

지질자원 연구개발을 위한 상시가동 물성실험실 구축의 경제적 파급효과 분석

안은영* · 이상규

한국지질자원연구원

Economic Impact Analysis of the Ready-Operational Physical Properties Laboratory on Geoscience and Mineral Resources

Eun-Young Ahn* and Sang-Kyu Lee

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), 30 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Korea

To offer R&D infrastructure on geoscience and mineral resources area, a new project was launched in KIGAM to build-up of a 'Ready-Operational Physical Properties Laboratory'. In this study, we evaluate the economic impact of the concentration of physical properties measurements equipment and facilities in KIGAM. As centralization of physical properties measurements of earth samples, the direct effects, annual measurement cost reduction and equipment opportunity cost are expected 1,095 million Won (US\$1.095 million) and 1,440 million Won (US\$1.440 million) in present aspects, and 1,110 million Won (US\$1.110 million) and 1,527 million Won (US\$1.527 million) in future aspects. The indirect economic effect by increasing of the relative papers is estimated 7,524 million Won (US\$7.524 million) by the input cost approach, and the contributions of gross domestic product are 8,010 billion Won (US\$8.010 billion) in the heavy construction industry and 260 billion Won (US\$0.260 billion) in the mining and quarrying industry.

Key words : Ready-operational physical properties laboratory, Economic impact analysis, Outcome

지질자원 연구개발 분야에서 상시가동 물성측정실험실의 구축은 관련 장비의 집중화로 인한 비용절감, 연구지원 및 전문인력 양성, 연구활동 강화, 산업지원효과를 기대할 수 있다. 본 연구는 상시가동 물성측정실험실 구축의 비용절감 효과, 논문/특허 및 산업에 미치는 영향을 계량화하였다. 분석결과, 국내 수요를 모두 대체할 경우 현재 기준으로 연간 10억 95백만원, 향후 연간 14억 4천만원의 실험비용절약효과를 기대할 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 국내 시설장비 구축비용을 모두 대체하는 경우 현재 연간 11억 1천만원, 향후 연간 15억 27백만원의 기회비용 효과를 기대할 수 있다. 비용접근법과 기여도분석을 통해, 상시가동 물성실험실 구축/운영으로 인해 논문 발생 증가의 기여가치는 연간 75억 24백만원으로 산정된다. 물성측정 서비스의 가치는 산업의 기여도 분석으로 토목건설업에서 연간 8조 1백억원, 광업에서 연간 2천6백억원으로 총 연간 8조 27백억원의 산업 기여효과를 기대할 수 있다.

주요어 : 상시가동 물성실험실, 경제적 파급효과, 연구개발 성과

1. 서 론

지질자원 분야의 연구개발을 위해서는 많은 인프라를 필요로 한다. 연구시설장비 구축은 연구개발을 위한 인프라로 중요성이 인식되고 있으며, 지층시료의 물성측정은 지하수, 토양, 암석으로 구성되는 지하물질의

물성으로부터 야기되는 제 현상을 계측하고 해석하는 것으로 지질자원 연구개발의 기반으로 인식되고 있다. 이에 따라 지층시료의 물성을 필요할 때 언제나 신속하게 측정할 수 있는 연구인프라 제공을 위해 상시가동 물성측정실험실을 구축하려는 기획 사업이 한국지질자원연구원에서 시작되었으며, 국내에 상시가동 물성

*Corresponding author: eyahn@kigam.re.kr

측정실험실이 운영되는 경우의 직간접적 경제적 파급 효과를 정량화하는 연구가 요구되었다.

상시가동 물성실험실은 경제적 파급효과 분석 대상 사업은 공통물성(밀도, 공극율, 함수율, 투수율 등) 측정, 전기물성(전기비저항, 전기전도도, 시간영역 유도분극, 주파수영역 유도분극, 유전율), 초음파속도(P파, S파), 자기물성(대자율, 투자율)을 측정하기 위한 상시가동 물성실험실을 한국지질자원연구원에 구축하는 사업이다. 본 경제적 파급효과 분석은 상시가동 물성측정실험실 구축의 비용과 편익을 비교하여 구축의 타당성을 판정하는 것이 아니라, 상시가동 물성측정실험실의 지질자원 분야 연구인프라적 특성을 정량화하기 위한 것으로 직간접적 경제적 효과를 분석 대상으로 한다. 본 연구의 2장에서는 공공기관의 연구시설 및 장비 구축 사업에 대한 경제적 가치 및 파급효과 분석 연구를 살펴보고 본 대상 사업의 경제적 파급효과 분석 방법론을 확정한다. 그리고 3장에서 경제적 파급효과 연구결과로 연구시설장비 구축으로 인한 비용절감과 기회비용, 논문/특허 및 산업에 미치는 영향을 산정한다.

2. 기존연구 분석 및 연구방법

공공기관의 연구시설 및 장비 구축 사업에 대한 경제적 가치 및 파급효과 분석 연구로서, 먼저 Heo *et al.*(2005)은 국립과학관 신축의 가치를 가구당 연간 지불금액을 통해 연간 186억원-222억원, 총 2,011억원-2,400억원으로 산정하였다. 이는 비시장재화의 가치를 측정하기 위해 응답자에게 직접적으로 대상 재화의 가치를 묻는 진술선호기법(stated preference method)의 조건부 가치추정법(contingent valuation method, CVM)으로, 과학관에 대한 국민들의 지불의사액(willingness-to-pay, WTP)를 측정한 결과이다.

다른 연구로 Jeong *et al.*(2006)은 기초과학시설인 양성자가속기의 경제적 편익을 컨조인트분석기법(conjoint analysis method)을 통해 1인당 시간당 193만원의 가치를 산정하였다. 이 방법론은 효용을 창출하는 것은 상품 그 자체가 아니라 상품이 보유하는 속성들이라는 이론에 근거하여 설문조사를 통해 어떤 제품이 가지고 있는 속성에 대해 이용자가 부여하는 효용을 추정하는 연구방법으로, Jeong *et al.*(2006)은 가속기의 속성을 양성자가속기 에너지, 양성자가속기 빔 전류, 접근성 및 경비절약, 이용자편의시설, 기술지원 팀 및 연구부대시설, 교류가능한 연구자수(연간 시설이

용자), 시설이용료(시간당)로 구분하고 이에 따른 가치를 산정하였다. Heo *et al.*(2005)과 Jeong *et al.*(2006)의 연구는 국립과학관과 양성자가속기라는 표준화가능한 단일한 서비스를 제공하는 연구시설 및 장비 구축 사업에 대한 것으로, 본 연구의 대상 사업인 물성측정실험실의 서비스를 표준화하여 지불의사액이나 효용을 설문하기에는 어려움이 있다.

본 연구대상 사업과 비슷한 사업에 대한 분석으로 Lee(2002)는 한국기초과학지원연구원의 첨단연구장비 공동활용사업에 대하여 경제적 효과분석을 시행한 바 있다. Lee(2002)는 경제적 성과(Outcome) 분석으로 첨단연구장비 공동활용을 통한 분석지원 서비스의 직접적인 효과(분석지원의 가치), 수혜자 성과(논문의 가치, 문제해결가치, 교육의 가치), 사회경제적 파급효과(기회비용가치, 산업연관분석가치)를 구분하였고, 상대비교 분석으로 한국기초과학지원연구원과 유사한 서비스를 제공하는 기관과의 차별성을 분석하기 위해 공동활용 방법에 따른 유형화를 실시하고 각 유형별 성과의 차별성을 비교분석하였다. Lee(2002)는 기초과학분야 논문 1편의 산출을 위해 직·간접적으로 투입된 비용(연구비, 인건비) 추정으로 4,600만원의 논문의 가치를 산정한 바 있으며, 기술개발 연구의 경제적 효과 2.86-6.67배를 적용하여 논문의 사회적 가치 전환지수를 1.32배로 산정하였다. 그리고 해당 사업의 논문 작성에의 자료수집 및 분석에의 기여도로 20.64%를 산정하여, 첨단연구장비공동활용사업의 논문 기여도를 10.32%로 산정하였다.

논문과 마찬가지로 방법으로 비용접근법(Cost approach)에 의한 특허 가치를 산정할 수 있다. 하지만 논문과는 달리 특허의 경우는 실시계약 등을 통해서 실제로 수입을 발생시키므로, 시장접근법(Market approach)나 수익접근법(Income approach)으로 특허의 시장가치를 통해 산정이 가능하다. Guellec and Potterie(2001)는 OECD 국가를 대상으로 연구개발의 결과물로서 특허 자료 분석을 통해 국민 경제에 미치는 효과를 분석하였으며, Lee(2002)는 산업자원부 공업기반기술개발사업(현 산업기반기술개발사업)의 10년간 특허자료(83개)를 토대로 다음과 같은 회귀 모형을 제시하고 유의한 계수를 추정하였다.

$$\ln V_i = \alpha + \beta_1 \ln TR_i + \beta_2 \ln MK_i + \beta_3 \ln RD_i + \epsilon_i$$

V_i : 이윤의 개념으로 정의된 기술가치

TR_i : 기술수준, 개발 후의 기술수준을 세계 최고 기술수준으로 나눈 비율

MK_t : 시장의 성장규모(완료시착수시의 국내 시장 규모의 변화)

RD_t : 해당 기업의 기술개발투자 ϵ_t : 오차항

$$\ln V = 2.129 + 1.182 \ln TR + 0.249 \ln MK_t + 0.250 \ln RD_t$$

위와 같은 방법은 동일 특허기술이 산업에 적용되어 창출하고 있는 수익 데이터를 수집하여 경제적 효과를 분석하는 방법으로 향후 특허자료, 시장자료 등의 수집을 통해 분석이 가능하다.

앞서 분석한 바와 같이 본 연구의 경제적 효과 분석은 서비스를 표준화하여 전체적인 지불의사액이나 효용으로 나타낼 수 없는 한계가 있어, Lee(2002)와 같이 경제적 성과(Outcome)에 기반하여 각각의 성과(Outcome) 항목의 효과를 계량화한다. 이에 따라 상시가동 물성 실험실 구축시의 효과를 실험실 보유기관과 이용자의 직접효과와 간접효과로 구분할 수 있다. 실험실 보유기관의 직접효과로 분석지원 서비스의 이용도 및 수입을 들 수 있으며, 이용자는 장비의 집중화로 인한 실험 비용의 절감효과를 예상할 수 있다. Lee(2002)의 경우는 사회경제적 파급효과로 기회비용가치를 구분하

였으나, 현재 개별적으로 물성측정을 하고 있는 실험으로 장비구축의 집중화로 인한 기회비용가치는 실험비용절감과 같이 상시가동 물성실험실 구축으로 1차적으로 발생 가능한 것으로 본다. 그리고 직접효과 이외에 물성측정 기술/방법론에 대한 논문/특허의 증가는 실험실 보유기관과 이용자 모두에게 해당되며, 실험실 이용자의 물성측정에 의한 문제해결로 인한 경제적 효과가 발생하게 된다. 또한 새로운 연구가능성 및 연구분야 개척 효과, 세계적 실험실 육성으로 인한 기관 위상 강화 효과 등의 파급효과를 기대할 수 있다. 본 연구에서는 장비의 집중화로 인한 실험 비용의 절감효과와 기회비용가치, 논문/특허 증가로 인한 연구활동 강화 효과, 산업지원효과를 산정한다.

3. 경제적 파급효과 분석

3.1. 직접 효과 분석

물성측정과 관련한 수요를 파악하기 전에, 먼저 현재 가동되고 있는 상시가동 물성실험실의 현황을 조사하였다. 2006년 11월 현재 국내에서 상시가동 물성실험실

Table 1. Present status of physical properties measurement laboratories in Korea.

기관명	측정할 수 있는 물성	물성	측정 기관수
광업진흥공사 기술 연구소	Vp, Vs, 밀도	용액의 전기전도도	2
		전기비저항/전기전도도 (galvanic)	2
지질자원연구원	Vp, Vs, 밀도	전기전도도/전기비저항 (induction)	1
서울대학교	Vp, Vs, 밀도	주파수영역 IP	0
서울대 물리학과	투자율, 대자율	시간영역 IP	0
		유전율	0
세종대학교	용액의 전기전도도, 전기비저항/전기전도도 (galvanic), 밀도, 기타(투수계수, 모세압)	투자율	2
		Vp	4
강원대학교 지구물리학과	용액의 전기전도도, 전기비저항/전기전도도 (galvanic), 전기전도도/ 전기비저항(induction), 투자율, 대자율, Vp, Vs, 밀도, 방사능	밀도	5
		방사능	1
기술표준원 국제공인 시험기관	-	기타(투수계수, 모세압)	1

Table 2. Classification on the present physical properties measurement laboratories in Korea.

유형	분류기준 및 특성	기관
전문 지원형	장비-집중, 인력-전담	-
보조 지원형	장비-집중, 인력-임시	한국지질자원연구원(향후 구축)
전문 활용형	장비-분산, 인력-전담	기술표준원 국제공인 시험기관 광업진흥공사 기술연구소 강원대학교 지구물리학과
개별 활용형	장비-분산, 인력-임시	세종대학교, 서울대 *한국지질자원연구원(현재) *(주)다이크, 충남대학교, KAIST

*표시된 기관은 자체 제보된 기관임

현황에 대해 조사한 결과는 다음과 같다(Table 1).

위 결과는 Lee(2002)의 장비와 인력의 기준을 통해 전문 지원형, 보조 지원형, 전문 활용형, 개별 활용형의 분류기준에 따라, 기존의 상시가동 물성시험실을 특성과 위상을 비교할 수 있다(Table 2). Lee(2002)은 한국기초과학지원연구원의 첨단연구장비공동활용사업에 대하여 특성별 유형 분류를 실시하였다. 향후 한국지질자원연구원에 구축·운영될 상시가동물성시험실은 타 기관과 비교하여 장비가 집중되는 특성을 지녀 타 기관에 비해 상위에 있을 것으로 보인다.

상시가동 물성시험실이 구축될 경우 시간절약, 비용절약, 품질 향상 등의 효과성에 대한 1차 전문가 설문

조사를 실시하였다. 본 설문의 응답자는 총 36명이었으며, 공기업/사기업이 12명, 학계 17명, 정부출연연구원이 7명이며 이때 정책전문가/기획연구전문가는 따로 구분하지 않았다. 그 결과 실험장비가 집중된 상시가동 물성시험실 구축으로 인한 수혜자는 기존의 측정시간의 47.22%로 시간 단축, 기존 측정비용의 46.30%로 비용 단축, 기존 측정 품질에서 66.11% 향상을 예측하였다(Table 3).

위의 효과성에 대한 결과를 토대로, 2차 전문가 설문조사를 통해 물성측정의 수요자 규모와 비용을 파악하였다 설문응답자는 총 41명이었으며, 공기업/사기업이 13명, 학계 20명, 정부출연연구원이 8명이다. 현재

Table 3. Direct effects of the ready-operational physical properties laboratory users

설문항목		응답수	응답 비율	평균 효과
시간단축	기존시간의 1/3 이하로 단축	15	42%	기존 시간의 47.22%로 단축
	기존시간의 1/3-2/3 수준으로 단축	10	28%	
	기존시간의 2/3에서 기존시간 정도로 단축	9	25%	
	무응답	2	6%	
	합 계	36	100%	
비용절약	기존비용의 1/3 이하로 단축	14	39%	기존 비용의 46.30%로 단축
	기존비용의 1/3-2/3 수준으로 단축	13	36%	
	기존비용의 2/3에서 기존비용 정도로 단축	7	19%	
	무응답	2	6%	
	합 계	36	100%	
측정결과 의 품질 향상	기존품질보다 30% 더 향상	9	25%	기존품질에서 66.11% 향상
	기존품질보다 30%-70% 더 향상	9	25%	
	기존품질보다 70%-100% 더 향상	7	19%	
	기존품질의 두배 이상 향상	8	22%	
	무응답	3	8%	
합 계	36	100%		
기타	응답(측정표준달성)	1	3%	-
	무응답	35	97%	
	합 계	36	100%	

출처 : 1차 설문조사 결과 (2006년 11월 22일-29일 결과(응답자 총 36명, 공기업/사기업 12명, 학계 17명, 정부출연연구원 7명))

Table 4. Annual physical properties measurement costs.

수요기관 (수요 인원)	구분	현재 소요비용(만원/연간)			향후 소요비용(만원/연간)		
		설비	인건비	시설장비비	설비	인건비	시설장비비
공기업/사기업 (28명)	합계	28,360	14,000	6,800	40,200	20,800	18,700
	1인당평균	1,091	636	523	1,546	945	1,169
정부출연연구원 (33명)	합계	62,000	56,600	90,000	83,000	62,500	84,000
	1인당평균	1,879	1,715	2,727	2,515	1,894	2,545
교육기관 (37명)	합계	14,360	28,500	14,210	22,170	39,435	50,020
	1인당평균	410	1,018	526	599	1,232	1,667
전체 (98명)	합계	104,720	99,100	111,010	145,370	122,735	152,720
	1인당평균	1,204	1,304	1,682	1,633	1,534	2,121

출처 : 2차 설문조사 결과(2007년 3월 5일-16일, 응답자 총 47명, 공기업/사기업 13명, 학계 20명, 정부출연연구원 14명)

및 향후 물성측정의 수요 인원은 공기업/사기업, 정부출연연구원, 교육기관에서 98명 이상으로 추정되었다(Table 4). 그리고 실험의약품비 등 실비와 인건비가 각각 현재 10억47백만원, 9억 91백만원, 향후 14억 53백만원, 12억 27백만원으로 나타나, 국내 수요를 모두 대체할 경우, 현재 기준으로 10억 95백만원, 향후 14억 4천만원의 실험 비용 절약 효과를 기대할 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 한국지질자원연구원의 상시가동 물성실험실의 구축·운영은 국내 31개 기관 이상의 관련 시설장비 구축비용을 대체하는 경우 현재 11억 1천만원, 향후 연간 15억 27백만원의 기회비용 효과를 기대할 수 있다.

3.2. 논문 및 특허 기여효과 분석

전문가 설문조사를 통해 수혜자 성과 항목의 유효성 및 효과를 살펴보면, 물성 측정결과를 이용하여 직·간접적으로 논문 게재 및 발표, 특허 출원 및 등록, 연구보고서 발간의 효과를 가지는 것으로 나타났다. 평균적으로 1년간 물성 측정의 결과는 1인당 연간 0.90편의 논문게재와 0.99편의 학술발표, 0.17건의 특허출원, 0.11편의 특허등록, 0.64편의 연구보고서를 산출하는 것으로 나타났다(Table 5). 또한 상시가동 물성실험실이 구축·운영으로 기존보다 논문의 경우는 64.63% 더 향상, 특허의 경우 52.20% 더 향상될 것으로 전망되었다(Table 6).

위의 논문과 특허에 대한 기여의 유효성 결과를 토대로 물성 측정 기술/방법론 및 물성측정 결과가 논문과 특허에 기여하는 정도를 산정하기 위해 일반적인 논문과 특허의 구성요소와 그 가중치를 설문하고, 각각의 요소에 대해 기여하는 정도를 알아보았다. 일반적인 논문 작성의 항목은 1) 연구필요성과 목적, 문제점 도출, 2) 선행연구 분석, 3) 연구 방법 선정, 4) 자료 분석, 5) 결과 해석 및 결론으로 구분하여 각각의 항목이 논문 전체에서 차지하는 비중을 설문하였다. 그리고 위의 각각의 항목에 대한 물성측정의 기여도를 '전혀 안됨'에서 '물성측정이 없으면 가능하지 않음'의 10등급으로 나누어 설문하여 기여도가 0으로 나타났을 경우 그 항목에 대하여 물성측정이 전혀 기여하지 못하는 것으로, 기여도 10으로 나타난 경우 그 항목은 물성측정 결과 및 방법론으로 100% 기여하는 것으로 해석하였다. 그 사이의 수치에 대해서는 사람마다의 기준이 다름에 따른 오차가 발생하지 않도록 수치 위에 '전혀안됨', '다른 요인과 같이 일정분 도움이 됨', '다른 요인에 비해 상당히 크게 도움 됨', '다른 요인에 비해 상당히 크게 도움 됨'의 설명을 통하여 정량화하였다.

본 설문항목의 유효 응답자는 38명이었으며, 소속기관에 따라 사기업/공기업 근무자가 13명, 학계 13명, 정부출연연구원 5명, 정책전문가/기획연구전문가 7명이었다. 평균적으로 논문 전체에서 자료 분석이 28.68%

Table 5. Output of the physical properties measurements activities.

	논문게재	학술발표	특허출원	특허등록	연구보고서	기타
응답수(명)	15	16	6	3	12	0
설문자 중 응답율	42%	44%	17%	8%	33%	0%
총 연간 건수	32.3	35.5	6.0	3.8	23.0	-
일인당 평균 연간 건수	0.90	0.99	0.17	0.11	0.64	-

출처 : 1차 설문조사 결과 (2006년 11월 22일-29일 결과(응답자 총 36명, 공기업/사기업 12명, 학계 17명, 정부출연연구원 7명))

Table 6. Estimation of increasing of papers and patents.

항목	논문 증가량		항목	특허 증가량	
	응답수	응답 비율		응답수	응답 비율
1. 변화없을 것	1	2.44	1.	0	0.00
2. 기존보다 30% 더 향상	17	41.46	2.	25	60.98
3. 기존보다 30%-70% 더 향상	12	29.27	3.	9	21.95
4. 기존보다 70%-100% 더 향상	4	9.76	4.	4	9.76
5. 기존보다 100%-200% 더 향상	6	14.63	5.	2	4.88
6. 기존의 세배 이상 향상	1	2.44	6.	1	2.44
응답자 합계	41	100.00	응답자 합계	41	100.00
평균 증가량	기존보다 64.63% 더 향상		평균 증가량	기존보다 52.20% 더 향상	

출처 : 2차 설문조사 결과(2007년 3월 5일-16일, 응답자 총 47명, 공기업/사기업 13명, 학계 20명, 정부출연연구원 14명)

의 가장 높은 가중치를 가지며, 물성측정이 논문 각각의 구성항목에 기여하는 정도는 자료 분석에 대하여 5.29의 가장 높은 기여도로 다른 요인에 비해 상당히 크게 도움이 되는 것으로 나타났으며, 그 다음으로 결과 해석 및 결론과 연구 방법 선정 순으로 기여도를 가지는 것으로 설문되었다. 정부출연연구원의 경우 연구 방법 선정 보다 연구필요성과 목적, 문제점 도출에 물성측정이 더 기여하는 것으로 여기고 있으며, 평균적으로 다른 집단보다 물성 측정의 기여도를 높게 책정하는 것으로 나타났다(Table 7).

본 연구에서는 물성측정이 논문의 자료 분석에 미치는 기여도만을 고려하여, 논문 전체에 대한 자료 분석 항목의 가중치를 적용하여 물성 측정 기술/방법론 및 물성측정 결과가 논문에 기여하는 정도를 15.17%로 산정하였다. 이는 Lee(2007)에서 1995년-2005년까지의 실제 논문조사 결과 452개의 국내외 관련 논문을 찾아내어, 물성측정의 논문 기여가능성이 확인되었다. 또한 Lee(2002)의 첨단연구장비공동활용사업의 논문 작성에의 자료수집 및 분석에의 기여도로 20.64%를 산정하여 논문 기여도를 10.32%로 본 결과와 비교하여 받아들일 수 있다고 하겠다.

특허의 구성항목을 특허공보를 기준으로 하여 1) 발명의 목적/기술적 과제 기술, 2) 기존 기술 분석 및 아이디어 취득, 3) 발명의 구성 및 작용, 4) 발명의 효과/용도로 구분하여, 전체 특허에 대한 각각 항목의 가중치를 설문하였다. 본 설문항목의 유효 응답자는 36명이었으며, 소속기관에 따라 사기업/공기업 근무자가

11명, 학계 13명, 정부출연연구원 5명, 정책전문가/기획 연구전문가 7명이었다. 특히 작성에서 발명의 구성 및 작용 항목이 가장 높은 33.87%의 가중치를 가지며, 물성측정의 각 항목에 대한 기여도 역시 발명의 구성 및 작용 항목에서 가장 높은 4.52의 기여도를 나타내었다 (Table 8). 설문결과로 물성 측정 기술/방법론 및 물성 측정 결과가 특허에 기여하는 정도를 정량화할 수 있으나, 이상규(2007)에서 나타난 바와 같이 분석기간 1983년 3월-2007년 2월에 등록된 특허 중 한국에서 지질자원 분야의 물성측정과 관련한 특허가 5건으로 실제 특허에 대한 기여가능성은 희박한 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 연구성과물로서 논문과 같이 특허에 대한 기여도 산출과 특허 가치를 나타내는 데에 한정하고, 추후 물성 측정 기술/방법론 및 물성 측정 결과가 특허에 기여하는 정도를 화폐가치로 산정하지는 않는다.

마지막으로 논문 및 특허 발표에의 기여가치를 산정하기 위해서는 논문 및 특허 한 건의 평균 가치를 산정해야 한다. Lee(2002)의 연구 사례와 같이 지질자원 분야의 논문과 특허의 가치를 시장거래나 기술료 등의 수익으로 산정하기에 한계가 있어, 비용접근법(cost approach)을 통하여 논문 및 특허 한 건당 연구비용 산정을 통해 각각의 산출물을 나타내게 한 비용으로 가치를 산정한다.

아래와 같이 최근 2년간의 지질자원분야 게재논문 총 편수와 등록특허 총 건수를 조사하였다(Table 9 & 10). (주)한국학술정보 분류 기준에 의한 지질자원분야

Table 7. Contribution estimations on the papers of the physical properties measurements activities.

소속기관	물성측정의 논문에 대한 기여도				
	필요성	선행	방법	분석	결론
사기업/공기업	2.75	2.92	4.33	5.50	5.33
학계	3.19	1.96	4.77	5.92	5.15
정출연	6.17	3.58	5.75	7.17	6.33
정책/기획자	1.50	1.00	1.50	3.75	3.25
전체	3.09	2.26	4.07	5.29	4.79
(가중치)	17.76	11.18	19.34	28.68	23.03

Table 8. Contribution estimations on the patents of the physical properties measurements activities.

소속기관	물성측정의 특허에 대한 기여도			
	목적	분석	구성	효과
사기업/공기업	3.25	4.17	4.50	5.08
학계	2.56	3.63	4.63	3.63
정출연	4.67	5.67	7.00	4.67
정책/기획자	1.00	1.17	1.83	1.67
전체	2.94	3.83	4.52	4.19
(가중치)	18.33	25.69	33.89	22.08

Table 9. Papers on geoscience and Mineral Resources research area.

	2004년도	2005년도
수처리기술(한국수처리학회지)	41	32
터널과지하공간(한국암반공학학회지)	44	47
한국지구시스템공학회지	65	59
한국폐기물학회지	103	96
자원공학 논문 합계	253	234
	2004년도	2005년도
지질학회지	42	39
자원환경지질(광산지질)	53	62
대한원격탐사학회지	38	41
암석학회지	20	23
한국GIS학회지	30	30
한국광물학회지	31	30
한국석유지질학회지	7	6
한국지구과학회지	74	79
지질공학	37	36
고생물학회지	자료없음	19
지구물리(한국지구물리학회지)	31	30
한국결정학회지	자료없음	9
한국지하수토양환경학회지(토양환경)	34	51
지질학논문 합계	397	455
	2004년도	2005년도
계재논문 합계	650	689

출처: (주)한국학술정보 분류 기준으로 선정

Table 10. Patents on geoscience and Mineral Resources research area.

특허등록 건수	2004년도	2005년도
기계	8,439	13,398
화학일반	5,681	9,349
섬유	1,044	1,561
전기통신	23,889	34,662
토목건설	2,442	3,502
채광금속	1,849	2,673
음료의료위생	3,461	4,938
사무용품인쇄	456	645
농림수산	602	797
잡화	1,205	1,987
기타	-	-
합계	49,068	73,512

출처: 부문별 특허출원 및 등록건수, 연구개발 활동조사, KISTEP

계재논문 총 편수는 연간 평균 669.5편이며 특허등록 건수는 2,261건으로 나타나, 해당 분야 총 연구개발비를 고려한 논문 및 특허 한 건당 평균 가치는 각각 8.71억원, 2.64억원으로 나타났다(Table 11). 이에 대해 물성측정 기술/방법론 및 물성 측정 결과의 논문 기여도 15.17%를 적용한 물성측정 실험실의 논문 1편당 기여가치는 1억 32백만원으로 산정된다. 따라서 앞서

제시한 물성측정의 국내 수요자 규모(98명)와 연간 논문게재율(0.90편/인)을 적용하면, 상시가동 물성실험실 구축/운영으로 인해 논문 발생 증가의 기여가치는 연간 75억 24억원으로 산정된다.

3.3. 산업 기여 효과 분석

물성측정의 활용처에 대한 1차 전문가 설문조사 분석 결과 토목설계/시공, 토목구조물 안정성 진단으로 응답한 비율이 27% 정도로 제일 많았으며 석유가스탐사, 지하수조사가 근소한 차이로 뒤를 이었다. 그리고 광물자원탐사와 지구내부 지체구조 연구, 전기잡음연구, 지질재해예방에 대한 응답이 나타났다(Table 12). 물성측정 결과의 활용처에 대한 1차 설문조사 결과와 한국은행 경제통계국(2003)의 산업연관표의 부문분류표 분석을 통해 대상 시장을 결정하였다(Table 13). 대상 시장은 한국은행의 산업 표준분류에 따라 토목건설업과 광업으로 나타났으며, 표준분류에 의해 구분되어지지는 않지만 지하수/온천산업, 공공사업(지질재해 예방), 환경산업이 선정된다. 본 연구에서는 표준 산업분류에 의해 국내 총생산이 발표되는 토목건설업과 광업만 산업 기여효과 분석 대상으로 한다.

물성측정이 산업에 기여하는 정도를 산정하기 위해

토목건설업과 광업의 분류를 조사, 설계, 시공/개발, 서비스/활용으로 구분하고 산업별 특성에 따른 세부 분류를 실시하였다. 토목건설산업의 분류는 1) 지반조사, 부지조사(현장조사, 실내시험), 2) 축조물 설계, 3) 설비,

외장 등 설계, 4) 축조(철골, 콘크리트 공사 등), 5) 설비 설치(계측, 배관, 내화, 전기, 통신 등), 6) 건축마무리(도장, 내장 등), 7) 건설장비 운영, 감리, 모니터링, 보수보강 등으로 나누었다. 본 설문항목의 유효 응답자

Table 11. Unit values of the paper and patent in geoscience and Mineral Resources research area.

	2004년도	2005년도
게재논문 합계(편)	650	689
특허출원 합계(건)	1,849	2,673
정부/공공/민간 총연구개발비 ¹⁾ (억원)	5,399.64	6,276.99
논문 한편당 가치(억원)	8.31	9.11
특허 한편당 가치(억원)	2.92	2.35

주1) 과학기술 표준분류별(지구과학, 에너지 자원) 국가연구개발사업비, 과학기술 지표통계, KISTEP

Table 12. Proposes of the physical properties measurements.

활용처 항목	응답	
	숫자	비율
토목설계/시공(지반조사, 지반정수 산정, 암반등급분류, 내진설계, 일축압축강도, 인장강도, 암반 분류, 지층영상화 등), 토목구조물 안정성 진단	20	27.0%
석유가스탐사(속도구조, 지반조사 연계에서의 지반분류, 퇴적층 저류암의 투수계수 공극율의 평가, 저류층 물성범위파악, 지층영상화, 다상 유체거동 해석 및 예측, 암석의 열생산물 정량, 탐사설계 및 해석-탐사결과와의 신뢰도 검증, 시추공탐사 시 장비교정, 탐사결과와 비교검토)	19	25.7%
지하수조사(탐사설계 및 해석-탐사결과와의 신뢰도 검증, 시추공탐사시 장비교정, 탐사결과와 비교검토, 퇴적층 저류암의 투수계수 공극율의 평가, 저류층 물성범위파악, 지층영상화, 다상 유체거동 해석 및 예측)	18	24.3%
광물자원탐사(탐사설계 및 해석-탐사결과와의 신뢰도 검증, 시추공탐사 시 장비교정, 탐사결과와 비교검토)	11	14.9%
지구내부 지체구조연구	2	2.6%
전기잡음연구, 지질재해예방	1	1.4%
무응답	3	4.1%
합 계	74	100%

출처: 1차 설문조사 결과 (2006년 11월 22일-29일 결과(응답자 총 36명, 공기업/사기업 12명, 학계 17명, 정부출연연구원 7명))

Table 13. Physical properties measurements activities and the industries in geoscience and Mineral Resources.

1차 활용처	2차 활용처	3차(최종) 활용처
지반조사 (암반등급분류, 안정성진단, 지반강도추정)	토목설계/시공 (내진설계)	토목건설업(교통시설건설 ; 도로시설, 철도시설, 지하철시설, 항만시설, 공항시설, 기타토목건설 ; 하천사방, 상하수도시설, 농림수산토목, 도시토목, 전력시설, 통신시설, 기타 건설) 연구개발 : 지하공간개발
지반조사, 암반물성정보화 (지반강도추정)	광물자원탐사	광업(석탄, 원유, 천연가스, 철광석, 비철금속광석, 건설용골재 및 석재, 기타비금속광물)
지반조사, 저류층 물성파악, 회수율 증진	에너지자원 탐사	지열자원산업 신에너지 연구개발 : 가스하이드레이트 등
지하수조사 (암반물성정보화, 대수층평가)	지하수탐사	지하수/온천산업
지반조사, 지반안정성 진단 (건물, 토목시설 제외)	-	공공사업(지질재해 예방)
지하수/토양오염 조사, 광해 조사	지하수/토양오염 처리·복원 광해방지·복원	환경산업 연구개발 : 이산화탄소 처분 등
지구내부지체구조, 지구환경 변화연구 등	-	순수기초연구: 지질학/고고학 논문 기여가치로 산정

Table 14. Contribution estimations in heavy construction industry of the physical properties measurements activities.

	조사	축조설계	설비 설계	축조 시공	설비 시공	마무리	서비스
사기업/공기업	7.18	4.14	2.27	2.91	1.41	1.14	3.64
학계	7.42	4.46	2.79	3.25	1.75	1.54	3.75
정출연	8.50	6.25	5.33	3.75	1.75	1.58	5.33
정책/기획자	4.00	2.50	0.25	1.88	0.25	0.00	2.75
전체	7.12	4.44	2.77	3.06	1.45	1.23	3.88
(가중치)	25.00	15.13	7.72	17.88	12.00	8.22	14.06

Table 15. Contribution estimations in mining industry of the physical properties measurements activities.

	조사	탐사	시추	타당성	방법	실증	건설	생산	활용
사기업/공기업	5.36	6.45	3.64	3.82	3.73	3.86	2.14	2.23	1.45
학계	6.10	6.10	5.10	3.65	3.35	2.55	1.85	2.90	1.80
정출연	5.25	8.00	5.13	4.88	5.38	3.75	3.38	3.63	1.88
정책/기획자	2.75	3.75	3.50	1.00	1.00	0.50	0.88	1.00	0.38
전체	5.24	6.17	4.33	3.52	3.45	2.93	2.03	2.48	1.48
(가중치)	11.21	15.86	8.97	9.93	10.62	7.90	11.00	13.24	11.28

는 32명이었으며, 소속기관에 따라 사기업/공기업 근무자가 10명, 학계 14명, 정부출연연구원 3명, 정책전문가/기획연구전문가 5명이었다. 각 항목에서 물성측정의 기여도는 조사 항목에서 7.12로 물성측정이 없으면 가능하지 않은 정도로 높게 인식하고 있는 것을 알 수 있다. 정책전문가/기획연구전문가의 경우는 4.00으로 다른 요인에 비해 상당히 크게 도움이 되는 정도로 판단하고 있었다(Table 14). 보수적으로 물성측정이 기반조사, 부지조사(현장조사, 실내시험)의 조사 항목에 미치는 기여도만을 고려하여 토목건설산업에서 해당 항목의 가중치를 적용하여, 물성 측정이 토목건설산업에 기여하는 정도를 17.80%로 산정하였다.

광업의 분류는 1) 지질 조사, 2) 탐사(물리/지화학 탐사 등), 3) 시추, 4) 개발타당성 평가, 5) 개발방법 선택/설계, 6) 개발방법 실증시험, 7) 생산시설건설/설치, 8) 생산(채광), 9) 수송, 선별, 제련, 저장, 판매 등으로 나누었다. 본 설문항목의 유효 응답자는 29명이었으며, 소속기관에 따라 사기업/공기업 근무자가 8명, 학계 10명, 정부출연연구원 5명, 정책전문가/기획연구전문가 6명이었다. 각 항목에서 물성측정의 기여도는 탐사 항목에서 6.17로 다른 요인에 비해 상당히 크게 도움이 되는 정도로 판단하고 있었으며, 그 다음으로 조사 항목에서 5.24의 높은 기여도를 보이는 것으로 나타났다(Table 15). 마찬가지로 물성측정이 탐사(물리/지화학 탐사 등) 항목에 미치는 기여도만을 고려하여 광업에서 해당 항목의 가중치를 적용하여, 물성 측정이 광업에 기여하는 정도를 9.97%로 산정하였다.

2000년도 산업연관표와 한국은행(2007)의 국내총생

산 디플레이터를 이용하여 물성측정 결과의 이용산업인 토목건설업의 2007년도 총산출액을 약 50조 27백 억원으로, 광업이 약 2조 95백억원으로 도출하여, 물성 측정 서비스의 가치는 각각 8조 95백억원, 29백억원으로 총 9조 24백억원의 연간 효과가 산정된다.

4. 결론 및 시사점

상시가동 물성측정실험실의 지질자원 분야 연구인프라적 특성을 정량화하기 위해, 직간접적 경제적 효과를 분석하였다. 상시가동 물성측정실험실이 구축되어 국내 수요를 모두 대체할 경우, 직접효과로 현재 기준으로 연간 10억 95백만원, 향후 연간 14억 4천만원의 실험 비용 절약 효과를 기대할 수 있는 것으로 나타났다. 그리고 국내 시설장비 구축비용을 대체하는 경우 현재 연간 11억 1천만원, 향후 연간 15억 27백만원의 기회비용 효과를 기대할 수 있다.

또한 간접효과로 상시가동 물성실험실 구축/운영으로 인한 논문 발생 증가의 가치가 연간 75억 24억원으로 산정되었다. 비용접근법으로 투입된 연구비로서 논문의 가치를 산정한 결과는 실제로 연구비 지원이 논문에 대한 지불가치로는 보기 힘든 한계를 가지게 된다. 또한 본 연구결과에서는 산정되지 않았으나, 논문과 특허의 가치를 비용접근법으로 산정하는 경우에는 투입된 연구비를 각각 산정하는 연구가 추가로 필요할 것이다. 물성측정 서비스의 산업에 대한 기여가치는 토목건설업에서 연간 8조 95백억원, 광업에서 연간 2천9백억원으로 총 연간 9조 24백억원의 산업 기여효과가

기대된다. 산업기여효과는 1차적으로 토목건설업과 광업에만 한정된 것으로 지하수개발이나 환경산업 등 타 산업에도 많은 영향을 미칠 것으로 보인다.

본 연구의 설계에서 물성 측정 기술/방법론 및 물성 측정 결과를 이용한 논문 및 특허 수를 실제 문헌조사에 의해 실시할 계획이었으나, 시간과 예산의 제약으로 직접 설문에 의한 방법으로 대체되었다. 추후 논문 및 특허 문헌조사 결과가 나타나 설문조사 결과와의 비교하여 파급효과의 실현가능성을 고려하여 조정하였다. 연구초반 예상으로는 물성측정 서비스에 대한 산업별 기여도가 다른 요인에 비해 낮을 것이라고 예상하였으나, 예상과 달리 다른 요인에 비해 높다고 응답한 비율이 높게 나타났다. 이는 물성측정 서비스의 중요도를 산업에 투입되는 다른 요인과 비교하여 계량화 지표를 제시하였으나, 산업에서 직접 투입되는 인적, 물적 자본이나 경영적 요인, 다른 기술과 물성측정 서비스의 영향력의 차이를 민감하게 비교하지 못하였기 때문으로 보인다. 산업에 투입되는 다른 요인과 비교하여 물성측정 서비스의 가치를 산정하기 위해서는 자본, 인력, 경영, 다른 기술 등에 대한 충분한 설명이 필요할 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 한국지질자원연구원 기본연구사업 '미래 지향적 지질자원기술 연구개발 정책 수립연구(07-3412-01)'에 의해 지원되었습니다.

참고문헌

- Lee, S.K. (2007) Preliminary Planning for Electrical Property Lab, KIGAM JP2006-023-0007(1), 218p.
- Lee, J.O. (2002) A Regression Model for Economic Valuation of New Technology, STEPI 2002-10. 79p.
- Lee, C.W. (2002) Economic Effects of Research Equipment Sharing Program, TECHNOVALUE, KBSI, 130p.
- Jeong, K.H., Cho, J.S., Kim, J.Y. and Kim, J.Y. (2006) Evaluating Proton Accelerator in Korea, Environmental and Resource Economics Review, Vol. 15 No. 4, p. 741-760.
- Cho, S.J. (2003) 2000 Input-Output Tables, The Bank of Korea, 548p.
- Heo J.H., Yoo, S.H., Kwak, S.J. and Lee, J.S. (2005) Measuring the Economic Benefits of Construction the Korean National Science Museum, The Korean Economic Review v. 53, n. 4, p. 259-278.
- Guellec, D., Potterie, B.P. (2001) The internationalisation of technology analysed with patent data, Research Policy 30 p. 1253-1266.
- The Bank of Korea (2007) Economic Statistics, www.bok.or.kr.

2007년 9월 9일 원고접수, 2007년 11월 28일 게재승인.