 (1999) 가치평가기법의 최근 동향-CVM, MAUA, 그리고 Real Option Pricing, 1999년 기술혁신학회 콜로퀴엄, p. 1-25.

Reedman, A.J., Calow, R., Johnson, C.C., Piper, D.P. and Bate, D.G. (2002), The Value of Geoscience Information in Less Developed Countries, British Geological Survey, 43p.

Perrion, B. (2002) Implementing the vision: Addressing changes to results-focused management and budgeting, OECD. 50p.

Cocking, J. (1992) Synthesis of Geological Survey Evaluations, Evaluation Report, Overseas Development Administration. 43p.

Ellison, R.A. and Calow, R. (1996) The Economic Valuation of BGS Geological Mapping in the UK, British Geological Survey. 25p.

Bernknopf, R.L. (1993), Societal Value of Geological Maps, U.S. Geological Survey Circular 1111, 52p.

2006년 10월 12일 원고접수, 2006년 12월 18일 게재승인.