

# 지질자원 기술 분야 경제 산업효과 추정모형 연구

안은영\*

## I. 서론

오늘날 연구개발사업 및 실행사업의 불확실성과 책임감있는 예산 사용을 이유로 사업 시행전후에 타당성 및 성과평가가 중요시 되고 있다. 지질자원(연)의 경우도 2003년 기관평가 시 자율적 특성화 성과평가지표를 제시한 이후에 성과목표기술서를 통해 연구사업의 성과로 결과효과(outcome, impact) 지표를 제시하고 있다. Ellion and Calow(1996), Bernknof(1993), Speelman(2004), 김선근(2003), 민철구(2009) 등 경제전문가들의 지질자원 분야 성과계량화에 대한 연구가 실행된 바 있으나 지질도 등 지질자원 기술 분야 일부에 대한 경제효과 분석이거나 전체 지질자원 분야를 대상으로 한 경우에도 중점 기술만을 대상으로 하다보니 지질자원 기술의 세부분야에 적용할 수 있는 성과계량화에 대한 연구가 부족하였다. 지질자원 분야의 성과지표에 대한 계량화 연구가 체계적으로 실시되지 않아서 지질자원 분야 기술개발자는 계량화한 성과 제시에 어려움을 겪고 있으며 자의적으로 성과를 제시하고 있는 실정이다. 본 연구는 기술개발자 및 연구재원 편당 기관, 실행사업 주체가 경제전문가의 계량경제 분석을 통하지 않고 자신이 수행하는 사업의 성과를 계량화할 수 있는 경제 산업효과 추정 모형을 개발하고자 한다. 지질자원(연)이 수행하는 기술 및 산업체, 대학 등의 지질자원 분야 전 분야의 기술을 포함하여 지질자원 기술별 경제 산업효과 발생 요인을 표준화하여 실행사업에도 적용할 수 있는 모형을 개발한다. 지질자원 분야 성과 분석을 통해 자원개발/공급효과, 해해·오염물질·CO<sub>2</sub>저감효과, 정보제공효과의 지질자원 분야 경제 산업효과 발생요인을 설정하고, 가격/시장 자료, 산업 자료 및 프록시 개발을 통해 지질자원 분야 연구개발사업 및 실행사업의 직접가치 및 국가 산업비용 저감, 매출증진 효과 도출과정을 제공하고자 한다.

## II. 본론

### 1. 지질자원 분야 성과 및 편익요소

#### 1) 연구개발의 성과 개념의 도입

Frascati Manual(OECD, 1993)은 연구개발사업의 성과지표로 에너지의 생산과 올바른 사용, 사회간접자본의 개발, 환경의 모니터링 및 보호(오염저감/오염의 식별·처리), 지구의 탐사 및 개척, 지식의 진보를 제시한 바 있다.

미국 에너지국(DOE)은 에너지 R&D 사업 효과측정 항목(Benefits Framework)으로 경제적 효과, 환경적 효과, 에너지안보 효과, 지식효과를 제시하고, 이미 실현된 효과와 함께 옵션가치와 구분하여 미래에 예상되는 효과를 제시하였다. 이러한 에너지 R&D 사업 분석틀을 적용하여 NREL(2004)에서는 각각의 에너지원에 대해서 간접적인 효과를 제외한 직접적인 경제적 효과, 환경적 효과, 에너지 안보 효과에 대해 구체화된 평가지표를 제시하였다. 또한 Lee et al.(2003), Komor and Bazilian(2005)과 USAID(2002)에서 추가적으로 계산가능한 지표를 제시한 바 있다. 이러한 측정지표를 재구성하여 정리한 결과는 다음 <표 1>과 같다.

\* 한국지질자원연구원 선임연구원, 042-868-3062, eyahn@kigam.re.kr

<표 1> 에너지 연구개발 사업 효과 측정 항목

	예상편익 (Projected Benefits)
경제적 효과 (Economic Benefits)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 에너지소비저감을 통해 발생한 에너지비용 저감</li> <li>○ 에너지 관련 서비스 비용 절감 효과</li> <li>○ 에너지 절약을 통한 spillover 효과 및 거시경제 효과 등</li> <li>○ 지역 경제 발전에 기여하는 효과, 고용증대효과 등</li> </ul>
환경적 효과 (Environmental Benefits)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 환경유해물질 배출 저감으로 인한 사회적 비용 저감</li> <li>○ 환경관련 정보제공 등 관련 규제 및 정책개발 기여효과 등</li> <li>○ 폐기물 재활용 효과</li> <li>○ 이산화탄소 저장 및 감소효과 등</li> </ul>
에너지안보 효과 (Security Benefits)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 에너지 수입비용 절감</li> <li>○ 필요한 에너지를 적정 가격에 구입하는 데 기여하는 효과</li> <li>○ 안정적 에너지공급을 통해 사회에 기여하는 효과 등</li> </ul>
지식효과 (Knowledge Benefits)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 새로운 지식, 아이디어 및 연구기법개발</li> <li>○ 전문인력 양성 및 보급 등</li> </ul>

미국의 경우 이장재(2003)에서 나타낸 것과 같이 연방세금의 48%가 낭비라는 1993년도의 여론 조사결과와 HUD(Housing and Urban Development) 사건 등으로 인해 사업의 산출(output) 측면의 지표보다는 결과(outcome) 측면의 지표를 요구하고 있다. 우리나라에서는 2000년부터 성과관리제도 시범사업의 경험을 바탕으로 2003년부터 성과관리제도를 시행한 바 있다. 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 있다. 국내에서도 이러한 관점으로, 이철원(2001)은 정부출연 연구원의 경영활동은 사회경제적 수요에 부응한 연구개발 및 관련 지원사업을 효과적, 효율적으로 추진하는 것이며, 여기서 효과적이라는 것은 고객(또는 잠재고객) 수요를 충족시키는 성과를 창출한다는 의미라고 하였다.

박종봉 외(2000)는 표준화 연구개발사업을 대상으로 이전의 연구개발 성과에 대한 논의를 종합하여 산출 차원에서 성과와 결과 차원에서 성과를 도출한 바 있다. 1차적 성과인 산출물의 활용 및 적용을 통해 발생하는 2차적 성과인 결과를 기술적 파급효과와 경제적 파급효과로 구분하고 기술파급효과의 정량적 지표로서 기술이전 건수, 산업재산권 건수, 라이선스 건수, 기술료 총액, 경제파급효과의 경우는 제조원가절감액, 제품화 건수, 시장점유율, 수입대체효과로 나타내었다. 그리고 정성적 지표로서 기술파급효과는 기술보급, 기술확산, 기술대체, 기술수출로 나타내었고 경제파급효과의 경우 품질향상, 수익성 증대, 경쟁력 강화로 지표화하였다.

## 2) 지질자원 분야 연구개발의 성과

우리나라 공공연구개발 기관에 대한 평가로 2003년도의 평가는 이전과 달리 각 연구기관별 고유한 특성을 반영할 수 있는 연구사업 성과를 자율적으로 제시하되, 그 연구사업 성과의 우수성을 판단할 수 있는 합리적이고 객관적인 기준을 기관 자체에서 정하게 하였다. 이는 연구개발에 대한 단순한 목표달성도 평가를 넘어서서 연구개발 성과의 제시와 그에 대한 평가를 시행하고자 한 것이었다.

이미 선진국에서는 공공연구원의 연구개발의 평가 시 연구성과(outcome)의 개념을 도입하여 단순히 연구결과에 대한 평가 뿐 만 아니라 성과를 평가하고 있었다. 영국의 연구회 체제에 대한 문헌조사 및 영국의 지질조사 기관인 BGS(British Geological Survey)에 종사한 기술개발연구자를 대상으로 BGS의 연구사업 평가지표를 입수하여 분석하였다. BGS는 상위 기관인 자연환경연구회(Natural Environmental Research Council, NERC)를 통해 다음과 같이 연구사업에 대한 평가를

시행하고 있다. NERC는 수행중인 또는 종료 연구과제의 목표 달성도 연구성과물, 관련 분야에의 기여도 등을 종합적으로 판단하여 단기적인 연구결과(output)를 판단함은 물론 좀더 장기적인 관점에서의 해당 연구사업 자체의 파급효과(impact)까지도 판단하고자 노력하고 있다. 결과 평가(output evaluation)와 영향 평가(impact evaluation)를 동시에 시행하는 것으로 볼 수 있다.

NERC의 연구사업을 평가하는 주요 목적은 1) 연구개발 사업의 목표 달성 여부, 2) 연구사업의 결과(results)가 해당 과학기술분야의 발전에 기여하는 정도, 3) 연구사업으로부터 발생하는 각종 유형의 효용(benefits), 4) 연구사업을 통해 지원되는 연구비의 부가가치 달성 정도, 5) 연구 산출물(research outputs)의 질적 수준 및 정도 등을 판단하고자 하는 것으로 밝히고 있다. BGS의 연구프로젝트는 BGS/NERC 전략과의 적합성을 나타내는 매력도(attractiveness)와 BGS의 성공적인 프로젝트 수행을 위한 능력인 효과성·유연성으로 평가된다.

매력도(attractiveness)의 평가지표는 제안된 프로젝트의 직접적·유의한 기여, BGS/NERC의 산출 및 성과 지표에 대한 정성적인 효과, BGS의 고객·연구협력자·다른 서비스 공여자의 연구사업 투입으로 구성된다.

제안된 프로젝트의 직접적·유의한 기여는 1) BGS 전략에서 제시한 공공재(자원, 환경, 재해)에 기여하는가, 2) Project Development Group의 추천에 기여하는 것인가, 3) NERC의 장기전망에서 제시한 정부의 정책 목적(부의 생성, 삶의 질)에 기여하는가, 4) 직접적으로 혁신적 과학적 지식능력의 제고에 기여하는가, 5) 직접적으로 현존하는 과학적 지식능력의 향상에 기여하는 내용인가, 6) 국내외의 지구과학적 지식을 향상시키는 것인가 7) 이전의 프로젝트들의 흐름에서 비평적인 정보를 담고 있는가로 평가된다.

BGS/NERC의 산출 및 성과 지표에 대한 정성적인 효과는 1) 편찬물(BGS의 편찬물, 지도, 데이터베이스)을 산출하였는가, 2) NERC의 뉴스나 BGS의 연별 보고서에 게재될 만한 특출한 성과를 기대할 수 있는가, 3) 특허를 이끌어낼 수 있는가, 4) 프로젝트 수행이후 새로운 연구비 수익원을 이끌어 내는가, 5) BGS의 대민 과학 이해에 대한 특출한 기여를 하는가로 평가된다.

BGS의 고객, 연구협력자, 혹은 다른 서비스 공여자의 연구사업 투입은 1) BGS 위원회 이외의 다른 자문위원회로부터 도출된 것인가, 2) 연구협력자 혹은 사용자가 프로젝트 일원으로 활발하게 참여하는가, 3) 정부, 산업, EU의 기관으로부터 지지된 매력적인 부분이 있는가, 4) BGS와 프로젝트 파트너의 실질적인 기술 교환이 있는가, 5) 외부 예산의 비율(없음, 1~10%, 10~30%, 30~60%, 60%이상)로 평가된다.

효과성·유연성 지표는 BGS의 연구개발을 수행하는 핵심능력, 연구자원을 나타내는 지표로 1) 프로젝트/서비스는 BGS의 중점 활동과 연관이 되는가, 2) 동종 분야 질적 생산물/서비스를 도출하는 지난 연구결과를 가지고 있는가, 3) 적절한 시설과 설비를 보유하든지 파트너를 통해 구할 수 있는가, 4) 적절한 능력있는 연구진을 보유하고 있든지 파트너를 통해 구할 수 있는가, 5) 명확하고 잘 정의되며 동의가 된 연구성과 스케줄이 있는가로 평가된다.

일본 산업기술종합연구소의 중기목표 및 중기계획, 연간계획 분석을 통해 일본 지질자원 분야 연구개발 성과에 대해 알아본다. 산업기술종합연구소 기획본부와 평가부 근무자 및 지질정보연구부부장, 지질조사정보부장 등과 면담 및 관련 문헌 수집을 실시하였다. 산업기술종합연구소는 구 통상산업성 공업기술원 산하 15개 국립연구소 등 16개 기관을 통합하여 총 3,200여 명의 연구인력 및 지원인력을 보유하고 있는 일본 최대의 연구기관으로 생명과학·기술분야, 정보과학·기술분야, 환경에너지과학·기술분야, 나노기술 및 재료제조 분야의 산업응용연구분야와 함께 지질조사 및 지질해양과학·기술 분야, 표준계측기술분야의 사회기반연구분야를 연구 대상으로 한다.

산업기술종합연구소는 산업응용연구와 사회기반연구를 실시하는 연구기관으로 과학기술연구의 성과를 기반으로 하여 새로운 산업기술을 창출하기 위해, 일반 기초 과학기술연구와 산업기술의 중간 단계의 연구를 제2종 기초연구라 명칭하고 해당 연구개발을 추진하고 있다. 제2종 기초연구의 결과는 논문, 특허 등의 산출(output)에 머무르지 않고 사회에서 가치를 가지는 제품(outcome)으로 나타나므로, 산업기술종합연구소의 모든 연구분야에서 제품(outcome)을 만들어낼 것으로 보

고 있다.

산업기술종합연구소의 중기목표와 중기계획을 살펴보면 논문, 특허 이외의 표준, 지질정보를 명시하고 있음을 알 수 있었다. 그리고 지질분야의 중기목표와 중기계획에서 지질도·지구과학도 작성, 정보의 수치화·표준화·데이터베이스의 정비, 지질정보의 제공, 지질조사를 위한 기초·기반연구로 연구사업 별로 구분되어 있으며, 상세 내용 또한 목표 기술 및 정보 제공으로 나타나 있다. 산업기술종합연구소 전체의 성과확산으로 지정되어 있는 지질정보의 제공을 위해, 지질분야에서는 일련의 전략목표 및 성과목표를 제시하고 있다. 중기목표, 중기계획, 연간계획은 전략목표 및 성과목표, 구체화된 성과목표(성과지표), 연간성과목표(성과지표)의 관계로 볼 수 있으나, 이는 결과(outcome) 측면의 지표라기보다는 활동 및 산출(Activity/Output) 중심의 지표로 볼 수 있다. 하지만 이러한 활동 및 산출(Activity/Output) 중심의 지표는 성과(outcome)를 고려한 구체적인 산출 지표로 볼 수 있다.

2003년 지질자원(연)은 공공연구개발의 특성을 반영하여 대학, 산업계 및 기술평가 전문 위원으로 구성된 자문위원회의를 활용하고 기술개발자와 함께 논문 및 특허뿐만 아니라 연구개발의 특성을 반영한 성과지표를 개발하고자 하였다. 기존의 기술거래에 기반을 둔 기술가치 측면의 성과가 아니라 공공연구기관의 기반연구 분야의 필요성 관점에서 연구개발의 성과에 대해 접근하고자 하였다. 한국지질자원연구원(2004)의 자체평가보고서에서 제시한 바와 같이, 기존의 지질기반정보의 산출 측면의 국가기본지질도, 간행물, DB를 포함하여 성과(outcome, impact) 평가지표로 국가 기간사업에의 활용 실적 및 국가 공익 과급 실적 등으로 지표화하였다. 그리고 국가 요구사업의 신속대처 및 해결능력을 방사성폐기물처분장 부지선정 외의 공익기여도로 제시하였다. 국토환경보전 분야는 재해유형별 예측·평가기술 수준 및 주제도·DB 구축 수준, 지자체·정부·산업계 기여 실적으로 지표화하였으며, 시험분석지원 및 대외활동 분야는 실적 및 질적 개선 수준으로 과학 기술문화 확산활동과 대민 시험분석 지원활동을 나타내었다. 국제기구한국대표활동은 결과 측면의 성과로 지질자원 관련 국제기구의 선도적 활동 실적과 대정부정책지원 실적으로 구체화하였다.

2010년 지질자원(연)의 연구사업 성과목표기술서 제출 시 기존 2009년 평가의견에 따라 연구사업의 효과(impact) 지표를 재검토하였다. 임무형 사업의 기관별 고유임무 및 기능과의 부합성을 강화하기 위해 정부 정책 지원·제안, 법/시행령/시행규칙 제정·개선 지원, 정부·지자체·공기업 등의 공공사업 실행화, 기술진보로 인한 이용자 증대 효과 제시를 위한 공공적 과급효과 지표를 신설하였다. 그리고 실용적 성과목표 달성을 위해서 산업계연계형과 임무형 사업에도 대상 기술의 활용 가능성 및 효과성을 고려하여 기술실용화, 산업/기업 기술적 문제해소, 산업기술력 향상 효과를 제시하는 산업적 과급효과 지표를 제시하였다. 창의연구형 사업은 창의적 연구발전 확산/기술개척효과로 효과(impact) 지표를 제시하였다.

이러한 연구개발사업의 성과지표 및 지질자원 분야 연구개발의 성과지표에 대한 분석 결과를 종합하여, 지질자원기술 분야 경제 산업효과 발생요소를 자원개발/공급효과(수입대체효과), 재해·오염물질·CO<sub>2</sub>저감효과, 정보제공효과(산업비용감소, 매출증진 효과)로 설정하였다. 본 모형에서 개발되는 경제 산업효과는 지질자원기술 분야 연구개발사업의 성과(outcome, impact) 지표의 측정을 위한 정량화 모형이나 에너지개발사업, 국토환경보전사업 등의 지질자원분야 실행사업의 경제 산업효과 도출에도 적용가능할 것이다.

## 2. 지질자원 기술 분류

본 경제 산업효과 도출 모형에서 적용하는 지질자원 분야 기술 분류를 위해 기존 한국지질자원연구원(2010)의 KIGAM 기술분류 및 산업자원부(2006)의 중점분야를 기반으로 하였다. 그리고 지식경제부와 국토해양부 2011년도 업무계획의 자원서비스산업 육성, 해외 공동 진출 등 최근의 국가 정부정책을 반영하여, 산업시장분석을 위한 자원기술 8개 대분야 27개 세부분야를 <표 2>와 같이 제시하였다.

<표 2> 지질자원 기술 분류

2018 KIGAM 발전전략(TRM) 기술 분류			지질자원 전분야 포괄 수정 분류	산업/시장조사 후 최종 적용 분류
대분류	중분류	소분류		
광물자원 확보	광물자원 조사· 탐사	1.지질/광상조사 2.고정밀광체탐사기술 3.원격탐사/GIS기술	1.지질/광상조사 2.고정밀광체탐사기술 3.원격탐사/GIS기술 <b>4.지반/환경(광해)조사</b>	<b>1.지질/지반환경조사탐사 기술</b> 2.원격탐사/GIS기술
	광물자원 개발	4.육상광물자원개발기술 5.해저광물자원개발기술 6.행성광물자원개발기술	5.육상광물자원개발기술 6.해저광물자원개발기술 7.행성광물자원개발기술	3.육상광물자원개발기술 <b>4.해저광물자원개발기술</b> 5.행성광물자원개발기술
	광물자원 활용	7.비금속활용기술 8.금속고순도화기술 9.원료소재고기능화기술 10.녹색/순환자원개발기술	8.비금속활용기술 9.금속고순도화기술 10.원료소재고기능화기술 11.녹색/순환자원개발기술 <b>12.자원서비스기술</b>	6.비금속활용기술 7.금속고순도화기술 8.원료소재고기능화기술 9.녹색/순환자원개발기술 10.자원서비스기술
에너지 자원 확보	재래석유 가스자원 기본기술 고도화	11.탐사고도화 기술 12.저류층 운영관리기술 13.회수증진기술	13.석유가스탐사고도화기술 14.석유가스 저류층 운영 관리기술 15.석유회수증진기술	<b>11.석유가스탐사/운영 관리기술</b> 12.석유회수증진기술
	비재래 석유가스 자원 개발	14.비재래석유 개발기술 15.비재래가스 개발기술 16.가스하이드레이트 탐사/개발기술	16.비재래석유 개발기술 17.비재래가스 개발기술 18.가스하이드레이트탐사 /개발기술	13.비재래석유개발기술 14.비재래가스개발기술 15.가스하이드레이트 개발기술
	미래 에너지자 원 개발	17.심해저 개발기술 18.극한지 개발기술 19.지열에너지자원개발 기술	19.심해저 개발기술 20.극한지 개발기술 21.지열에너지자원 개발기술	16.지열에너지자원 개발기술
지구환경 변화· 재해 대응	지구환경 변화 대응	20.CO <sub>2</sub> 지중저장/광물 탄산화기술 21.기후변화추적/적응기술 22.지하암반내저장기술 23.지하수자원개발기술	22.CO <sub>2</sub> 지중저장/광물 탄산화기술 23.기후변화추적/적응기술 24.지하암반내 저장기술 25.지하수자원개발기술	17.CO <sub>2</sub> 지중저장/광물 탄산화기술 18.기후변화추적/적응기술 19.지하암반내 저장기술 20.지하수자원개발기술
	지진/지질 재해 저감	24.지진재해 저감기술 25.지질재해 저감기술	26.지진재해 저감기술 27.지질재해 저감기술	21.지진재해 저감기술 22.지질재해 저감기술

27개 분류를 기반으로 정지복(2011)에 의해 자원산업시장 조사를 실시한 결과, 기존 광물자원 조사·탐사 대분류의 지질/광상조사, 고정밀광체탐사기술, 지반/환경(광해)조사 세부분류는 산업시장을 분리하기 어려움을 알 수 있었다. 재래 석유가스자원 기본기술 고도화의 세부분류인 석유가스탐사고도화기술과 석유가스 저류층 운영관리기술도 마찬가지였다. 해저광물자원개발기술, 심해저개발기술, 극한지개발기술의 세부분류 또한 기술적, 전략적으로 구분된다고 하여도 현재 산업시장을 분리하기 어려웠다. 따라서 본 모형에서 적용한 지질자원 분야는 <표 2>와 같이 세부 22개 분류로 나누어진다.

위 지질자원 기술 분류에 따라 기존 경제효과 분석 연구 모형 및 결과 자료, 기술기여도를 데이터베이스화하여 본 경제 산업효과 도출 모형을 이용하는 기술개발자 등에 제공한다. 그리고 도출된 지질자원기술 분야에 따라 앞서 제시한 자원개발/공급효과, 재해·오염물질·CO<sub>2</sub>저감효과, 정보제공효과의 경제 산업효과 발생요소를 구분하여 해당 경제효과를 산출하게 한다.

### 3. 편익요소별 경제 산업효과 추정

연구개발사업은 후속의 상업화 및 실행사업에 지식정보를 제공하는 것으로 에너지개발사업의 편익과는 구분되어야 할 것이다. 본 연구에서는 연구개발사업의 효과 추정 방법으로 개발기술 및 정보 등의 산출물에 대한 직접적인 가치 산정 방법과 이후 실시되는 상업화 및 실행사업과의 연계를 통해 산정하는 간접적인 방법으로 구분한다. 이러한 방법은 다음과 구체적으로 나타낼 수 있다.

먼저 연구개발의 결과물(기술 및 산출물)의 직접 가치 추정 방법은 연구개발 결과인 기술에 대한 무형자산 가치평가 방법 중 시장에서 직접 관측가능한 이전·거래금액을 산정하는 것에 해당된다. 경제적 가치 환산법 중 시장접근법으로 구분되는 방법으로, 실제 연구개발 결과물인 기술의 거래시장이거나 유사 거래시장이 존재하는 경우 그 거래가격으로 가치를 산정할 수 있다. 또한 비용접근법을 통해서 연구개발 결과물의 생성 비용을 고려한 대체생산비용 및 재생산비용을 추정하는 방법이 있다. 이익접근법을 통한 연구개발 결과물의 가치 산정 방법은 장래 얻을 수 있는 수익을 통해 해당 기술의 가치를 산정하는 방법이다. 실제로 예상되는 수익의 가치를 측정하므로 정확하나 미래의 수익 예측에 대한 자의성 및 오류에 대한 한계를 가지고 있다.

유형의 연구개발의 결과물에 대한 단순한 예로써, 한국지질자원연구원(2004)에서는 지질조사사업의 결과물인 지질도의 판매금액으로 해당 연구개발사업의 부분적인 가치를 산정한 바 있다. Ellison and Calow(1996)는 지질정보를 국가 기본자료로 간주하여, 영국 정부기관이 관련 에너지 자원개발사업의 계획과 적용을 고려하는데 연간 4일을 소비한다고 가정하여 정부기관 관료의 시간가치를 통해 에너지자원개발사업에서의 지질정보의 가치를 산정하였다. 이렇게 연구개발의 결과물의 가치를 발생에 따른 기회비용을 산정하는 방법도 이 분류에 포함된다.

연구개발의 실시 유무와 관계없이 이후 후속사업이 진행된다는 가정 하에, 연구개발이 시행된 경우와 연구개발 없이 시행된 경우의 실행사업의 경제적 효과 차이로 연구개발사업의 효과를 산정할 수 있다. 이는 연구개발의 편익은 실행사업 시 발생하는 비용의 저감분 및 편익의 증가분으로 산정된다. Reedman et. al.(2002)은 지하수탐사사업을 대상으로 수문학 정보의 유무에 의해서 시추 성공률 변화를 계량화하였다. 이것은 지질정보의 가치를 개발사업의 성공률의 증가로 본 것으로, 연구결과 수문학 정보가 없을 경우 751,000 파운드의 비용이 더 들었으며 이는 수문학 정보가 있을 경우의 1.3배의 비용이 든 것으로 나타났다. Falvey and Westhead(2005)는 지열이용열펌프 설치 최적시스템 설계 효과로 지질조사 및 시추비용의 5%를 저감한다는 결과를 발표하였다.

영국지질조사소의 Ellison and Calow(1996)는 자원개발정책 및 관리 의사결정시 지질정보가 기여하는 가치를 총광산물 생산액의 0.1%로 산정하였으며, 광업사업자들의 자원탐사 및 개발과정에 있어서 유발시키는 편익을 광산물 총 산출액 중 0.05%로 산정하였다. 따라서 자원개발정책·관리 및 광산물/골재 생산에서 지질정보의 기여도는 광산물 총 생산액의 0.15%로 산정된다.

Ellison and Calow(1996)는 지질도의 가치를 일부 산업을 대상으로 상업화/실행사업 비용의 저감분 및 편익의 증가분으로 산정하였다. 김선근(2003)과 김대형 외(2006) 또한 국내 지질도 발간의 가치를 영국지질조사소(British Geological Survey)의 Ellison and Calow(1996) 모형을 적용하여 국내 산업 효과를 산정하였다. 사회간접자본 건설사업은 대부분 국토의 활용을 통해 이루어지는데, 이를 위하여 지질정보의 활용은 필수적으로 필요하다. Ellison and Calow(1996)는 사회간접자본 건설에 대한 지질도의 기여가치를 사회간접자본 시설 투자 시 지질조사비용의 25%로 추정한다. 또한 폐기물 처리장 입지 선정 및 평가에 있어서도 지질학적 적합성 여부에 대한 판단이 매우 중요하며, 지질도는 이러한 지질정보를 제공하는 기초자료이다. Ellison and Calow(1996)에 따르면 지질정보는 폐기물 처리장 입지 평가비용의 40%, 입지 조사비용의 10%를 절감하는 것으로 분석하였으며, 그 결과 폐기물처리장 입지 선정 및 평가에서 지질정보의 기여가치는 총 설계비용의 5%를 차지하는 것으로 산정하였다.

지질도는 연안관리 및 정비에 활용될 수 있는데, Ellison and Calow(1996)는 단위 연안관리계획 수립 시 지질도의 기여가치는 연간 1500파운드로 추정하였으며, 실제 연안관리 사업 실행 시 지질

도의 기여가치는 총 투입 사업비의 0.05%로 산정한 바 있다. 지질정보는 환경영향평가의 필수 항목으로 위 연구의 경우 환경영향평가관련 지질도의 기여가치를 5%로 가정하였다. 그리고 지하수 조사 및 개발 관련 지질정보의 가치는 지하수관련 총 시추비의 5%로 산정하고 있다.

기존 기술가치평가에서 기업의 창출 수익에 기술기여도를 적용하는 기술요소법(technology factor)에 기반하여 연구개발의 결과 사업이 시행된다는 가정 하에, 연구개발의 편익은 이후 실시되는 사업으로 발생하는 편익의 일정분 혹은 비용의 감소분으로 볼 수 있다. 기술요소법(technology factor)은 직접적인 연구개발 결과로 인한 이익이 아니라, 이를 이용해서 기업이나 산업에서 발생한 이익에서 기술이 차지하는 비율을 산정하는 방법이다. 이는 연구개발 결과인 기술에 대한 경제적 가치환산법 중 시장에서 관측 가능하지 않은 로열티를 산정하는 것이 해당된다. 기존의 전통적인 기술기여도법은 자본, 경영, 노동, 기술이 일정한 기여도를 가진다는 가정 하에 기술이 기업의 수익에 기여하는 비율을 25%로 선정 하였으나 기술기여도에 대한 실질 연구로 특정한 기술기여도를 제시하고 있다.

해당 기술 시장의 로열티율이 있는 경우 시장접근법으로 구분하는 것이 적합할 것이다. 해당 기술 시장이 존재하지 않거나 로열티율 자료가 없는 경우, 해당 기업 및 사업의 투입비용 분석을 통해 비용투입비로 기여도 설정이 가능하다. 또한 주관이 개입될 여지가 있으나 AHP 등을 설문조사 기법을 적용하여 고도화된 설문조사를 통해 기여도 산정이 가능하다.

기술기여도를 이용한 지질자원 기술 및 정보의 산업효과 추정을 위해서는 토목건설산업, 지하수 및 에너지자원개발산업을 대상으로 해당 산업의 부가가치 및 시장매출을 기준가치로 기술기여도를 산정하는 것이 적절할 것이다. 기존 연구를 살펴보면, 지질자원 관련 산업의 부가가치의 기술기여도 분석은 국가 수준 및 산업 수준에서 실시되고 있다. 연구방법을 공개하지 않은 경우가 많으며, 한국지질자원연구원의 수행 연구는 설문조사 방법에 기반한 경우가 대부분이다.

또한 상업화/실행사업 비용의 저감으로 산정하는 방법으로는 산업의 투입비용 자료가 기준가치로 요구될 것이다. 지질자원 관련 산업의 투입비용 분석은 경제성 평가 등을 이유로 개별 사업 수준에서 실시되고 있다. 국가 및 산업 수준의 투입비용 추정을 위해서는 국내 자원산업의 경우 해외자원개발사업 투입비용 자료를 기준으로 하거나 토목건설산업의 경우 건설수주액을 기준으로 볼 수 있다. 재해분야의 경우 인위재해 및 자연재해 발생으로 지출되는 비용으로 볼 수 있다.

## 1) 자원개발/공급효과 추정

지질자원 분야 연구사업 및 실행사업의 수행으로 인한 자원개발/공급효과는 광물자원, 석유가스 자원, 전력, 수자원으로 지질자원 분야의 공급가능한 자원을 분류하여 해당 자원의 개발량 혹은 공급량에 따른 가격지표를 적용하여 화폐화 할 수 있다. 본 모형에서는 광물자원, 석유가스자원, 전력, 수자원의 가격자료를 데이터베이스화하여 보유하여 기술개발자 등이 산정한 자원개발량 혹은 자원공급량에 따른 가치를 산출하도록 한다. 해당 항목의 자원개발량/공급량 산출이 어려운 경우 해당 지표의 프록시로 국내수입량 혹은 국내소비량 대비 비율을 가정하여 경제효과를 도출할 수 있도록 하였다.

이러한 추정 방법으로 자원개발/공급효과를 산출하기 위해 본 연구에서는 석유가스, 광물자원은 <표 3>과 같이 국내수입량과 국내소비량, 가격(수입단가)을 대상으로 데이터베이스를 구축하였다. 광물자원 분류 기준은 한국지질자원연구원(2010)의 자원총람에 따랐다.

전력의 경우도 전력 저장 및 전력 생산에 따라 기술개발자 등이 산정한 전력공급량에 따른 가치를 산출한다. 전력공급량의 추정이 어려운 경우 해당 지표의 프록시로 국내판매량 대비 비율을 가정하여 전력 공급의 경제효과를 도출한다. 2000년-2009년의 전력판매량 및 판매단가는 국가에너지통계종합정보시스템의 자료를 수집하였으며 2010년 자료는 한국전력공사(2011)의 한국전력통계에서 구하였다. 마찬가지로 모형으로 수자원공급에 따른 가치를 계량화하며, 국내 상수도 공급량 및 단가는 환경부(2010)의 2009년 상수도 통계에 의하였다. 또한 병입수 공급량과 단가는 제주특별자치

치도 수자원본부(2007)의 자료에서 수집하였으며, 매년의 병입수 공급단가 자료 수집의 한계로 수집된 자료에서 GDP 디플레이터를 적용해 매년의 가치를 산정하였다.

<표 3> 석유가스 및 광물자원 시장자료 데이터베이스 구축

분류	광물자원	수록연도	수록자료	출처
에너지 자원	석유	2004-2009	수입량, 소비량, 수입 단가	자원총람, 2010
	천연가스	2001-2010	수입량, 소비량, 수입 단가(연도별 수입금액 /수입량으로 계산)	국가에너지통 계종합정보시 스템
	석탄(무연탄)	2005-2009	수입량, 수입단가	국가에너지통 계종합정보시 스템
	석탄(유연탄)	2005-2009	수입량, 수입단가(연 도별 수입금액/수입량 으로 계산)	국가에너지통 계종합정보시 스템 자원총람, 2010
귀금속, 연마재자 원	금(Au 99.9%), 은(Ag 99.9%), 백금, 금강석(다이아 몬드)	2005-2010	수입량, 수입단가(연 도별 수입금액/수입량 으로 계산)	광산물 수급현 황, 2010
기초금속 자원	동광(Cu 25-29%), 연광(Pb 50%), 아연(Zn 50%)	2005-2010	수입량, 수입단가(연 도별 수입금액/수입량 으로 계산)	광산물 수급현 황, 2010
	주석광(각급)	2010		
철강원료 자원	망간광(30%>), 몰리브덴광 (MoS2 90%), 텅스텐광 (WO3 70%)	2005-2010	수입량, 수입단가(연 도별 수입금액/수입량 으로 계산)	광산물 수급현 황, 2010
	코발트	2007-2010		
	니켈	2007-2009		
	철광(56-65%), 크롬광(각급)	2005-2010		
경금속 자원	알루미늄광, 마그네슘/마그네 사이트(비금속, 각급), 티타 늄광(각급)	2005-2010	수입량, 수입단가(연 도별 수입금액/수입량 으로 계산)	광산물 수급현 황, 2010
화학공업 원료자원	인광석(각급), 유황(각급), 형 석(CaF2 70), 석회석(각급), 장석(각급), 중정석(각급)	2005-2010	수입량, 수입단가(연 도별 수입금액/수입량 으로 계산)	광산물 수급현 황, 2010
전자공업 원료자원	운모(각급), 규사(각급), 규조 토(각급), 납정석(각급), 흑연 (인상/토상, 각급), 고령토(각 급)	2005-2010	수입량, 수입단가(연 도별 수입금액/수입량 으로 계산)	광산물 수급현 황, 2010
내화재 자원	납석(각급), 활석(각급), 불석 (각급), 규회석(각급), 질코늄 광(각급)	2005-2010	수입량, 수입단가(연 도별 수입금액/수입량 으로 계산)	광산물 수급현 황, 2010

## 2) 재해 · 오염물질·CO<sub>2</sub>저감효과 추정

지질자원 분야 연구사업 및 실행사업의 수행으로 인한 재해 · 오염물질 · CO<sub>2</sub>저감효과는 해당 항목의 저감량에 따라 단위 비용 및 가격을 통해 화폐화 할 수 있다. 본 연구에서는 오염물질로 대기오염물질에 한정하여 단위 비용을 도출하며 CO<sub>2</sub> 또한 사회적 비용을 야기하는 물질로 보고 단위 가치 자료를 도출하여 연간 자료를 데이터베이스화한다. 해당 항목의 저감량 산출이 어려운 경우 해당 지표의 프록시로 국내방출량에 대한 비율을 이용하여 산업 경제효과를 도출한다. 재해의 경우 단위 비용의 계량화 연구가 미진하여 시장지출비용에 대한 비율로 그 가치를 산정한다. 오염물질은 사회적 비용으로, CO<sub>2</sub> 가격은 거래가로 1999년-2007년도의 수록연도를 가진다.

오염물질의 경우 산업자원부(2002), 강만옥과 이상용(2004), 안은영, 김성용, 송운호(2005)의 연구 사례와 같이 대기오염물질 배출의 사회적 비용 효과 산정 방법을 적용하였다. 국립환경과학원의 대기오염물질 정의에 의하면 대기오염물질은 크게 기체상 물질과 입자상 물질로 구분된다. 기체상 물질에는 이산화탄소, 질소산화물(NO<sub>x</sub>), 황산화물(SO<sub>x</sub>), 탄화수소(HC) 등이 있으며, 입자상 물질에는 먼지, 매연, 연무, 검댕 등이 있다. 국가 대기오염 배출량에서는 다양한 대기오염물질 중 환경기준 대기오염물질(황화합물, 질소산화물, 일산화탄소, 먼지) 및 휘발성 유기화합물(VOC) 등에 대한 배출량 자료를 제공하고 있다. 2011년 현재 2007년까지 배출량 통계를 제공하는 관계로 본 연구에서의 단위 비용의 제시연도 또한 2007년까지로 한정한다.

대기오염물질의 단위당 사회적 비용을 산정하기 위해 미세먼지, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>는 UNEP Markandya (1998)의 비용 자료를 적용하였으며 CO, VOC는 한국과학기술원 테크노경영대학원(1998)에서 SO<sub>2</sub>를 기준의 오염물질별 대기위해도 지수를 활용하여 단위당 대기오염의 사회적 비용을 추정하였다. UNEP는 미세먼지, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>에 대해서 이들의 배출로 인해 초래되는 질병유발, 노동 및 농어업 생산성 감소, 구조물 부식 등의 인적, 물적 피해의 모든 비용을 고려하여 대기오염의 단위당 사회적 비용의 상·하한을 추정하였다. 본 모형에서는 두 추정치의 평균값을 활용한다. 이들 수치는 1996년 달러화 가치로 추정된 것으로 1996년도의 대미평균환율을 사용하여 달러 단위를 원단위로 바꾸고, 1996년 기준의 한국 GDP 디플레이터로 1999년~2007년의 각각의 인플레이션을 반영한 사회적 비용을 책정하였다(표 4).

세계 각국은 1992년 리우 세계환경정상회의에서 기후변화협약을 채택함으로써 온실가스감축과 지구온난화 방지를 위한 국제적 노력을 개시하였으며 선진국들은 온실가스 배출량을 1990년 수준으로 감축하는 노력을 해나가기로 합의하였다. 우리나라는 1993년 12월 기후변화협약에 가입하였으며 우리나라에 대한 조기의무부담 압력이 가중될 전망이다. 이러한 기후변화협약에 따라 이산화탄소는 배출에 따른 사회적 비용을 가진다. 임재규와 강운영(2000)은 선진국과 개도국(우리나라)의 의무 부담 시 국내 감축에 따른 온실가스 저감비용을 1995년 US달러 기준 87.9 \$/TC으로 예상하였다. 최근 연구로 오인하(2010)에서 World Bank(2010)를 재인용한 자료에 의하면 2009년 세계 탄소시장은 할당량 시장을 기준으로 총 7,362백만톤, 122,822백만달러의 규모로 16.68달러/탄소톤의 실적을 나타냈다. 이는 2008년 3,278백만톤, 101,492백만달러의 실적으로 30.96달러/탄소톤 단위 금액에 비해 절반 수준이다. 현물유통시장과 프로젝트 기반 거래시장에서도 비슷한 양상을 보였다. 이는 코펜하겐에서 합의가 실패하는 등 기후변화 국제 협상의 난항에 따른 투자환경의 불확실성을 반영하는 것으로 분석하고 있다. IETA(2010)는 탄소시장 참여자를 대상으로 2010년 5월 실시된 설문조사에서 유럽연합 배출권거래제(EU-ETS, European Union Emissions Trading Scheme) 3기(2013-2020)의 EUA와 sCER의 가격전망을 각각 26유로, 21유로로 조사하였다. 마찬가지로 NEF(2010) 또한 코펜하겐 회의 이후 2010년 6월 32개 탄소시장 참여기관에 대한 설문조사 결과 2020년 sCER 가격을 톤당 19유로로 예측한 바 있다. 또한 Point Carbon(2010)은 시나리오에 따른 2016년 sCER 가격전망으로 시나리오별 실현확률을 적용한 가중 평균가격으로 톤당 19유로를 제시하였으며, 마찬가지로 EUA 가격은 34유로로 제시하였다.

본 연구에서는 최근 시장 자료인 2009년도 16.68달러/탄소톤을 기준으로 원화로 환산하여 적용

한다. 그리고 2009년 기준의 한국의 GDP 디플레이터를 적용하여 1999년~2007년의 각각의 경제 상황을 반영한 가격을 책정한다(표 4). 경제 산업효과 도출을 위한 프록시 지표로 국내방출에 대한 저감 비율을 이용하기 위해 에너지경제연구원이 산정한 국내 이산화탄소 배출량을 적용한다.

<표 4> 대기오염물질 및 이산화탄소 단위당 사회적 비용 (단위 : 백만원/ton)

	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
SO <sub>2</sub>	6.615	6.677	6.938	7.162	7.415	7.646	7.692	7.685	7.839
Nox	5.890	5.944	6.177	6.376	6.602	6.807	6.848	6.842	6.979
CO	4.895	4.941	5.134	5.299	5.487	5.658	5.692	5.686	5.800
VOC/HC	5.689	5.742	5.967	6.159	6.377	6.575	6.615	6.608	6.741
먼지	19.229	19.407	20.168	20.816	21.554	22.225	22.359	22.336	22.784
CO <sub>2</sub>	16.88	17.03	17.70	18.27	18.92	19.50	19.62	19.60	20.00

지진, 산사태, 지반침하 등의 지질재해 또한 자연재해의 일종으로 소방방재청의 재해연보에서 제시하는 자연재난 재산피해와 복구비용으로 피해비용을 살펴볼 수 있다. 지진재해의 경우는 우리나라 피해비용에 대한 통계자료는 없으나, 관련 피해비용을 산정하는 프로그램으로 미연방재난관리청의 GIS 정보와 지진위험도가 결합된 HAZUS(Hazard U.S.) 프로그램이 있다. 이 프로그램을 통해 가상시나리오 지진의 물리적 피해평가, 직접적인 경제/사회적 손실평가 및 간접적인 경제적 손실평가를 수행할 수 있다. 강익범과 박정호(2002)와 같이 우리나라 일부지역을 대상으로 HAZUS 프로그램을 적용한 사례가 있으나 화폐화된 피해금액 산정보다는 지진 피해에 대한 기술적 분석에 집중되어 활용하기 어려운 한계가 있었다. 따라서 안은영(2008)과 같이 국가 연속성 확보라는 측면에서 경제적 활동 중단 기간에 따른 GDP 손실로 지진에 대한 경제 효과를 산정하였다.

안은영(2008)과 같이 진도에 따른 GDP 피해율은 강익범과 박정호(2002), 강수영 외(2007)의 연구와 같이 한 지역에서 발생한 지진이라도 행정구역별 도 이상의 단위로 피해가 산정되므로 전체 GDP의 1/7을 대상으로 하되, 정길호 외(2003)의 지진재해정보시스템 도입방안 연구에서 진도 7까지의 지진에 의한 산사태 등에 의한 주택피해율을 산정한 자료를 근거로 진도 10까지의 추정치(대규모 파괴)를 도출하여 시뮬레이션된 진도에 적용하여 피해규모를 산정하였다. 1926년부터 1999년까지 우리나라 지진발생 확률분포 추정 자료를 구축하여 향후 100년 기간의 우리나라 지진발생의 시뮬레이션을 통해 38년 후 진도 8.6, 84년 후 진도 9.5의 지진발생을 가정하였다. 이러한 시나리오에 따라 경제적 활동 중단 기간에 따른 GDP 손실 효과 산정하였다. 향후 100년 기간의 우리나라 지진 발생으로 인한 경제활동 중단 비용은 46.44조원으로 산출되었으며, 이는 100년 기간 동안의 총 GDP 충격비용으로 등가 적용 시 매년 2.79조원의 피해를 볼 수 있다는 것을 뜻한다. 안은영(2008)의 2007년 기준 지진피해액 추정액을 기반으로 GDP 디플레이터를 적용하여 1995-2010년의 지진피해액을 산정하였다.

인위재해에 대해서는 소방방재청의 화재통계연보의 화재발생에 따른 재산피해액이 시장지출비용의 데이터베이스화 대상이 되며, 근로복지공단 노동보험시스템에서 제공하는 산업재해보험 수납액 및 보험급여 지급현황도 인위재해 피해비용의 프록시 지표로 삼을 수 있다.

### 3) 정보제공효과 추정

Ellison and Calow(1996) 등의 지질자원 분야 사례 연구와 같이 지질자원 분야 연구사업 및 실행사업의 수행으로 해당 산업 및 시장에서 지출 비용감소, 매출증진 등의 정보제공효과가 발생한다. 이러한 정보제공효과는 해당 산업 및 시장에서 지출비용 감소 비율 및 생산/매출 증진 비율에 따라 경제효과를 추정할 수 있다. 따라서 지질자원 분야 시장지출비용, 국가GDP, 시장매출액을 데

이터베이스화, 보유한다면, 직접 비용 감소 비율 및 생산/매출 증진 비율을 입력하여 그에 따른 가치를 산출할 수 있다. 해당 비율의 산출이 어려운 경우 기술기여도를 프록시로 적용하여 화폐화가 가능하다. 앞서 시장지출비용에 대해 제시한 바 있지만 해당 내용을 정리하면 다음 <표 5>과 같다. 앞서 국가 및 산업 수준의 투입비용으로 해외자원개발사업 투입비용이나 토목건설산업의 건설수주액을 제시한 바 있으나 국내총생산과의 구분이 어려워 해당 자료는 국내총생산으로 제시한다. <표 6>과 <표 7>과 같이 국내총생산, 세계시장규모 혹은 매출자료 또한 기존 통계자료 및 조사한 결과를 데이터베이스화하여 해당 기술기여도 및 적용범위(coverage)를 적용하여 화폐화된 가치를 도출할 수 있다.

<표 5> 시장지출비용 자료 데이터베이스 구축

분류	수록연도	출처
국내 산업재해보험급여 지급액	2001년-2010년	근로복지공단(노동보험시스템)
국내 산업재해보험 징수액	2001년-2010년	
국내 자연재난 재산피해비용	1995년-2010년	재해연보(소방방재청)
국내 자연재난 피해복구비용	1995년-2010년	
국내 지진재해 피해비용 (안은영(2008) 가정)	1995년-2010년	안은영(2008)
국내 지질자원 물성측정 소요비용	2011년	안은영과 이상규(2007)
국내 화재(인적재난) 재산피해비용	2001년-2010년	화재통계연보(소방방재청)

<표 6> 국내총생산 자료 데이터베이스 구축

분류	수록연도	출처
광업	2007년-2010년	한국은행 경제통계국 국민소득총괄팀(2011), 국민계정, 국가통계포털(KOSIS)
제조업	2007년-2010년	
-석유및석탄및화학제품제조업	2007년-2010년	
-비금속광물제품 제조업	2007년-2010년	
-금속제품 제조업	2007년-2010년	
전기, 가스, 수도사업	2007년-2010년	
-전력	2007년-2010년	
-가스,증기및온수공급업	2007년-2010년	
-수도	2007년-2010년	
건설업	2007년-2010년	
-주거용 건물건설	2007년-2010년	
-비주거용 건물건설	2007년-2010년	
-토목건설	2007년-2010년	
-건물수선	2007년-2010년	
국내총생산(시장가격)	2007년-2010년	

<표 7> 시장규모/매출 자료 데이터베이스 구축

분류	수록연도	출처
1.기반시설 세계시장	2005년-2007년	정지복(2011), 자원기술별 한국 및 미국의 산업/시장분석, 한국지질자원연구원  ( <a href="http://policy.kigam.re.kr/publications/download/204">http://policy.kigam.re.kr/publications/download/204</a> )
2.세계 원격탐사시장	2007년	
2.세계 원격탐사육상(terrestrial) 제품시장	2008년-2009년	
2.세계 원격탐사항공(airborne) 제품시장	2008년-2009년	
3.세계 광업생산	2005년	
3.세계 구리생산	2005년	
3.세계 금생산	2005년	
3.세계 금속광물생산	2005년	
3.세계 니켈생산	2005년	
3.세계 다이아몬드생산	2005년	
3.세계 산업용광물생산	2005년	
3.세계 석탄우라늄생산	2005년	
3.세계 아연생산	2005년	
3.세계 철광생산	2005년	
5.행성(지름 1km)광물자원가치	2009년-2010년	
5.행성(지름 2km)광물자원가치	2009년-2010년	
6.세계 2차광물시장	2007년-2008년	
6.세계 2차광물시장(건축)	2008년	
6.세계 2차광물시장(운송)	2008년	
7.세계 금속분말시장	2009년-2010년	
7.세계 나노복합물시장	2009년	
7.세계 무기물금속처리시장	2007년-2008년	
7.세계 무기물금속처리프로세스시장	2007년-2008년	
7.세계 무기물금속표면처리프로세스시장	2007년-2008년	
7.중국 희토류제련산업	2007년	
7.BEM-Top5 희유금속업체 매출	2009년	
7.Cameco-Top5 희유금속업체 매출	2009년	
7.COGEEMA-Top5 희유금속업체 매출	2009년	
7.Eramet-Top5 희유금속업체 매출	2009년	
7.USEC-Top5 희유금속업체 매출	2009년	
9.Dowa Eco-System 전자제품처리업체 매출	2009년	
10.세계 자원관리정보시스템시장	2010년	
11.미국 석유가스탐사고도화시장	2011년	
11.세계 석유가스탐사고도화시장	2011년	
12.세계 EOR시장	2005년, 2009년	
20.북미 하수악취시장	2007년	
20.세계 산업용 상하수도산업	2005년-2007년	
20.세계 상하수도산업	2005년-2007년	
20.세계 슬러지처리시장	2007년	
20.세계 하수악취시장	2007년	
20.세계 하수처리및약품시장	2011년	
20.세계 하수처리약품시장	2011년	

\* 분류의 번호는 관련 기술항목임

본 연구의 지질자원 기술 분야 경제 산업효과 추정 모형은 지질자원 기술경제산업 DB 프로그램과 온라인 지질자원 경제 산업효과 분석 프로그램으로 개발되어 서비스(<http://policy.kigam.re.kr>)된다. 지질자원 기술경제산업 DB 프로그램은 앞서 제시한 모형에 따라 주요 산업시장지표 코드관리 및 자료관리를 수행하여 지질자원 기술분류, 편익요소, 광물/석유가스자원, 오염물질, 환율 및 기존 연구DB, 기여도DB로 구성된다. 가격지표로는 광물자원, 석유가스, 전력, 수자원, CO<sub>2</sub>, 오염물질의 단위가치와 수입량·소비량·발생량으로 데이터베이스화되어 있으며 지질자원 분야 시장지출비용, 국내총생산, 시장매출액으로 구분되어 관리된다.

### III. 결론

본 연구는 기술개발자 및 연구재원 펀딩 기관, 실행사업 주체가 경제전문가의 계량경제 분석을 통하지 않고 자신이 수행하는 사업의 성과를 계량화할 수 있는 경제 산업효과 추정 모형을 개발하고자 하였다. 기존 지질자원 기술 분야의 성과평가를 위한 성과지표를 검토하여 경제 산업효과 발생요소를 자원개발공급효과, 재해·오염물질·CO<sub>2</sub>저감효과, 정보제공효과로 설정하였다. 그리고 경제 산업효과 도출을 위한 프락시 개발 및 산업, 시장 자료를 이용하여 경제 산업효과 추정과정을 표준화하였다. 본 모형은 경제전문가의 계량경제 분석을 통하지 않고 기술개발자 등의 비경제전문가가 자신이 종사하는 지질자원 분야의 성과(outcome, impact)를 인지하고 단순한 표준화 과정으로 화폐화 하는 모형을 제시하는 의의를 가진다. 이 모형은 계량 경제 분석 기술개발자 및 연구재원 펀딩 기관, 실행사업 주체가 직접 활용할 수 있어, 기술개발 전략 수립 및 실행사업의 추진에 효율성을 제공할 수 있다.

본 모형 적용에 따른 결과의 객관성을 제고하기 위해서는 결과 도출과정의 사용자 입력수치에 대한 경제전문가의 검토와 재해 및 환경비용, 기술기여도 등에 대한 경제전문가의 지속적인 연구가 요구된다.

### 참고문헌

- 장만옥, 이상용, 2004, “교통부문의 환경오염비용 저감을 위한 에너지 상대가격 조정방안”, 「환경정책·평가연구원 환경포럼」, 8(13).
- 장수영 외 (2007), “지질재해예측을 위한 HAZUS와 ShankeMap의 한반도에서의 적용가능성 연구”, 「한국지리정보학회지」, 10(1): 47-59
- 장익범, 박정호 (2002), “HAZUS를 이용한 충남지역의 지진피해 연구”, 「한국도시방재학회 논문집」, 2(2): 73-83.
- 김대형 외 (2005), 영국지질조사소의 정량적 가치평가기법을 적용한 국내 지질도(1:50,000)의 비용 편익분석연구, 「한국지구시스템공학회지」, 43(1): 13-24.
- 김선근 (2003), 「지질자원연구의 경제적 파급효과 분석」, 대전대학교/한국지질자원연구원.
- 민철구 (2009), 「KIGAM 연구성과 분석 및 성과지표 개발방안 연구」, 과학기술정책연구원/한국지질자원연구원.
- 박종봉 외 (2000), “연구개발가치평가기법을 적용한 연구개발사업의 성과분석 모형-정보통신기술 표준화를 중심으로-”, 「한국 사회와 행정 연구」, 11(2).
- 산업자원부 (2006), 「자원개발 핵심기술지도」, 산업자원부.
- 산업자원부, 2002, 「에너지절약기술개발사업의 성과분석연구」, 산업자원부.
- 안은영 (2008), 「지질자원분야 연구사업의 경제적 파급효과 분석-리스크를 고려한 경제적 효과 분석」, 한국지질자원연구원.

- 안은영, 김성용, 송운호 (2005), “지열자원 활용에 대한 사적, 공공적 관점에서의 비용편익분석”, 「한국지구시스템공학회지」, 42(4): 318-329.
- 안은영, 이상규 (2007), “지질자원 연구개발을 위한 상시가동 물성실험실 구축의 경제적 파급효과”, 「자원환경지질」, 40(6): 805-814.
- 오인하 (2010), 「2012년 이후 국제 탄소시장 전망 및 활용전략 연구」, 에너지경제연구원.
- 이장재 (2003), “공공연구프로그램의 성과기반관리(PBM)-정부성과결과법(GPRA)의 집행실태와 함의”, 196회 과학기술정책포럼.
- 이철원 (2001), “정부출연기관의 기관평가 현황 및 개선방안”, 과학기술정책포럼 100회 기념 심포지엄.
- 이현복 (2010), 「자원총람」, 한국지질자원연구원.
- 임재규, 강운영 (2000), 「기후변화협약의 국내 산업구조 및 국내 경쟁력 파급효과」, 에너지경제연구원.
- 정길호, 이호준, 박병철, 김경희 (2003), 「지진재해정보시스템 도입방안 연구」, 행정자치부 국립방재연구소.
- 정지복 (2011), 「자원기술별 한국 및 미국의 산업/시장분석」, 대전대학교/한국지질자원연구원.
- 제주특별자치도 수자원본부 (2007), 「제주특별자치도 물산업육성기본계획」.
- 지식경제부/한국지질자원연구원 (2010), 「광산물 수급현황」, 지식경제부 광물자원팀.
- 한국과학기술원 테크노경영대학원 (1998), 「청정연료 사용지역 내에서 지역난방 사용연료의 합목적 선정에 관한 연구」, 한국과학기술원.
- 한국은행 경제통계국 국민소득총괄팀 (2011), 「국민계정」, 국가통계포털(KOSIS).
- 한국전력공사 (2011), 「한국전력통계」, 한국전력공사.
- 한국지질자원연구원 (2004), 「2003년도 자체평가보고서」, 한국지질자원연구원.
- 한국지질자원연구원 (2010), 「2010-2012년도 성과목표기술서」, 한국지질자원연구원.
- 한국지질자원연구원 (2010), 「2018 KIGAM 발전전략(TRM)」, 한국지질자원연구원.
- 환경부 (2010), 「2009년 상수도 통계」, 환경부.
- Bernknof, Richard L. (1993), Societal Value of Geological Maps, US Geological Survey (USGS).
- Ellion, R. A., and Calow, A (1996), The economic Value of BGS Geological Mapping in the UK, British Geological Survey (BGS).
- Falvey, D. and Westhead K. (2005), “Programme Abstracts Excursions, Cost-Benefit-Analysis of Geological Expertise”, International Symposium, Geological Survey of Austria, 15 and 16 October 2005, Vienna, Austria
- Komor, Paul, and Bazilian, Morgan (2005), “Renewable energy policy goals, programs, and technologies”, *Energy Policy*, 33: 1873-1881.
- Lee, Russell et al. (2003), Estimating the Benefits of Government-Sponsored Energy R&D: Synthesis of Conference Discussions, Oak Ridge National Laboratory.
- Markandya, A. (1998), The Indirect Costs and Benefits of Green house Gas Limitations, UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment.
- NREL (National Renewable Energy Laboratory) (2004), Projected Benefits of Federal Energy efficiency and Renewable Energy Programs FY2005-2050, U.S. Department of Energy.
- OECD (1993), Frascati Manual 2002, OECD Publishing.
- Reedman, A.J et. al. (2002), The Value of Geoscience Information in Less Developed Countries, Department for International Development.
- Speelman, Hessel (2004), “Message from the Institute’s Director”, FY2004 Annual Report, Netherlands Institute of Applied Geoscience TNO-NGS.
- USAID (US Agency for International Development) (2002), Best Practices Guide: Economic and Financial Evaluation of Renewable Energy Projects, Alternative Energy Development.