

# 지하수자원기술의 경제적 파급효과분석 사례연구 - 대도시지역(부산, 울산, 광주) 지하수오염저감기술연구사업을 중심으로 -

안은영\* · 김성용 · 이재욱 · 손병국 · 김정찬 · 신중호

한국지질자원연구원

## Economic Impact Analysis on a R&D Project of Groundwater Remediation : A Case Study of Busan, Ulsan and Gwangju Metropolitan City

Eun-Young Ahn\* · Seong-Yong Kim · Jae-Wook Lee ·  
Byeong-Kook Son · Jeong-Chan Kim · Joong-Ho Synn

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM)

### ABSTRACT

For economic impact analysis on a R&D project of groundwater remediation in the metropolitan areas conducted as a fundamental research programme of KIGAM from 1998 to 2002, benefit/cost ratio(BCR), net present value(NPV), and internal rate of return(IRR) were calculated using a contingent valuation method(CVM). Measurable direct benefit parameters among the major outputs of this project consist of setup of drinking water facilities and groundwater information data valuation. In this study, economic impact of the project in NPV of year 2002, with applying a discount rate of 10.0%, was identified and estimated as 5.09 billion won in cost, 67.69 billion won in benefit, 62.60 billion won in NPV, 13.3 points in BCR, and 152% in IRR, respectively.

**Key words** : Economic impact, BCR, NPV, IRR, Benefit

### 요 약 문

1998년부터 2002년까지 한국지질자원연구원의 기본사업으로 5년간 수행한 대도시 지역 지하수 오염저감기술연구사업의 경제적 파급효과를 조건부가치추정법을 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 두 가지로 분석되었다. 이들 편익에 경제적 파급효과를 2002년도 현재가치로 환산한 결과, 할인율 10%에서 비용은 50.9억원, 편익은 676.9억원, 순현재가치는 626.0억원, 비용편익비는 13.3, 내부수익율은 152%로 나타났다.

**주제어** : 경제적 파급효과, 비용편익비, 순현재가치, 내부수익율, 편익

### 1. 서 론

정부 연구개발 투자 당국 및 최고경영자는 완료되었거나 수행중인 과제뿐만 아니라 새로운 연구개발(R&D) 과

제를 수행하기 이전에 향후 예상되는 프로젝트의 수익성과 경제성 등을 분석·평가하도록 요구하고 있다. 한편, 구미 선진국에서는 이미 R&D과제에 대한 경제성 평가를 실시하여 R&D 투자에 대한 효율성을 증대시키고 있으며,

\*Corresponding author : eyahn@kigam.re.kr

원고접수일 : 2004. 5. 17 게재승인일 : 2005. 1. 31

질의 및 토의 : 2005. 4. 30 까지

우리도 지금까지의 연구장려금(Grants)위주 R&D정책에서 탈피하여 R&D 투자시 경제성 개념의 도입을 추진하고 있지만, 아직 객관성 있는 평가모델을 개발하지 못했고 이를 마땅히 적용하지도 못하고 있다. 사실상 농업업 생산과는 달리 R&D과제는 파급효과의 무한성 및 계량화의 어려움으로 많은 전문가 및 관계자들이 경제성 평가의 접근에 한계를 느끼고 이의 적용 등에 소홀한 상황이다. 이제는 한정된 연구자원을 효율적으로 투입하여 R&D 투자의 생산성을 제고하고 투자효과를 가시화 시킬 수 있는 계량경제학적인 파급효과분석 방법의 시도가 필요하게 되었다.

지금까지 우리나라의 비용편익비(Benefit/Cost Ratio, BCR)를 비롯한 경제적 파급효과분석은 주로 대형 공공시설 등의 타당성 차원이거나 환경영향평가개념에서 수행되었다고 판단할 수 있다. 실질적으로 비용편익분석은 기업에서의 관점과는 달리 사회적 관점 또는 국민경제 전체의 관점에서 비용과 편익을 산정하고 있다. 즉 어떤 공공사업의 추진으로 인하여 발생하는 비용과 비교하여 사회적으로 바람직한 편익이 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. 지하수자원기술은 특성상 민간이 담당하기 어려운 분야인 기초·원천, 공공복지 및 공유성 기술(Generic Technology)에 관련된 기초·응용·개발연구로서 실용화 연구 및 상품개발의 전유성 기술분야와는 다소 상이하거나 기획단계에서부터 연구의 효율성 등을 예측하고 연구가 효율적으로 수행될 수 있도록 하는 측면에서 경제적 파급효과 분석은 그 자체의 파급효과가 크다고 할 수 있다.

어느 국가를 막론하고 전략기획과 경제적 파급효과의 평가는 공공연구 프로젝트를 효율적으로 관리하기 위해 활용되고 있다. 처음에는 공공연구의 특성과 결과에 대한 정보교환과 효과적인 관리를 위한 도구로 경제적 파급효과 연구를 수행했으나 지금은 연구개발 투자에 대한 결과의 타당성 확보의 중요한 자료로 활용되고 있어 이에 대한 관심은 증대하고 있다(남경희, 2003). 실질적으로 국가 산업발전을 지원하는 연구개발 관련 연구전문기관에 대한 요구는 증대되고 이러한 경향은 경제성 분석에 대한 필요성을 강조하고 있다. 이는 정부의 공공연구 과제에 대한 경제적 파급효과 평가가 공공연구기관의 평가와 연계되어 향후 연구개발 활동에 영향을 받게 되고, 공공연구 프로

그램이 증가함에 따라 과제의 기획 및 파급효과 평가 활동을 증가하게 만들었고 이에 따른 평가기법에 대한 관심이 더욱 커지고 있는 것이다.

## 2. 지하수자원기술 경제적 파급효과 분석 방법론

연구사업의 기술적 경제적 타당성을 검토하기 위해서는 기술성 분석, 시장성 분석 및 경제성 분석을 수행할 수 있다. 경제성 분석 평가모형에는 조건부가치측정법(CVM: Contingent Valuation Method), 가상현실평가모형(CEM, Counter-factual Evaluation Model), 경제성장모형, 연구개발자본 모형, 파급효과모형 및 산업연관분석모형 등이 있다(김정흠, 1999; 설성수 등, 2002). 그중에서 대체시장을 통한 간접분석방식을 적용하기 힘든 경우에 적용할 수 있는 것이 조건부가치측정법으로서 설문조사를 통해 특정 재화의 가치를 직접적으로 도출해 내는 방식이며 현재 환경재의 가치측정에 있어 가장 널리 활용되는 방법론이다(김광임, 2002; 김지현, 2002). 그러나 CVM 평가모형은 가상적 편의(hypothetical bias), 전략적 편의(strategic bias), 정보 편의(information bias, design bias), 지불수단 편의(payment vehicle bias), 고정점 편의(anchoring bias), 포함 효과(embedding), 지불의사액(WTP)과 수용의사액(WTA)간의 괴리 및 무응답 편의(nonresponse bias) 등의 단점을 갖고 있다. 이러한 문제를 보완하기 위해 설문지에 대한 사전 조사(pre-testing), 응답 자료의 보완, 설문지의 완성도 제고 및 조사자에 대한 세심한 교육 등의 노력이 필요하다. 반면에 CEM 방식에서 비용은 실제 투입한 금액을 산출하고, 편익은 연구의 결과가 없을 경우에 산업체가 지불해야하는 비용을 관련 산업체의 조사를 통해 구하는 방식으로서 표준 및 각종 규제 제정시에 널리 활용되는 방식이다(NIST, 1998, 1999, 2000, 2003).

정부에서 수행한 대형 개발사업은 개별사업별로 경제성 분석을 수행하여 왔으며, 1994년부터 1998년까지 시행된 대규모 개발사업에 대해 타당성 조사 33건중 1건만이 타당성이 없는 것으로 보고되고 있다(건설교통부, 1999). 국내의 비용편익분석은 한국표준과학연구원을 중심으로 국가표준기술의 비용편익분석을 활발하게 추진되고 있다. 이와는 다소 상이하지만 이철원 등(2002)은 한국기초과학연구원의 『연구장비활용사업의 경제적 성과분석연구』에서 해당 사업의 직접 경제적 성과 추정 투입대비 산출비를 2.17배, 간접 사회·경제적 성과추정을 기회가치 8.7배, 산업연관가치 21.7배로 산출하고 있다. 김학민 등(2003)의 선도기술개발사업(G7)의 경제적 파급효과 분석결과는 G7

사업의 GDP 기여도는 '92-2001년 사이에 약 2.7%, GDP 증가분에 대한 기여액은 총 5조 1천억('95불변가격)으로 추산하고 있으며, 비용편익분석('92-2003년) 결과 순현재가치(NPV)는 약 8,867억원, 내부수익율은 약 22.4%, 비용편익비율은 1.34배로 계산하고 있다. 김광임 등(2002)의 대규모 개발사업의 환경경제성 분석도입 방안(I)에서도 구미-옥포 및 대전-당진간 고속도로 건설의 경제성 분석 결과에 따르면 구미-옥포구간은 비용편익비율 1.31, 순현재가치 4,194억원, 내부수익율 12.39%, 대전-당진구간은 비용편익비율 1.26, 순현재가치 5,166억원, 내부수익율 11.99%로 분석되었다.

지하수자원기술 연구개발의 특성은 공공 목적의 조사·탐사개발이거나 연구개발에 따른 새로운 이론 및 방법론의 정립 형태가 대부분이므로, 건설 등의 사업의 편익과는 구분되어야 할 것이다. 이러한 경우에 연구개발의 직접편익을 산정하기는 더욱 어렵다. 이러한 문제점의 해결책으로 「연계되어 실시되는 후속사업」으로부터의 간접편익을 산정하는 방법을 찾아야 한다. 첫 번째 대안으로 연구개발의 편익은 사업 시 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. 과제분석

우리나라의 지하수 자원은 지질학적 특성으로 인해 지표수 자원과 마찬가지로 다른 국가에 비하여 빈약한 실정이며 무절제한 지하수 개발과 지하수공에 대한 관리소홀로 인해 지하수의 수질 또한 점점 악화되고 있다. 이러한 시점에서 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 기술개발 및 제도개선 측

면에서 경제적 중요성이 있다고 할 수 있다.

본 분석 대상연구과제의 내용은 부산·광주·울산 지역의 '지하수 관측망 구축과 지하수 자료의 DB구축', '지하수 오염방지 및 치유·개선 후 음용화', '지하수의 개념적 모델 완성', '지하수 오염원 추적기법 연구'이다(성익환 등, 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 오염방지 및 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 현장 적용 기술의 확립이다. 경제·산업적 측면에서는 방치된 지하수공의 재활용으로 신규 지하수공 개발 되메음 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. 편익요소분석

위 과제분석을 통해 연구대상 사업의 내용 및 범위, 연구결과, 연구성과를 파악할 수 있었다. 여기서 연구결과와 연구성과는 많이 혼용해서 쓰는 개념이긴 하지만 대상 사업의 경제적 효과를 산정함에 있어서는 명확하게 구별해야 한다. 1차적 연구결과인 output은 기존의 "투입 요소들 간의 상호작용에 의해 나타난 산출물의 총체"라는 정의에서 "연구개발로 인해 나타난 1차적 성과물"로서의 정의로 전환을 요구하는 개념으로 새로운 지식, 기술 보고서, 논문, 발표, 인용 분석 등을 포함할 수 있다. 이러한 연구결과(output)는 기관 내 소화과정 및 외부 이전과정을 거쳐 최종성과인 outcome을 산출하게 된다(김선근, 2002). Outcome은 연구개발로 인한 편익을 발생하게 하는 산출물로 outcome이 명확히 제시되어야 연구개발의 편익 요소를 선정할 수 있다. 연구대상 사업의 input, output, outcome의 요소를 가시화하기 위해 기술개발자 및 사회·경제 전문가의 학제간 연구를 통해 Input-Output-Outcome Roadmap을 작성하였다. 그 결과 대도시지역 지하수 오염

저감기술연구의 편익 요소는 지하수의 음용화 시설 구축, 수문지질학 정보 구축, 해당 지역 지하수의 오염방지 및 복원개선 대책 방향 정립, 지하수 체계적 관리를 위한 지하수법의 적용 기반 자료로 나타났다.

기존에 음용수로 이용할 만큼 수량이 풍부하지만 현재 질산성질소의 과다로 인해 음용수로 적합하지 않은 부산지역의 수영초등학교와 광주지역에 지하수 개선시설을 설치함으로써 음용수 기준에 적합하게 되었다. 지하수의 음용화 시설 구축 편익은 해당 지역 시민의 지하수자원의 음용화에 따른 가치를 산정함으로써 계량화할 수 있다. 그리고 수문지질학 정보 구축 편익은 지하수오염저감 사업에 앞서 지하수 수 조사 및 지하수 관련 정보 DB 구축으로 인해 발생 가능한 편익으로, 지방자치단체에게 필요한 지하수 관리 기본계획 및 폐기물 처리시설 건설 등 도시계획에 필요한 수문지리학적 정보 제공 등의 역할을 함으로써 나타나는 편익이다. 이는 지하수 관련 데이터의 가치를 산정함으로써 계량화할 수 있을 것이다. 또한 부산·광주·울산 지역 지하수의 수질저하의 원인 규명 및 지역별 수질특성 파악으로 지방자치단체가 가지는 편익요소로 볼 수 있다. 이는 지방자치단체의 잠재적인 정책 기반 정보 이용 편익을 산정함으로써 계량화할 수 있으나 본 연구에서는 연구성과(outcome)로의 제시에 그친다. 본 대상사업의 연구결과로 인해 음용수로 부적합한 대도시의 지하수는 간단한 수처리 기술만 적용하여도 음용화 가능하며 기존의 댐 건설 등 고비용의 지표수에 집중된 수자원 정책에서 지하수 자원을 활용하는 정책으로의 전환이 필요하다는 정책적 시사점을 얻었다. 이는 국가 물수급 계획의 안정적 운영 기반이 되는 정책적 시사점으로 현행 지하수법의 개정을 요구하게 된다. 따라서 본 과제의 연구결과의 정책 기반 자료로의 효과를 계량화할 필요가 있으나 마찬가지로 본 요소는 연구성과(outcome)로의 제시에 그친다.

### 3.3. 경제적 파급효과 분석 결과

대도시지역 지하수 오염저감기술의 경우 발생하는 편익의 사용기간은 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(김홍배, 1997; 김동건, 2003). 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 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. 그리고 비용요소는 본 연구사업의 연구개발비에 편익을 발생시키는 모든 연구 및 사업의 비용이 산정되어 있으므로 연구사업의 결과가 보고되어 있는 1998년도에서 2002년도에 집행된 연구개발비로 산정한다.

지하수의 음용화 시설 구축으로 인한 편익은 해당 지역 시민의 지하수자원의 음용화에 따른 가치를 산정함으로써 계량화할 수 있다. 수자원에 대한 가치 추정 연구는 김광임 등(2002)의 연구에서 정리된 바 있다. 본 연구에 필요한 자료는 비상 시 식수의 수량 확보이므로 수량 확보에 대한 분석을 추가하여 다음의 표와 같이 나타내었다(곽승준, 1993; 김도형 등, 1994; 황영순 등, 1999; 엄영숙, 2000; 김광임 등, 1999; Howe *et al.*, 1994; Stenger · Willinger, 1998)(Table 1). 다음 표에 따르면 황영순 등의 연구가 우리나라 국민을 대상으로 한 수량 확보에 대한 유일한 논문이며 본 연구개발 사업과도 시기상·지역상으로 적합한 자료임을 알 수 있다. 본 논문은 조건부가치평가 시 '가뭄에 따른 단수를 방지하기 위한 비상급수용 저수지의 지불의사'를 물었으나 비상시 수량 확보를 위한 지하수자원 또한 동일한 지불가치를 갖는다고 볼 수 있다. 따라서 황영순 등의 가치 산정 결과에 따라 부산지역 수영초등학교 주변 시민의 지하수 자원 확보에 대한 지불가치를 가구당 월 3,570원으로 산정한다. 또한 황영순 등의 연구는 부산지역을 대상으로 면접조사한 결과이나, 이는 가구 월소득, 주택 형태, 약수·지하수·생수 이용 경험 등에 의해 영향을 받는 것으로 부산과 광주의 차이를 무시할 수 있는 것으로 본다면 광주지역의 지하수 자원 확보에 대한 가치 산정 시에도 적용 가능하다.

위와 같이 지하수자원 확보의 지불가치를 산정하였으나 해당 지역 시민의 지하수 음용 편익의 계량화하려면 지하수 자원의 이용 인구를 산정해야 할 것이다. 이는 실제로 현장조사를 통해 실제의 데이터를 구해야 할 것 이나 연구기간과 예산의 한정으로 지하수자원 이용에 대한 통계 자료를 이용한다(문현주, 2001). 환경부(2000)의 1999년도 상수도통계에서 우물·샘의 이용현황에서 1999년도의 우물·샘의 현황은 70개소이며 이용인구 3,426,332명으로 산정한 바 있다. 이러한 통계자료는 평균 우물·샘 1개당 48,947명이 이용하고 있으며 가구 수로는 15,178가구임을

**Table 1.** Valuation study of running water and groundwater

	Case study	Valuation	Study Areas	Benefit Assessment	Types of Survey
CASE 1	Willingness to Pay for Water Charges (improvement of water quality)	2,560won/month/household	Seoul	Contingent Valuation Method	interview
CASE 2	Averting Cost for Clean Water (Improvement of water quality)	7,5009,300won/month/household	Seoul	Averting Behavior Model	mail (Averting Behavior)
CASE 3	Willingness to Pay for Water Charges (improvement of water quantity)	3,570won/month/household total : 4.2billion won	Busan	Contingent Valuation Method	interview
CASE 4	Willingness to Pay for Water Charges (improvement of water quality)	As : 1,887won/person Pb : 1,523won/person THM : 465won/person	Jeonju	Experimental Market Method	experimental market (bidding)
CASE 5	Averting Cost for Clean Water (Improvement of water quality)	7,800won/month/household	Seoul /Chun cheon/ Gyeongji	Averting Behavior Model	interview
CASE 6	Willingness to Pay for Water Charges (improvement of water quantity)	1.47\$/month/household	Colorado	Contingent Valuation Method	interview
CASE 7	Willingness to Pay for Groundwater Quality preservation	Dichotomous Choice Method : 692FF/year/household Open-ended Questionnaires : 709FF/year/household	Western Europe (Alsace)	Contingent Valuation Method	interview (Dichotomous Choice Method, Open-ended Questionnaires)

나타내고 있다. 위 결과를 실제 음용화 지하수공이 위치한 지역의 가구 수와 비교해 보면 통계청의 2000년도 지역별 상세 가구조사 결과 부산지역의 수영구의 경우 54,416가구이며 광주지역의 북구 145,601가구, 광산구 72,891가수로 비상시 지하수자원을 이용한다는 가정에서 합리적인 결과임을 알 수 있다.

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 744백

만원이다. 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 193.4억원이다. 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(Table 2).

**Table 2.** Valuation of benefit by setup of drinking water facilities

	Valuation	Estimated value	Remarks
	Cost(FY2002 Present Value)	5.09 billion won	R&D Cost
	Benefit(FY2002 Present Value)	29.01 billion won	Willingness to Pay for drinking water facilities
	Net Present Value(NPV)	23.92 billion won	Benefit-Cost
	Benefit/Cost Ratio(BCR)	5.70	Benefit/Cost
	Internal Rate of Return(IRR)	86%	interest rate that makes net present value equal zero(time value of money)

지하수 데이터 및 지질정보의 가치 계량화는 연구개발의 성과물인 이론 및 방법론의 가치를 직접 산정하는 방법과 개발사업 시 발생하는 편익의 전체 또는 일정분으로 산정하는 방법, 개발사업 비용의 저감분 및 편익의 증가분으로 산정하는 방법을 통해 가치화할 수 있다(안은영 등, 2004; Ellison · Calow, 1996; Reedman *et al.*, 2002)(Table 3). 그러나 연구개발의 성과물인 이론 및 방법론의 가치를 직접 산정 방법론은 정부기관 관료가 해당하는 사업에 투자하는 시간가치 산정 등의 방법을 통해 가치를 산정하는 방법으로 본 해당 사업인 지하수 오염저감 기술연구의 범위를 넘어서게 된다. 또한 개발사업 시 발생하는 비용의 저감분 및 편익의 증가분으로 산정하는 방법론은 표의 내용과 같이 수문학 정보의 유무에 의한 시추성공률 등의 변화를 산정하는 방법으로 본 연구사업에

적용하기에는 무리가 있다. 따라서 본 연구사업의 경우 개발사업 시 발생하는 편익의 전체 또는 일정분으로 산정하는 방법이 적합하다. 본 연구에서는 기존의 연구와 같이 편익의 전체로 지하수 데이터 및 지질정보의 가치를 산정하는 단순한 방법을 넘어서서, 개발사업의 편익에서 지하수 데이터 및 지질정보의 구축이 가지는 기여도를 모의설문으로 산정한다. 지하수오염저감 연구사업 수행의 경험을 가진 전문가를 대상으로 직접 설문조사를 실시한 결과, 지하수오염저감사업 편익에서 지하수데이터의 생성의 기여도는 2~28%로 나타났다. 이러한 결과는 편차가 심하며 소수의 전문가를 대상으로 한 결과로서 연구결과를 일반화하기에는 문제가 있으므로 보수적으로 하한선인 2%의 가치를 가지는 것으로 산정했다. 200개 내외의 추가적인 음용화시설 구축을 포함하여 지하수오염 저감사업에 대한

**Table 3.** Case valuation study of groundwater and geological information

	(1) Quality Evaluation of R&D's Outputs	(1) Quality Evaluation of R&D's Outputs	(2) Benefits Analysis of R&D's Outcomes	(3) Cost Efficiency Analysis of R&D's Outcomes	(3) Cost Efficiency Analysis of R&D's Outcomes
subject	Geological Mapping Information	Geological Mapping Information	Geological Information and Background Knowledge	Geological Information	Hydrogeological Information
method	Local authority's Value of Time for Mineral Planning	the Staff's Value of Time for Water Management	Contribution for Minerals Industry and Production	Reduction of the Site Investigation Costs	Reduction of the Groundwater Exploration Cost
annual value	£1M	£0.1M	0.1% of Minerals Industry's Benefit 0.05% of Minerals Production Benefit	25% of the Road Building's Value	751,000
	Ellison&Calow (1996)	Ellison&Calow (1996)	Ellison&Calow (1996)	Ellison&Calow (1996)	Reedman et al., (2002)

**Table 4.** Valuation of groundwater information

Valuation	Estimated value	Remarks
Benefit (FY2002 Present Value)	38.68 billion won	- Benefit of one drinking water facility : 9.67 billion won - Groundwater information's technology factor for benefit of one drinking water facility : 2%

**Table 5.** Valuation of economic impact analysis on a R&D project of groundwater remediation in the metropolitan areas

Valuation	Estimated value	Remarks
Cost(FY2002 Present Value)	5.09 billion won	R&D Cost
Benefit(FY2002 Present Value)	67.69 billion won	Benefit of drinking water facilities Benefit of Groundwater information
Net Present Value(NPV)	62.60 billion won	Benefit-Cost
Benefit/Cost Ratio(BCR)	13.30	Benefit/Cost
Internal Rate of Return(IRR)	152%	interest rate that makes net present value equal zero(time value of money)

지하수데이터 생성의 경제적 파급효과를 계량화한 결과 2002년의 현재가치는 386.8억으로 나타났다(Table 4).

최종적으로 대도시지역 지하수 오염저감기술사업의 경제적 파급효과 분석 결과, 2002년도 현재가치로 환산한 본 연구사업의 비용은 50.9억원, 편익은 676.9억원, 순 현재가치(NPV)는 626.0억원, 비용편익비는 13.3, 내부수익율은 152%로 나타났다(Table 5).

#### 4. 결 론

본 사례연구결과 지하수자원기술연구 중 대도시지역 지하수 오염저감기술사업의 경제적 파급효과는 2단계를 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 조건부가치추정법을 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, 순 현재가치(NPV)는 626.0억원, 비용편익비는 13.3, 내부수익율은 152%로 나타났다. 본 연구는 지하수오염저감 실행사업을 염두해 둔 연구개발의 필요성 측면에서 경제적 파급효과 분석을 분석한 것으로, 연구개발과 개발사업의 편익을 구분하여 접근하고자 하였다. 추후 지하수 데이터 및 지질정보의 가치 계량화에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- 건설교통부, 1999, 공공건설사업 효율화 종합대책 정책자료집, p. 164.
- 곽승준, 1993, 수질개선의 편익추정: 조건부가치추정방법과 반모수 추정법의 적용, 자원경제학회지, 3(1), p. 183-198.
- 김광임, 1999, 수질오염의 사회적 비용 계량화 연구-I.한강수계를 중심으로-, 한국환경정책·평가연구원, p. 23-80.
- 김광임, 여준호, 정홍락, 정희성, 2002, 대규모 개발사업의 환경경제성 분석 도입방안, 한국환경정책·평가연구원, p. 31-153.
- 김도형, 김경환, 1994, 회피행동 분석을 이용한 서울시 수도물 수질개선의 편익추정, 자원경제학회지, 3(2), p. 57-87.
- 김동진, 2003, 비용편익분석, 덕영사, p. 129-154.
- 김선근, 2002, 공공연구개발성과의 기술확산 메커니즘 분석과 정책방안 연구, 과학기술정책연구원, p. 27-36.
- 김정흠, 1999, 기술가치평가의 개요, 1999년 기술혁신학회 콜로퀴엄, p. 1-6.
- 김지현, 2002, 환경을 고려한 하천정비사업의 비용편익분석, 국토계획 37(2), p.189-201.
- 김학민, 2003, 선도기술개발사업의 프로그램 종합분석에 관한 연구, 한국과학기술평가원, p. 440-475.
- 김홍배, 1997, 비용편익분석, 홍문사, p. 396.
- 남경희, 2001, 비용함수에 의한 측정표준투자의 경제적 효과분석, 기술혁신연구 4(2), p. 172-181.
- 문현주, 2001, 상수이용에 대한 물자원의 합리적 가격화연구, 한국환경정책·평가연구원 기본과제연구보고서, 한국환경정책·평가연구원, p. 146.
- 설성수, 2002, 업종별 기술가치평가 기본모델 구축사업, 한국기술거래소, p. 168-201.
- 성익환, 1998, 지하수 오염방지 및 음용화 기술연구(부산지역) 중간보고서, 한국지질자원연구원.
- 성익환, 1999, 지하수 오염방지 및 음용화 기술연구(부산지역) 결과보고서, 한국지질자원연구원.
- 성익환, 2000, 광주지역 지하수 오염개선연구 연차보고서, 한국지질자원연구원.
- 성익환, 2001, 광주지역 지하수 오염개선연구 결과보고서, 한국지질자원연구원.
- 성익환, 2002, 울산지역 지하수 오염 저감기술연구 연차보고서, 한국지질자원연구원.
- 안은영, 김성용, 이재욱, 한만갑, 2004, 지구과학 지식의 공공개발사업에의 기여도 분석연구, 한국지구과학회 2004년도 춘계 학술발표회 논문집, p.174.
- 엄영숙, 2000, 실험시장접근법을 이용한 먹는 물 수질개선에 대한 지불의사 추정, 자원·환경경제연구 9(4), p. 747-771
- 이철원, 2002, 첨단연구장비공동활용사업의 경제적성과 및 기여도 분석연구(한국기초과학연구원), (주)기술과가치, p. 2-5.
- 환경부, 2000, 1999 상수도통계, p.4.
- 황영순, 엄미정, 김태유, 1999, 수도물 공급신뢰도 개선의 가치 추정-조건부 가치추정법을 이용하여-, 자원환경연구 8(1), p. 109-126.
- Ellison, R.A., and Calow R., 1996, The Economic Value of BGS Geological Mapping in the UK, British Geological Survey, p.25.
- Howe, C.W., and M.C, Smith, 1994, The value of water supply reliability in urban water system, Journal of Environmental Economics and Management 26, p. 19-30
- NIST, 1998, Planning Report, Economic Assessment of the NIST Ceramic Phase Diagram Program, <http://www.nist.gov/director/prog-ofc/report98-3.pdf>.

NIST, 1999, Assessing the Economic Impacts of Government R&D Programs, <http://www.nist.gov/director/planning/methodologytalk.pdf>.

NIST, 2000, Strategic Planning and Economic Analysis at NIST, <http://www.nist.gov/director/planning/strategicplanning.htm>.

NIST, 2003, Outputs and Outcomes of NIST Laboratory Research, <http://www.nist.gov/director/planning/studies>.

htm.

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

Stenger, A. and Willinger, M., 1998, Preservation value for groundwater quality in a large aquifer: a contingent-valuation study of the Alsatian aquifer, *Journal of Environmental Management* **53**, p. 177-193.