

대도시 지역 지하수 오염저감기술연구사업의 경제적 파급효과분석연구

김성용, 안은영, 이재욱, 손병국, 김정찬

한국지질자원연구원 (e-mail : ksy@kigam.re.kr)

<요약문>

한국지질자원연구원에서 1998년부터 2002년까지 기본사업으로 5년간 수행한 대도시 지역 지하수 오염저감기술연구사업의 경제적 파급효과로서 조건부가치측정법을 활용하여 연구사업 성과의 비용, 편익, 순현재가치, 비용편익비, 내부수익률을 산정하였다. 분석과제의 주요성과 중 계량화가 가능한 직접 편익은 지하수 음용화 시설 구축에 따른 편익 및 지하수 데이터 가치 편익 두가지로 분석되었다. 이들 편익에 대한 경제적 파급효과를 2002년도 현재가치로 환산한 결과, 비용은 50.9억원, 편익은 676.9억원, 순현재가치는 626.0억원, 비용편익비는 13.3, 내부수익율은 152%로 나타났다.

주요어 : 경제적 파급효과, 비용편익비, 순현재가치, 내부수익율, 편익.

1. 서 언

지금까지의 우리나라의 비용편익비(Benefit/Cost Ratio, BCR)를 비롯한 경제적 파급효과분석은 주로 대형 공공시설 등의 타당성 차원이거나 환경영향평가개념에서 수행되었다고 판단할 수 있다. 실질적으로 비용편익분석은 사회적 관점 또는 국민경제 전체의 관점에서 비용과 편익을 파악하기 때문에 기업의 관점과 상이하다고 볼 수 있다. 즉 어떤 공공사업의 추진으로 인하여 발생하는 비용과 비교하여 사회적으로 바람직한 편익을 발생할 수 있는가를 판단하는 투자사업의 예비타당성분석이 되는 것이다. 따라서 비용편익분석은 국가적인 차원의 공공목표를 달성하기 위하여 고려하는 여러 대안들(alternatives)에 대하여 각각의 비용과 편익을 측정하고 비교 평가하여 최선의 대안을 도출하는 기술적 방법으로 규정하고 있다. 농공업 생산과는 달리 R&D과제는 파급효과의 무한성 및 계량화의 어려움으로 많은 전문가 및 관계자들이 경제성 평가의 접근에 한계를 느끼고 이의 적용 등에 소홀한 상황이었다. 그러나 한정된 연구자원을 효율적으로 투입하여 R&D 투자의 생산성을 제고하고 R&D 투자에 대한 효과를 가시화 시킬 수 있는 계량경제학적인 파급효과분석 방법의 시도가 필요하게 되었다. 지질자원기술은 특성상 민간이 담당하기 어려운 분야인 기초·원천, 공공복지 및 공유성 기술(Generic Technology)에 관련된 기초·응용·개발연구로서 실용화연구 및 상품개발의 전유성 기술분야와는 다소 상이하나 기획단계에서부터 연구의 효용성 등을 예측하고 연구가 효율적으로 수행될 수 있도록 하는 측면에서 경제적 파급효과 분석은 그 자체로서 파급효과가 크다고 할 수 있다.

2. 지질자원기술 경제적 파급효과 방법론

연구사업의 기술적 경제적 타당성을 검토하기 위해서는 기술성 분석, 시장성 분석 및 경제성 분석을 수행할 수 있다. 경제성 분석 평가모형에는 조건부가치추정법(CVM: Contingent Valuation Method), 가상현실평가모형(CEM, Counter-factual Evaluation Model), 경제성장모형, 연구개발자본 모형, 파급효과 모형, 산업연관분석모형 등이 있다. 그중에서 대체시장을 통한 간접분석방식을 적용하기 힘든 경우에 적용할 수 있는 것이 조건부가치추정법으로서 설문조사를 통해 특정 환경재의 가치를 직접적으로 도출해 내는 방식이며 현재 환경재의 가치추정에 있어 가장 널리 활용되는 방법론이다(김광임, 2002 ; 김지현, 2002). 반면에 CEM 방식에서 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(NIST, 2003, 2000, 1999 & 1998).

지질자원기술 연구개발의 특성은 대부분이 공공 목적의 조사·탐사개발이거나 연구개발에 따른 새로운 이론 및 방법론의 정립 형태가 대부분이므로, 건설 등의 사업의 편익과 구분되어야 할 것이다. 이러한 경우에 연구개발의 직접편익을 산정하기는 더욱 어려운 문제이다. 이러한 문제점을 위한 대안으로는 연계되어 실시되는 후속사업으로부터의 간접편익을 산정하는 방법을 찾아야 한다. 첫 번째 대안으로 연구개발의 편익은 사업시 발생하는 비용의 저감분 및 편익의 증가분으로 산정한다는 것으로서 연구개발의 실시 유무와 관계없이 이후 사업이 계속 진행된다는 가정이 필요하다. 두 번째 대안으로 연구개발의 편익은 이후 실시되는 사업으로 발생하는 편익의 일정분으로 간주하는 것으로서 이 경우에는 연구개발의 결과로 사업이 필연적으로 시행된다는 가정이 수반되어야 한다. 세 번째 대안으로는 연구개발의 성과물인 이론 및 방법론의 가치를 직접 산정하는 것으로서 다만 데이터의 객관적 가치산정이 가능하여야 한다.

3. 지하수 오염저감기술의 경제적 파급효과 분석사례

3-1. 성과도출 및 과제분석

지하수 오염방지 및 음용화 기술연구사업은 대도시 지역 지하수 관측망을 구축하고 지하수 관련 자료를 체계적으로 수집, 정리하여 DB를 구축함으로써 대도시의 대수층 특성에 맞는 지하수 환경변화 예측기술개발과 수질이 저하된 지하수의 치유개선을 통하여 음용수로서의 역할을 할 수 있게 하기 위한 기술개발과 제도개선 측면에서 경제적 중요성이 있다고 할 수 있다. 본 분석 대상연구과제의 내용은 부산·광주·울산 지역의 '지하수 관측망 구축과 지하수 자료의 DB구축', '지하수 오염방지와 치유·개선 후 음용화', '지하수의 개념적 모델 완성', '지하수 오염원 추적기법 연구'이다(한국지질자원연구원, 1998, 1999, 2000, 2001 & 2002). 분석대상 연구과제 성과는 학술적 측면에서 연구정보의 D/B 구축과 대도시지역의 지하수 모델링 기술 개발, 도시지역 지하수 수리시스템, 수질특성 해석, 전국에 방치된 지하수공의 재활용 모델 제시, 오염원 추적기술 및 해수 침입 판단 기술을 확립한 것이다. 기술적 측면에서는 우리나라 지질여건에 맞는 지하수 오염방지와 치유·개선 기술 확립, 입자성 시료의 효과적인 농축기술과 크기별 분리 및 분석기술 개발, GPS기술의 지하수 조사 적용 기술, 안정동위원소 분석법 확립을 통한 새로운 환경영향평가 기술 개발, 기상자료와 수위 자동계측 자료 만으로의 해수침입 판단 기술 확립, 지하수 오염방지 시설과 수질개선 시설의 현장적용 기술의 확립이다. 경제·산업적 측면에서는 방치된 지하수공의 재활용으로 신규 지하수공 개발 되메움 비용 절감과 오염된 지하수의 치유·개선, 개인, 공공 목적의 지하수 개발 및 이용시 기초 자료로 활용, 기 굴착된 지하수공의 관리대책 방향 제시,

해수침입 지역 판정, 도시지역에서의 지하수 영향권 판단 가능 및 오염원 관리에 기초 자료로 직접 활용 등이다.

3-2. 경제적 파급효과 분석 결과

대도시지역 지하수 오염저감기술의 경우 발생하는 편익의 사용기간은 참고문헌, 관련 연구자들의 면담 및 대체식수원의 수질보전 노력 등을 감안하여 20년으로 설정하고 할인율(discount rate)은 국내 제반환경 및 유사연구문헌, 정부 국공채수익률 등을 감안할 때 10%를 적용하였다. 대도시 지역 지하수 오염저감기술 연구사업의 경제적 파급효과분석을 위한 편익요소는 앞서 제시한 학술적, 기술적, 경제·산업적 성과에서 계량화가 가능한 지하수의 음용화 시설 구축으로 인한 해당 지역 시민의 지하수 음용 편익과 지하수 수공 조사 및 지하수 관련 정보 DB 구축으로 인해 발생 가능한 편익 등이다. 비용은 1998년도에서 2002년도에 집행된 연구개발비로부터 산정한다. 지하수의 음용화 시설 구축으로 인한 편익은 해당 지역 시민의 지하수자원의 음용화에 따른 가치를 산정함으로써 계량화할 수 있다. 본 대도시 지역 지하수 오염저감기술연구사업의 경제적 파급효과 계량화에서 식수의 수량확보를 위한 지하수 자원의 가치평가를 실시한 황영순 외(1999)의 설문결과를 적용하여 “가뭄에 따른 단수를 방지하기 위한 비상급수용 저수지의 지불가치”를 가구당 월 3,570원으로 산정하였다. 지하수 자원의 이용 인구는 환경부(2000) 및 문현주 외(2001)에 따라 평균 우물·샘 1개당 48,947명이 이용하고 있으며 가구 수로는 15,178가구를 적용하였다. 지하수자원 확보에 대한 지불가치와 이용 가구 수를 통해, 1개 지역의 지하수의 음용화로 인한 지하수 자원의 확보 가치는 월 5,400만원(= 3,570원 × 15,178가구)으로 산정하였다. 이는 연 단위로는 1999년의 화폐가치로 648백만원의 가치이며 1999년~2002년 평균 소비자물가상승률 4.7% 적용하여 2002년도 현재가치로 환산할 경우 744백만원이다. 추가 유지비용이 거의 지불되지 않은 지하수공의 이용 연수 20년 및 정부사업의 수익률(국공채 수익률을 고려하여 10% 적용)을 적용하는 경우 지하수자원의 음용화로 인한 2002년도 현재가치는 96.7억원으로 나타난다. 따라서 부산 1개 지역의 음용화 시설 구축으로 인한 편익은 2002년 현재가치로 96.7억원이고 광주 2개 지역의 음용화 시설 구축으로 인한 편익은 193.4억원이었다. 따라서 해당 연구과제에서 2002년도 현재가치로 환산한 비용은 50.9억원, 편익은 290.1억원, 순현재가치(Net Present Value, NPV)는 239.2억원, 비용편익비(Benefit/Cost Ratio, BCR)이며 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR)은 86%로 나타났다(표 1).

<표 1> 음용화시설구축 편익의 경제적 파급효과 계량화 결과

항목	추정치	비고
비용 (Cost, '02년도 현재가치)	50.9억	대상 과제의 연구개발비
편익 (Benefit, '02년도 현재가치)	290.1억	음용화 시설 구축으로 인한 편익
순현재가치(NPV)	239.2억	편익(현재가치) - 비용(현재가치)
비용편익비(BCR)	5.70	편익(현재가치)/비용(현재가치)
내부수익률(IRR)	86%	[편익(현재가치) - 비용(현재가치)] 을 0으로 만드는 수익률

지하수 데이터 및 지질정보의 가치 계량화는 연구개발의 성과물인 이론 및 방법론의 가치를 직접 산정하는 방법과 개발사업 시 발생하는 편익의 전체 또는 일정분으로 산정하는 방법, 개발사업의 비용의 저감분 및 편익의 증가분으로 산정하는 방법을 통해 가치화할 수 있다(안은영 외, 2004). 그러나 연구개발의 성과물인 이론 및 방법론의 가치직접 산정 방법론으로 정부기관 관료가 해당하는 사업에 투자하는 시간가치 산정 방법은 본 해당 사업인 지하수 오염저감기술연구의 범위를 넘어서게 된다. 개발사

업 시 발생하는 비용의 저감분 및 편익의 증가분으로 산정하는 방법론 또한 BGS (2002)의 방법론이 수문학 정보의 유무에 의한 시추성공률 변화를 통해 산정한 결과라 본 폐공을 활용한 음용정 및 관측 정으로의 전환 사업에서 적용하기에는 무리가 있다. 지하수오염 저감연구사업에 대한 경험을 가진 전문가를 대상으로 직접 설문조사 실시결과, 지하수오염저감사업 편익에서 지하수데이터의 생성의 기여도는 2~28%로 나타났다. 이러한 결과는 소수의 전문가를 대상으로 한 결과로 편차가 심하며 연구결과를 일반화하기에는 문제가 있으므로 보수적으로 하한선인 2%의 가치를 가지는 것으로 산정했다. 200개 내외의 추가적인 음용화시설 구축을 포함하여 지하수오염 저감사업에 대한 지하수데이터 생성의 경제적 파급효과를 계량화한 결과 2002년의 현재가치는 386.8억으로 나타난다(표 2).

<표 2> 지하수 데이터 가치의 경제적 파급효과 계량화 결과

항목	추정치	비고
순현재가치(NPV) (2002년)	386.8억	지하수 데이터의 가치 ☆ 9,671백만원 × 2% × 200개 = 38,684백만원 * 음용화 시설 1개당 구축편익 = 9,671백만원(20년)

4. 결 론

본 사례연구결과, 지질자원기술연구 중 대도시지역 지하수 오염저감기술사업의 경제적 파급효과는 2 단계를 거쳐서 산정되었다. 1단계에서는 해당 지역 시민의 지하수 음용편익만 산정하였고, 2단계에서는 지하수 데이터의 가치를 추가하여 경제적 파급효과를 계량화하였다. 본 연구에서는 대체시장을 통한 간접분석방식을 적용하기 힘든 경우에 적용할 수 있는 조건부가치측정법을 활용하였으며 설문조사를 통한 특정 환경재의 가치를 직접적으로 도출해 내는 방식을 채택하였다. 본 연구사업 전체의 직접적인 경제적 파급효과는 1단계 음용화 시설 구축으로 인한 편익과 2단계 지하수 데이터 가치의 편익을 합산한 값이다. 이에 따라 2002년도 현재가치로 환산한 본 연구사업의 비용은 50.9억원, 편익은 676.9억원, 순현재가치(NPV)는 626.0억원, 비용편익비는 13.3, 내부수익율은 152%로 나타났다(표 3). 그러나 본 분석 대상 연구과제는 2003년도에도 계속사업으로 추진되고 있으므로 사업의 편익은 향후 증가할 것으로 예상된다.

<표 3> 대도시 지역 지하수오염 저감기술의 경제적 파급효과 분석결과(종합)

항목	추정치	비고
비용 (Cost, '02년도 현재가치)	50.9억	대상 과제의 연구개발 비용
편익 (Benefit, '02년도 현재가치)	676.9억	음용화 시설 구축으로 인한 편익 및 지하수데이터의 가치
순현재가치(NPV)	626.0억	편익(현재가치) - 비용(현재가치)
비용편익비(BCR)	13.30	편익(현재가치)/비용(현재가치)
내부수익률(IRR)	152%	[편익(현재가치) - 비용(현재가치)] 을 0으로 만드는 수익률

참고문헌

- 김광임, 2002, 「대규모 개발사업의 환경경제성 분석 도입방안 I」, 연구보고서 RE-04, 한국환경정책·평가연구원, p.188.
- 김지현, 2002, 「환경을 고려한 하천정비사업의 비용편익분석」, 국토계획, 대한국토·도시계획학회, 제 37권 제 2호, pp.189 - 201.
- 문현주, 2001, 상수이용에 대한 물자원의 합리적 가격화연구, 한국환경정책·평가연구원 기본과제연구보고서, 한국환경정책·평가연구원, p.146.
- 안은영, 김성용, 이재욱, 한만갑, 2004, 지구과학 지식의 공공개발사업에의 기여도 분석연구, 한국지구과학회 2004년도 춘계학술발표회 논문집, p.174.
- 한국지질자원연구원, 1998, 지하수 오염방지 및 음용화 기술연구(부산지역) 중간보고서.
- 한국지질자원연구원, 1999, 지하수 오염방지 및 음용화 기술연구(부산지역) 결과보고서.
- 한국지질자원연구원, 2000, 광주지역 지하수 오염개선연구 연차보고서.
- 한국지질자원연구원, 2001, 광주지역 지하수 오염개선연구 결과보고서.
- 한국지질자원연구원, 2002, 울산지역 지하수 오염 저감기술연구 연차보고서.
- 환경부, 2000, 1999 상수도통계.
- 황영순, 엄미정, 김태유, 1999, 「수돗물 공급신뢰도 개선의 가치측정-조건부 가치측정법을 이용하여-」, 자원환경연구 제8권 제1호 pp. 109~126.
- BGS(British Geological Survey), 2002, The Value of Geoscience Information in less Development Countries, Research Report CR/02/087N.
- NIST, 2000, Strategic Planning and Economic Analysis at NIST, <http://www.nist.gov/director/planning/strategicplanning.htm>.
- NIST, 1999, Assessing the Economic Impacts of Government R&D Programs, <http://www.nist.gov/director/planning/methodologytalk.pdf>.
- NIST, 2003, Outputs and Outcomes of NIST Laboratory Research, <http://www.nist.gov/director/planning/studies.htm>.
- NIST, 1998, Planning Report, Economic Assessment of the NIST Ceramic Phase Diagram Program, <http://www.nist.gov/director/prog-ofc/report98-3.pdf>