

지하수 기초조사 사업의 활용도 및 가치 분석

김성용¹ · 안은영^{1*} · 김선근² · 이재욱¹

¹한국지질자원연구원, ²대전대학교

Utilization and Impact of Basic Groundwater Survey Projects

Seong-Yong Kim¹, Eun-Young Ahn^{1*}, Sun Geun Kim² and Jae-Wook Lee¹

¹Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), 30 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Korea

²Daejeon University, Department of Business Administration, Yongun-dong Dong-gu Daejeon, 300-716, Korea

1. 서 론

지하수 기초조사 사업은 시·군 단위 및 4대 권역별 지하수 부존성, 개발 및 이용, 수질특성 등을 종합 분석하고 이를 토대로 수문지질도를 작성하는 사업으로 지하수법 제5조에 근거를 두고 있다. 이 사업은 2016년까지 4대 권역 및 전국 167개 시·군에 조사를 완료할 계획으로 2016년까지 총사업비가 1,526억원 투자될 계획이다. 지하수 기초조사사업은 유역단위 (1:250,000)의 지하수 조사인 광역조사와 시군단위 (1:50,000)의 지하수 조사인 정밀조사로 이루어지며 주된 조사 내용은 정천 현황 및 잠재오염원 현장조사, 수위/수질 관측 조사, 물리탐사, 시추 및 착정조사, 대수성시험, 지화학 분석 조사이다. 광역조사는 1998년 영산강삼진강 권역, 2000년 낙동강 권역, 2002년 금강권역, 그리고 2004년부터 2006년까지 한강권역을 완료하였다. 본 조사는 한국수자원공사의 총괄하에 한국지질자원연구원, 평업진흥공사, 농촌공사가 부분적으로 참여하고 있다.

지하수 기초조사 사업은 국가 기본 지질정보를 본 논문은 지하수 기초조사사업에 대해 성과(outcome)의 관점에서 결과물(output) 및 활용처, 활용도를 명확히 제시하고, 해당 사업에 대한 경제적 가치를 살펴보고자 한다.

2. 지하수 기초조사의 활용처 및 활용도

2.1. 사업의 활용처 도출

지하수 기초조사 사업의 활용처에 대한 연구는 활발

하지 않았다. 관련 분야의 사업으로 미국 National Hydrologic Warning Council (2006)의 미국 내무부 (Department of Interior) 산하 연방지질조사소(US Geological Survey, USGS)에서는 국가 유량정보프로그램(National Streamflow Information Program, NSIP)의 사용기관, 사용자에 대해서 조사한 바 있다. 그리고 국가 유량정보프로그램(NSIP)의 자료의 무형, 유형의 편익을 제시하기 위해 미국 연방지질조사소(USGS)의 유량정보(NSIP) 사용분야를 다음과 같이 나타내었다. 그 내용은 ①다목적 국가 수자원 관리 시스템의 계획, 설계, 운용, 유지, ②생명과 재산의 피해를 가할 수 있는 홍수 위험 제시, ③고속도로와 교량의 설계, ④홍수 계획 지도 작성, ⑤환경상태와 모니터링과 수문학적 서식지의 보호, ⑥수질보호와 오염 제어, ⑦수자원 권리와 국가간 수자원 문제 관리, ⑧교육과 연구, ⑨아외활동적 사용이다. 그리고 이러한 각각의 사용분야에 대한 자료 사용 방법, 자료 사용인, 자료사용의 편익수취인, 자료가 없을 시의 영향, 편익 목록에 대해 정성적으로 조사하였다. 그 결과, 시간이 지남에 따라 미국 연방지질조사소(USGS)의 유량정보(NSIP)의 가치가 증가하며 온라인 공개로 인해 사용량이 증대되고, 자료가 다목적으로 사용될 수 있음을 제시하였다.

관련 연구로 대표적인 지질조사 기관인 영국 지질조사소(British Geological Survey, BGS)가 산정한 지질도의 활용 분야는 다음과 같다. Ellison and Calow (1996)에서 제시되었으며, 세부 21개 분야로 산정하였다. ①골재산업, ②광물산업, ③폐기물 관리, ④환경영

*Corresponding author: eyahn@kigam.re.kr

향 평가, ⑤연안 관리, ⑥지역 개발 계획, ⑦수원관리, ⑧수질보호관리, ⑨건설산업(도로건설배제), ⑩도로 건설, ⑪보험/재보험/부동산, ⑫교육, ⑬학술 연구, ⑭탄화수소(육지), ⑮탄화수소(해상), ⑯석탄, ⑰건강, ⑱자연 보존, ⑲관광과 여가, ⑳농업, ㉑산림이다.

본 설문조사에서는 지하수 기초조사 사업 결과물의 활용목적에 다음과 같은 사업으로 구분하여 설문하였다. ①국가 및 지역지하수관리계획 수립 등 지하수 정책수립에 활용, ②지하수 공공개발/가뭄 등에 따른 긴급 수원 개발시 지하수 개발정보로 활용, ③지하수 개발 인허가 심의에 활용, ④지하수 보전구역 지정에 활용, ⑤취수원 계획 수립 등과 관련된 정보로 활용, ⑥지하수 개발계획 수립 사전정보의 취득에 활용, ⑦지하수 영향조사에 필요한 정보 취득에 의해 사업비 절감에 활용, ⑧지하수 관정 개발시 성공률 제고에 활용, ⑨지하수 개발시 실패공 발생의 절감에 활용, ⑩대형 토목공사 시 지하수 관련 정보로 활용, ⑪지하수 연구 관련 도시·산업지역 복원·관리기술연구의 기초자료에 활용 등이다.

그리고 미국과 영국지질조사소의 기존 연구결과를 고려하여 지하수 기초조사 사업 결과물의 활용분야를 다음의 25개 분야로 선정하여 설문조사 하였다. 해당 분야는 ①수자원 공급, ②수원관리, ③수질보호관리, ④물 산업 육성, ⑤환경영향평가, ⑥폐기물관리, ⑦연안관리, ⑧지역개발계획, ⑨건설산업(도로건설 제외), ⑩도로건설, ⑪보험/재보험/부동산양도, ⑫교육, ⑬학술연구, ⑭자원개발정책 및 관리, ⑮광산물 총 산출에의 기여, ⑯육상 자원탐사, ⑰해저 자원탐사, ⑱건강 및 보건관리, ⑲자연보호, ⑳관광/레저, ㉑농업, ㉒임업, ㉓국토방위, ㉔정보통신, ㉕지열발전이다.

2.2. 활용처 및 활용도에 대한 설문조사 결과

지하수 기초조사사업의 활용도를 평가하기 위해 설문조사를 다음과 같이 설계하였다. 먼저 조사대상은 전국규모로 정부 및 지자체 관계자, 대학 및 연구소 전

문가, 수자원 및 관련 업계, 그리고 기타 지하수 기초조사 사업 관계자 150명을 대상으로 하였다. 전문가를 대상으로 한 심층면담조사 결과, 분야별, 경력별 응답자수는 다음과 같으며 총 62부가 유효 응답부수이었다 (Table 1). 응답자의 소속기관별로 정부 및 지자체 17명으로 전체 27% 정도이며, 기업 16명 26%, 연구소 15명 24%, 학교 14명 23%로 응답자가 골고루 분포하여 일정한 직종에 치우치지 않는 결과를 기대할 수 있었다. 경력별로는, 해당 분야 경력 또한 30년 이상의 경력을 가진 응답자가 3명으로 약 5%에 해당하나, 10년 미만, 21년~30년의 경력자가 각각 약 20% 정도이며 11년에서 20년 사이의 경력을 가진 응답자의 비중이 55% 가까이 되었다. 그리고 응답자가 집중된 11년~20년의 경력자 또한 11년~15년, 16년~20년의 경력자가 각각 17명으로 두 구간 모두 전체 27% 정도에 고루 분포하고 있어, 실무자급의 의견을 많이 수집한 것을 알 수 있다.

지하수 기초조사 사업의 결과물의 활용목적에 대한 설문결과, 국가 및 지역지하수관리계획 수립 등 지하수 정책수립에 활용하는 경우가 빈도가 매우 높다는 응답이 응답자의 51.6%에 달하였으며, 지하수 공공개발/가뭄 등에 따른 긴급 수원 개발 시 지하수 개발정보로 활용한다는 응답이 43.5%로 다소 높게 나타났다 (Table 2).

지하수 기초조사 사업결과물의 활용도가 매우 높은 분야는 수원관리, 농업, 수자원 공급 순으로 각각 45.2%, 38.7%, 37.1%로 매우 높은 활용도를 보이는 것으로 나타났다(Table 3). 반면 정보통신 분야와 보험/재보험/부동산양도 분야, 해저 자원탐사, 국토방위 분야에는 활용도가 매우 낮다는 응답이 각각 분야별로 25.8%, 17.7%, 16.1%, 12.9%에 달하는 것으로 나타났다.

지하수 기초조사사업 결과물의 활용분야 중 가장 기여도가 크다고 인식되는 분야는 수자원 공급 분야로 나타났으며, 2순위로는 수원관리, 그리고 3순위로는 수

Table 1. Survey respondents

Organization	Respondents	Response percent	Field experience	Respondents	Response percent
Government/Local governments	17	27.42%	1~10 years	13	20.97%
Educational Institution	14	22.58%	11~20 years	34	54.84%
Research center	15	24.19%	21~30 years	12	19.35%
Corporate	16	25.91%	31~40 years	3	4.84%
Total*	62	100%	Total	62	100%

*The reliability of the results of this survey 95% Confidence level ± 9.67%.

Table 2. Response percents on purpose of the use of groundwater basic research business

Division	Groundwater policy making	Groundwater development information	Licensing examination	Conservation area specify	Intake reservoir plan establish
Very high	51.6%	43.5%	24.2%	37.1%	25.8%
High	35.5%	38.7%	53.2%	45.2%	51.6%
Average	11.3%	11.3%	19.4%	11.3%	17.7%
Low	0	3.2%	0	3.2%	3.2%
Very low	1.6%	3.2%	3.2%	3.2%	1.6%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Division	Groundwater development plan establish	Groundwater influence survey	Cased well development	Development failure reduction	Large civil engineering works	Ground water research
Very high	35.5%	32.3%	27.4%	21.0%	33.9%	27.4%
High	48.4%	40.3%	40.3%	45.2%	33.9%	46.8%
Average	11.3%	17.7%	24.3%	22.6%	22.6%	22.6%
Low	3.2%	4.8%	4.8%	8.1%	8.1%	1.6%
Very low	1.6%	4.8%	3.2%	3.2%	1.6%	1.6%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Table 3. Response percents on utilization of groundwater basic research business result

Division	Groundwater supply	Groundwater management	Water quality management	Water industry development	Environmental assessment
Very high	37.1%	45.2%	24.2%	17.7%	22.6%
High	51.6%	45.2%	53.2%	41.9%	54.8%
Average	8.1%	8.1%	16.1%	32.3%	21.0%
Low	1.6%	0	4.8%	6.5%	1.6%
Very low	1.6%	1.6%	1.6%	1.6%	0
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Division	Waste management	Coastal management	Regional development plan	Construction industry	Road construction
Very high	12.9%	6.5%	14.5%	11.3%	4.8%
High	24.2%	25.8%	43.5%	37.1%	30.6%
Average	38.7%	43.5%	37.1%	37.1%	35.5%
Low	19.4%	22.6%	4.8%	11.3%	24.2%
Very low	4.8%	1.6%	0	3.2%	4.8%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Division	Insurance/ Real Estate	Education	Academic research	Resources policy/Management	Resource exploration
Very high	1.6%	21.0%	37.1%	9.7%	6.5%
High	21.0%	22.6%	35.5%	32.3%	19.4%
Average	29.0%	30.6%	21.0%	35.5%	45.2%
Low	30.6%	19.4%	4.8%	21.0%	24.2%
Very low	17.7%	6.5%	1.6%	1.6%	4.8%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Table 3. Continued

Division	Land resource exploration	Undersea resource exploration	Health management	Conservation of nature	Tourism/Leisure
Very high	6.5%	3.2%	24.3%	25.8%	9.7%
High	30.6%	16.1%	25.8%	32.3%	21.0%
Average	37.1%	32.3%	29.0%	27.4%	43.5%
Low	22.6%	32.3%	11.3%	9.7%	19.4%
Very low	3.2%	16.1%	9.7%	4.8%	6.5%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Division	Agriculture	Forestry	Homeland defense	Information and communication	Geothermal development
Very high	38.7%	14.5%	11.3%	3.2%	17.7%
High	41.9%	33.9%	21.0%	11.3%	37.1%
Average	12.9%	32.3%	35.5%	37.1%	32.3%
Low	4.8%	12.9%	19.4%	22.6%	9.7%
Very low	1.6%	6.5%	12.9%	25.8%	3.2%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Table 4. Response percents on segment contribution of groundwater basic research business

		Total	Government/ Local	Educational Institution	Research center	Corporate
1st Rank	Groundwater supply	56.5%	47.1%	64.3%	60.0%	56.3%
	Road construction	4.8%	5.9%	7.1%	6.7%	0
	Groundwater management	30.6%	41.2%	28.6%	33.3%	18.8%
	Academic research	1.6%	0	0	0	6.3%
	Environmental assessment	3.2%	0	0	0	12.5%
	Regional development plan	3.2%	5.9%	0	0	6.3%
2nd Rank	Groundwater supply	22.6%	23.5%	35.7%	20.0%	12.5%
	Road construction	8.1%	0	14.3%	6.7%	12.5%
	Groundwater management	43.5%	29.4%	50.0%	46.7%	50.0%
	Water quality Management	9.7%	29.4%	0	6.7%	0
	Water industry development	4.8%	5.9%	0	6.7%	6.3%
	Academic research	4.8%	5.9%	0	6.7%	6.3%
	Environmental assessment	1.6%	0	0	0	6.3%
	Resources policy/ Management	1.6%	5.9%	0	0	0
3rd Rank	Health management	1.6%	0	0	6.7%	0
	Construction industry	1.6%	0	0	0	6.3%
	Groundwater supply	8.1%	11.8%	0	5.9%	12.5%
	Road construction	1.6%	0	0	5.9%	0
	Groundwater management	4.8%	0	7.1%	5.9%	6.3%
	Water quality management	43.5%	29.4%	71.4%	29.4%	43.8%
	Education	1.6%	5.9%	0	0	0
	Water industry development	6.5%	11.8%	0	5.9%	6.3%
	Academic research	11.3%	17.6%	7.1%	11.8%	6.3%
	Environmental assessment	11.3%	11.8%	14.3%	11.8%	6.3%
	Resources policy/ Management	1.6%	0	0	17.6%	0
	Coastal management	1.6%	0	0	0	6.3%
	Resource exploration	1.6%	0	0	0	6.3%
Regional development plan	3.2%	5.9%	0	0	6.3%	
Health management	1.6%	5.9%	0	0	0	
Construction industry	1.6%	0	0	5.9%	0	

질보호관리로 나타났다(Table 4). 아울러 물 산업 육성, 환경영향평가, 지역개발계획, 학술연구에도 기여도가 높은 것으로 나타났다. 응답자의 소속기관별로 1순위 기여도를 볼 때 정부와 대학 및 연구소가 큰 차이를 보이지 않으나, 기업의 경우 학술연구, 환경영향평가, 지역개발계획에의 기여를 크게 인식하는 것으로 나타났다.

3. 지하수 기초조사 사업 결과물의 수요형태 및 가치

3.1. 사업의 결과물 및 경제적 가치 연구

지하수 기초조사 사업으로 인해 발생하는 영향을 살펴보고 위해, 사업의 결과물에 대해 상세 분석하였다. 지하수 기초사업의 내용과 기존 연구 분석을 통해 지하수 기초조사 사업의 결과물을 세분하였다. Ahn and Kim (2009)은 해당 연구원의 지질조사를 통하여 대용량 지하수 부존지역 설정한 것을 지하수 확보로 결과물로 제시하여 경제적 가치를 산정한 바 있다. 지하수 기초조사 사업의 결과물은 ①수문지질도 및 주제도, ②지하수 정보 DB, ③조사보고서(자료 포함), ④지하수오염 저감기술, ⑤수계망도와 선구조 특성관계, ⑥가뭄지도, ⑦물순환 건전화 기술, ⑧하천 물순환 시뮬레이션, ⑨해안유역 지하수 함양을 평가, ⑩해안지역 지하수 확보, ⑪층적층지하수 해안 유출량 분포, ⑫핵종 누출에 의한 영향평가, ⑬강우와 기저 유출의 선형해석, ⑭강우와 감수곡선간의 상관해석, ⑮개수로의 지하수 성분, ⑯강수량 매개변수 산정, ⑰수리지질층서에 따른 지하수 오염특성 규명, ⑱토질 및 수리특성을 이용한 사면의 침투율, ⑲지하수와 하천수의 수위, ⑳광역 규모 수리지질특성 등으로 구분하였다.

그리고 상기의 결과물을 1차 수요와 2차 수요로 구분하였다. 1차 수요는 지하수 기초조사사업 결과물을 직접 활용한 경우이며 2차 수요는 문헌, 보고서 등 1차 수요자에 의해 가공된 결과 또는 성과물을 간접적으로 활용하는 경우를 일컫는다.

광역지하수 기초조사 사업의 주요 결과물로 ①수문지질도 및 주제도(Map) (1:250,000), ②지하수 정보 DB, ③조사보고서(자료 포함)로 구분하여 다음과 같이 제시하였다. 광역 수문지질도 및 주제도(Map) (1:250,000)는 수문지질현황도(주도면), 수질현황도, 지하수 심도분포도, 선형구조(lineament) 분포도, 유동체계도로 상세히 제시하였다. 그리고 광역 지하수 정보 DB는 하수 관련 현황조사 DB, 지하수 수위 DB, 지하수 수질 DB, 지표 수문 조사 DB, 광역 지구물리조사DB, 층적

층 시범지역 지구물리조사 DB로 제시하였다.

정밀 지하수 기초조사 사업의 주요 결과물로 광역지하수 기초조사 사업의 결과물과 같은 대분류로 구분하되, 아래와 같이 세부 항목을 제시하여 정밀지하수 기초조사 사업 결과물에 대한 활용 빈도를 설문하였다. 정밀 수문지질도 및 주제도(Map) (1:50,000)는 수문지질도(주도면), 수질현황도, 지하수 심도분포도, 선형구조 분포도, 유동체계도, 오염취약성도로 제시하였다. 그리고 정밀 지하수 정보 DB는 지하수 시설현황 DB, 지하수 수위/수질 장기 관측 DB, 지하수 이용량 관측 DB, 지표수 유량관측 DB, 물리탐사 위치 및 결과 DB, 시추코아 주상도 DB, 수압시험결과 DB, 물리검층 DB, 대수성시험 기록 DB, 대수성시험 해석곡선 DB, 지하수 간이 수질 DB, 지하수 화학분석 DB, 잠재 오염원 현황 DB, 물리탐사 DB, 코아 검층 주상도 DB, 물리검층 주상도 DB, 잠재 오염원 현황 DB, 지하수 영향조사 DB로 제시하였다. 정밀 조사보고서는 수문지질환경(지형, 지질, 하천/유역, 토지이용, 기상 등), 용수이용현황, 수문지질단위, 지하수 산출특성, 지하수 수위, 유동체계, 지하수 함양량 및 개발가능량, 지하수 수질 유형, 오염특성, 오염취약성, 행정구역별 수문지질 특성, 지하수 개발유망지역, 보전 필요지역 등으로 제시하였다.

앞서 제시한 바와 같이 지하수 기초조사 사업의 결과물로 지하수오염 저감기술 및 지하수 확보가 도출된다. 지하수 기초조사 사업 자체에 대한 경제적 가치는 그 결과물인 지하수오염 저감이나 지하수 확보에 대한 가치를 통해서 연구되고 있다.

Hwang *et. al.* (1999)은 지하수 자원의 수량 확보에 대한 지불가치를 가구당 월 3,570원으로 산정한 바 있다. 이는 부산지역을 대상으로 가뭄에 따른 단수를 방지하기 위한 비상급수용 저수지의 지불의사금액을 직접 설문을 통한 가상가치평가법(CVM)으로 산정한 것이다. 최근의 연구로 Park (2007)는 생활용수의 수량 확보의 가치에 대해서 수량확보의 지불의사금액을 추정하여, 1인당 약 534원/m³(25% 공급저감을 회피하기 위한 단위당 지불금액)의 가치를 산정하였다. 농업용수는 생산함수추정법과 계획모형법을 통해 1 m³당 317원~660원의 가치(평균 455.5원)를 산정하였다. 이 외에도 공업용수는 생산함수를 통해 가치를 추정하였으며, 환경용수는 대체비용법(하수종말처리장의 건립비용 및 운영비용)으로, 레크리에이션용수는 이산선택모형(여가선택행위, 휴양지선택행위)과 선택실험법을 중심으로 가치를 추정하였다.

Ahn and Kim (2009)은 지질조사를 통하여 대용량 (2만 m³/일 이상) 지하수 부존지역 5개소 설정으로 확보된 지하수를 병입수 생산한 경우의 경제적 가치를 산정하였다. 그 결과 해당 지방자치단체의 연간 수입이 2,885억원이며, 해당 지질조사를 시행한 연구개발사

업의 경우 기술기여도를 적용하여 3.99배의 비용 투자 대비 연구개발투자 효과가 나타남을 산정하였다.

3.2. 사업의 결과물에 대한 설문조사 결과

앞서 제시한 설문조사 시행에서, 지하수 사업의 결

Table 5. Response percents on demand form of groundwater basic research business results

Division		Total	Government/ Local	Educational Institution	Research center	Corporate
Hydrogeologic map	1st	72.6%	64.7%	78.6%	80.0%	68.8%
	2nd	27.4%	35.3%	21.4%	20.0%	31.3%
Information DB	1st	75.8%	82.4%	64.3%	66.7%	87.5%
	2nd	24.2%	17.6%	35.7%	33.3%	12.5%
Report/data	1st	79.0%	76.5%	78.6%	86.7%	75.0%
	2nd	21.0%	23.5%	21.4%	13.3%	25.0%
Pollution reduction technology	1st	30.6%	23.5%	35.7%	46.7%	18.8%
	2nd	69.4%	76.5%	64.3%	53.3%	81.3%
Stream networks	1st	51.6%	29.4%	50.0%	60.0%	68.8%
	2nd	48.4%	70.6%	50.0%	40.0%	31.3%
Drought map	1st	33.9%	41.2%	14.3%	40.0%	37.5%
	2nd	66.1%	58.8%	85.7%	60.0%	62.5%
Water circulation technology	1st	27.4%	29.4%	14.3%	40.0%	25.0%
	2nd	72.6%	70.6%	85.7%	60.0%	75.0%
River simulation	1st	27.4%	29.4%	14.3%	33.3%	31.3%
	2nd	72.6%	70.6%	85.7%	66.7%	68.8%
Groundwater recharge assessment	1st	29.0%	17.6%	35.7%	46.7%	18.8%
	2nd	71.0%	82.4%	64.3%	53.3%	81.3%
Secure coastal groundwater	1st	37.1%	29.4%	42.9%	46.7%	31.3%
	2nd	62.9%	70.6%	57.1%	53.3%	68.8%
Alluvial layer flow	1st	38.7%	23.5%	42.9%	40.0%	50.0%
	2nd	61.3%	76.5%	57.1%	60.0%	50.0%
Leak of nuclide	1st	16.1%	0	14.3%	20.0%	31.3%
	2nd	83.9%	100%	85.7%	80.0%	68.8%
Rainfall/Baseflow	1st	50.0%	29.4%	57.1%	53.3%	62.5%
	2nd	50.0%	70.6%	42.9%	46.7%	37.5%
Rainfall/Recession Curve	1st	48.4%	17.6%	64.3%	53.3%	62.5%
	2nd	51.6%	82.4%	35.7%	46.7%	37.5%
Sewage discharge groundwater	1st	35.5%	17.6%	64.3%	33.3%	31.3%
	2nd	64.5%	82.4%	35.7%	66.7%	68.8%
Rainfall parameters	1st	32.3%	11.8%	28.6%	33.3%	56.3%
	2nd	67.7%	88.2%	71.4%	66.7%	43.8%
Stratigraphic investigation	1st	41.9%	17.6%	57.1%	53.3%	43.8%
	2nd	58.1%	82.4%	42.9%	46.7%	56.3%
Amnesty penetration rate	1st	25.8%	5.9%	35.7%	40.0%	25.0%
	2nd	74.2%	94.1%	64.3%	60.0%	75.0%
Groundwater level	1st	71.0%	41.2%	78.6%	86.7%	81.3%
	2nd	29.0%	58.8%	21.4%	13.3%	18.8%
Wide-area hydrogeology	1st	66.1%	41.2%	71.4%	73.3%	81.3%
	2nd	33.9%	58.8%	28.6%	26.7%	18.8%

과물에 대한 응답 결과는 다음과 같다(Table 5). 상지에서 제시한 20개 결과물 중 ①수문 지질도 및 주제도 (Map), ②지하수 정보 DB, ③조사보고서(자료 포함), ⑬지하수와 하천수의 수위, ⑳광역 규모 수리지질 특성의 경우, 간접 이용보다는 직접 이용하는 형태로 활용되고 있음이 나타났다. 이 중 ②지하수 정보 DB와 ⑬지하수와 하천수의 수위의 경우 특히 기업과 정부/지자체에서 1차 수요되며 ③조사보고서(자료 포함)는 연구소에서 1차 수요로 직접 활용하는 것으로 나타났다. 반면 ④지하수오염 저감기술, ⑥가뭄지도, ⑦물순환 건전화 기술, ⑧하천 물순환 시뮬레이션, ⑨해안유역 지하수 함양을 평가, ⑩해안지역 지하수 확보, ⑪충적층 지하수 해안 유출량 분포, ⑫핵종 누출에 의한 영향평가, ⑮개수로의 지하수 성분, ⑯강수량 매개변수 산정, ⑱토질 및 수리지질 특성을 이용한 사면의 침투율은 2차 수요로 간접활용하는 것으로 나타났다.

지하수 기초조사 사업 결과물의 활용빈도에 대해서 먼저 광역지하수 기초조사 사업의 결과물의 활용빈도를 살펴보면 다음과 같다(Table 6). 광역지하수 기초조

사 사업의 주요 결과물에 대한 설문결과, 전체 응답자의 19.4%가 한 달에 한번 이상 광역 수문지질도를 사용하는 것으로 나타났으며 이는 연구소에서 26.7%, 기업에서 25.0%로 특히 자주 광역 수문지질도를 사용하는 것으로 나타났다. 그리고 전체 61.3%가 6개월-1년에 한번 꼴로 광역 수문지질도를 사용하는 것으로 나타났다. 이는 대학이 78.6%로 가장 높았다.

광역 지하수기초조사 정보 DB는, 응답자의 27.4%가 한달에 한번 이상 사용하는 것으로 나타났으며 이는 대학과 연구소에서 각각 35.7%, 33.3% 특히 자주 DB를 사용하는 것으로 나타났다. 그리고 전체 58.1%가 6개월~1년에 한번 꼴로 조사 DB를 사용하는 것으로 나타났으며 정부/지자체에서 한달에서 6개월에 한번 꼴로 이용한다는 응답이 52.9%에 달하였다.

응답자의 21.0%가 한달에 한번 이상 광역 지하수기초조사 보고서를 이용하는 것으로 나타났으며 전체 69.3%가 6개월~1년에 한번 꼴로 광역 지하수기초조사 보고서를 이용하는 것으로 나타났다. 특히 정부/지자체에서 한달에서 6개월에 한번 꼴로 이용한다는 응답이

Table 6. Response percents on frequency of wide-area basic groundwater survey output

		Total	Government/ Local	Educational Institution	Research center	Corporate
Hydrogeologic map (1:250,000)	More than once a month	19.4%	11.8%	14.3%	26.7%	25.0%
	Once in 6 months	29.0%	29.4%	35.7%	26.7%	25.0%
	Once a year	32.3%	35.3%	42.9%	26.7%	25.0%
	Once in 5 years	6.5%	0	7.1%	6.7%	12.5%
	Once in 10 years	3.2%	5.9%	0	0	6.3%
	Once more than 10 years	1.6%	0	0	0	6.3%
	Not used	8.1%	17.6%	0	13.3%	0
Wide-area survey DB	More than once a month	27.4%	17.6%	35.7%	33.3%	25.0%
	Once in 6 months	25.8%	35.3%	28.6%	13.3%	25.0%
	Once a year	32.3%	23.5%	28.6%	46.7%	31.3%
	Once in 5 years	4.8%	5.9%	7.1%	0	6.3%
	Once in 10 years	3.2%	5.9%	0	0	6.3%
	Once more than 10 years	1.6%	0	0	0	6.3%
	Not used	4.8%	11.8%	0	6.7%	0
Wide-area survey report and data	More than once a month	21.0%	11.8%	28.6%	26.7%	18.8%
	Once in 6 months	40.3%	52.9%	35.7%	40.0%	31.3%
	Once a year	29.0%	17.6%	35.7%	26.7%	37.5%
	Once in 5 years	0	0	0	0	0
	Once in 10 years	4.8%	5.9%	0	6.7%	6.3%
	Once more than 10 years	1.6%	0	0	0	6.3%
	Not used	3.2%	11.8%	0	0	0

Table 7. Response percents on frequency of detailed basic groundwater survey output

		Total	Government/ Local	Educational Institution	Research center	Corporate
Hydrogeologic map (1:50,000)	More than once a month	29.0%	23.5%	35.7%	26.7%	31.3%
	Once in 6 months	24.2%	23.5%	35.7%	26.7%	12.5%
	Once a year	24.2%	23.5%	21.4%	20.0%	31.3%
	Once in 5 years	11.3%	5.9%	7.1%	13.3%	18.8%
	Once in 10 years	0	0	0	0	0
	Once more than 10 years	0	0	0	0	0
	Not used	11.3%	23.5%	0	13.3%	6.3%
Detailed survey DB	More than once a month	35.5%	23.5%	50.0%	33.3%	37.5%
	Once in 6 months	24.2%	29.4%	28.6%	26.7%	12.5%
	Once a year	25.8%	29.4%	14.3%	26.7%	31.3%
	Once in 5 years	8.1%	5.9%	7.1%	6.7%	12.5%
	Once in 10 years	0	0	0	0	0
	Once more than 10 years	0	0	0	0	0
	Not used	6.5%	11.8%	0	6.7%	6.3%
Detailed survey report and data	More than once a month	30.6%	23.5%	42.9%	33.3%	25.0%
	Once in 6 months	30.6%	29.4%	28.6%	33.3%	31.3%
	Once a year	22.6%	29.4%	21.4%	20.0%	18.8%
	Once in 5 years	9.7%	5.9%	7.1%	6.7%	18.8%
	Once in 10 years	1.6%	0	0	6.7%	0
	Once more than 10 years	0	0	0	0	0
	Not used	4.8%	11.8%	0	0	6.3%

64.7%에 달하였다.

정밀 지하수 기초조사 사업의 주요 결과물에 대한 설문결과, 전체 응답자의 29.0%가 한달에 한번 이상 정밀 수문지질도(Map) (1:50,000)를 사용하는 것으로 나타났으며 대학과 기업에서 각각 35.7%, 31.3% 특히 자주 지도를 사용하는 것으로 나타났다(Table 7). 전체 응답자 48.4%가 6개월~1년에 한번 꼴로 정밀 수문지질도를 사용하는 것으로 나타났으며 기업에서 한달에서 6개월에 한번 꼴로 이용한다는 응답이 43.6%에 달하였다.

전체 응답자의 35.5%가 한달에 한번 이상 정밀지하수 정보 DB를 사용하는 것으로 나타났으며 이는 대학에서 50.0%로 높은 활용율을 나타내었으며 기업에서도 37.5%로 특히 자주 DB를 사용하는 것으로 나타났다.

설문결과 전체 응답자의 30.6%가 한달에 한번 이상 정밀조사보고서를 이용하는 것으로 나타났으며 대학에서 42.9%로 높은 활용율을 나타내고 있으며, 전체 53.2%가 6개월~1년에 한번 꼴로 정밀조사보고서를 이

용하는 것으로 나타났다.

3.3. 사업의 경제적 가치에 대한 설문조사 결과 앞서와 같은 설문조사의 시행으로 지하수 기초조사

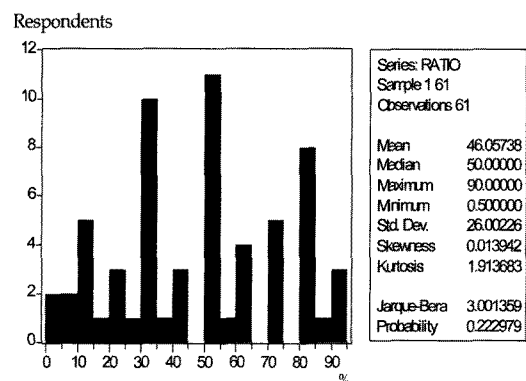


Fig. 1. Contribution percent of basic groundwater survey output on national groundwater information.

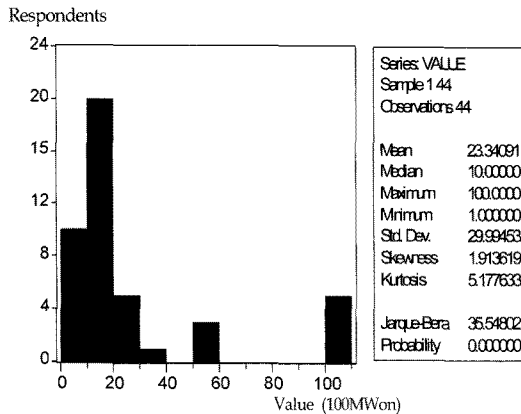


Fig. 2. Economic value of basic groundwater survey output for one area.

사업의 경제적 파급효과에 대한 응답은 다음과 같다. 먼저 지하수 기초조사사업에 의해 생산되는 결과물이 우리나라 전체 지하수 관련정보에서 차지하는 비중에 대해 설문하였다. 이에 대한 응답은 그 분포가 아래와 같이 첨도와 왜도 그리고 Jarque-Bera 통계상으로 정규분포의 가정을 충족시키고 있으며, 평균적인 비중은 46.06%로 산정되었다(Fig. 1).

지하수 기초조사사업에 의해 생산되는 지역(시·군 단위)별 수문지질도 및 지하수정보 DB 등 전체 결과물의 1개 지역 당 총 가치에 대한 응답결과는 분포상으로 양쪽 극값으로 분산되어 있었다(Fig. 2). 상기 결과에서 지하수 기초조사사업의 가치가 1개 지역 당 23.34억원으로 전국 총 167개 지역의 가치는 총 3,897.78억원으로 산정된다.

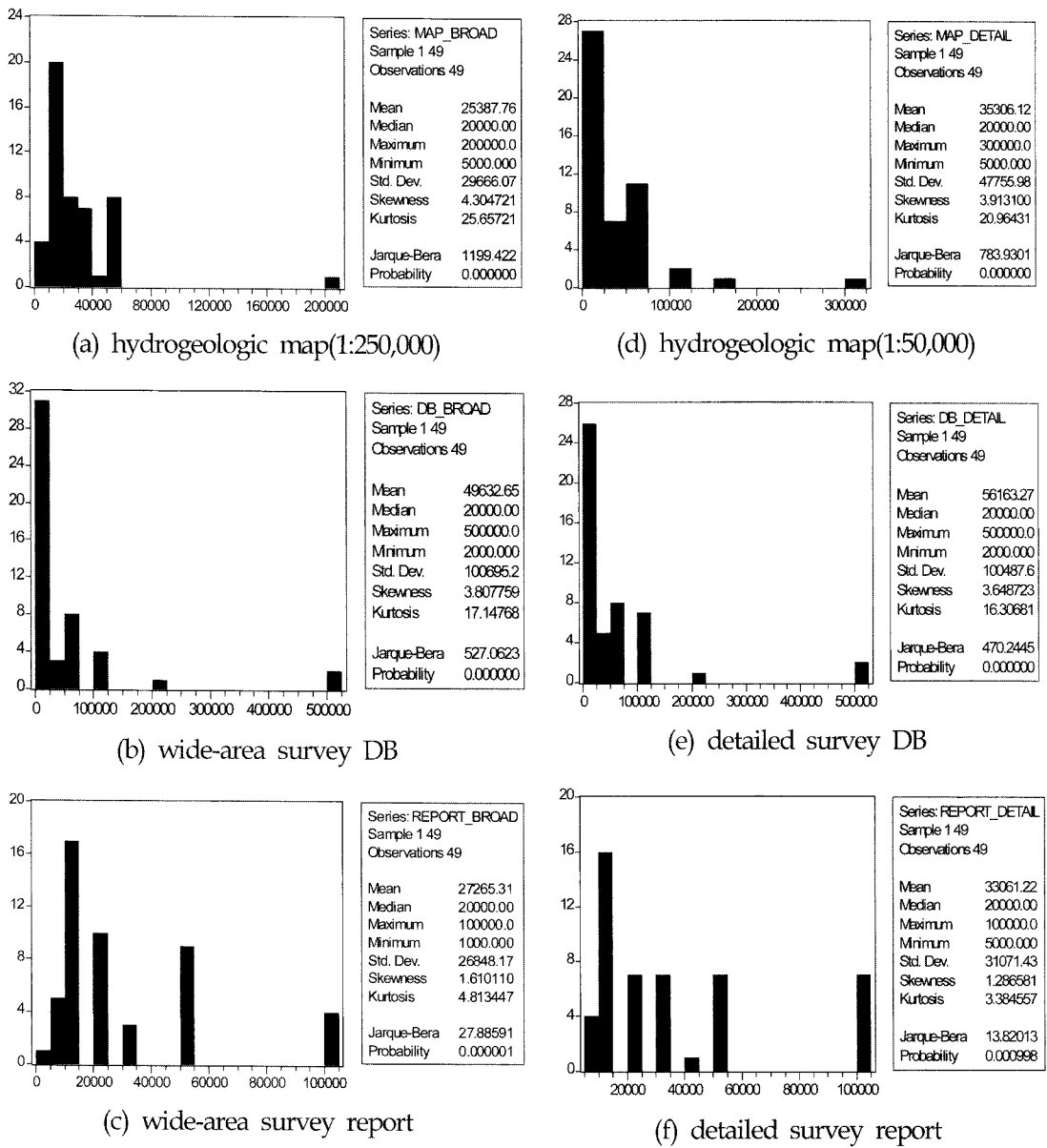
그리고 지하수 기초조사사업의 수요자 입장에서의 가치를 평가하기 위해, 수문지질도 및 지하수 정보의 기여도를 고려하여 최대의 지불가치를 조사하였다. 먼저 광역 기초조사사업의 경우 개별 수문지질도 및 주제도는 1개 지역 당 평균적으로 25,387원으로 산정되었으며 분석방법/조사자료 등 결과 DB는 49,632원, 조사보고서는 27,265원으로 각종 결과물 중 DB에 대한 지불의사액이 가장 높게 산정되었다(Fig. 3). 한편, 정밀 기초조사사업의 수문지질도 및 주제도(1:50000)는 1개 지역 당 평균적으로 35,306원으로 산정되었으며 분석방법/조사자료 등 결과 DB는 56,163원, 조사보고서(해설서)는 33,061원으로 나타났다. 이러한 결과는 지하수 기초조사사업의 개별 결과물에 대한 수요자 측면의 지불의사액으로 정밀 조사사업에 대한 지불의사액이 광역 조사사업의 결과물보다 높은 지불의사액을 보이는 것으로 나타났다.

4. 결 론

주요 공공재원으로 실시되는 지하수 기초조사 사업에 대해 성과(outcome)의 관점에서 결과물(output) 및 활용처, 활용도를 제시하고 사업에 대한 경제적 가치를 살펴 보았다. 본 연구에서는 지하수 기초조사 사업의 활용처를 제시하기 위해 미국과 영국의 기존 연구 결과를 조사하였으며, 최근의 학술연구 및 경제상황 변화를 반영하여 지하수 기초조사 사업의 활용목적 및 활용분야를 새롭게 제시하였다. 그리고 지하수 기초조사 사업의 경제적 가치를 산정하기 위해 사업의 결과물(output)을 1차 수요와 2차 수요로 구분하여 제시하였다. 지하수오염 저감이나 지하수 확보 가치에 대한 기존 연구 검토를 통해 지하수 기초조사사업에 의해 생산되는 결과물이 우리나라 전체 지하수 관련정보에서 차지하는 비중과 국가적 직간접활용가치인 경제적 가치 및 수요자 입장에서 수문지질도 및 지하수 정보의 지불가치를 조사하였다.

전국규모로 정부 및 지자체 관계자, 대학 및 연구소 전문가, 수자원 및 관련 업계, 그리고 기타 지하수 기초조사 사업 관계자를 대상으로 지하수 기초조사 사업의 결과물의 활용목적에 대한 설문결과, 국가 및 지역 지하수관리계획 수립 등 지하수 정책수립에 활용하는 경우가 빈도가 매우 높았으며, 지하수 공공개발/가용 등에 따른 긴급 수원 개발 시 지하수 개발정보로 활용한다는 응답 또한 다소 높게 나타났다. 그리고 지하수 기초조사사업 결과물의 활용분야 중 가장 기여도가 크다고 인식되는 분야는 수자원 공급 분야로 나타났으며, 2순위로는 수원관리, 그리고 3순위로는 수질보호관리로 나타났다. 수문 지질도 및 주제도, 지하수 정보 DB, 조사보고서(자료 포함), 지하수와 하천수의 수위, 광역 규모 수리지질 특성의 경우, 간접 이용보다는 직접 이용하는 형태로 활용되고 있었다. 이 중 지하수 정보 DB와 지하수와 하천수의 수위의 경우 특히 기업과 정부/지자체에서 1차 수요되며 조사보고서(자료 포함)는 연구소에서 1차 수요로 직접 활용하는 것으로 나타났다.

지하수 기초조사사업에 의해 생산되는 지역(시·군 단위)별 수문지질도 및 지하수정보 DB 등 전체 결과물의 총 가치에 대한 응답결과 1개 지역 당 23.34억원으로 나타났다. 그 결과 지하수 기초조사 사업이 시행된 전국 총 167개 지역의 가치는 3,898억원으로 산정되었다. 또한 지하수 기초조사사업의 개별 결과물에 대한 수요자 측면의 지불의사액은 정밀 조사사업 결과물이 광역 조사사업의 결과물보다 높은 지불의사액을 보



X: Value(Won), Y: Respondents

Fig. 3. Willingness-To-Pay (WTP) of each basic groundwater survey output for one area.

이는 것으로 나타났다.

기존에 지하수 기초조사 분야의 사업에 대한 경제적 가치 및 활용처에 대한 연구는 관련 연구가 활발하지 않았다. 관련 연구로 영국 지질조사소(BGS)에서 지질도가 21개 분야에 활동되고 있음을 제시하였으며, 미국 연방지질조사소(USGS)는 국가 유량정보프로그램(NSIP)이 9개 분야에서 유무형의 편익을 발생시킨다고

하였다. 본 연구에서 지하수 기초조사 사업의 활용처로 25개 분야를 제시하였으며, 지하수 기초조사 사업이 수자원 공급, 수원관리, 수질보호관리 외에도 물 산업 육성, 환경영향평가, 지역개발계획, 학술연구에도 높은 기여를 하는 것으로 나타났다. 2016년까지 167개 시·군 지하수 기초조사에 대해 1,526억원 총 사업비가 투자될 계획에 대해, 본 연구에서 산정한 해당 지

역의 경제적 가치 3,898억원은 시사하는 바가 크다. 또한 수문지질도 및 지하수 정보의 화폐가치인 지불의사액은 해당 사업의 최소 효과인 수요자의 직접 사용가치를 나타내 주고 있다. 향후 이러한 연구가 지하수 기초조사 사업의 확대 및 타당성 확보에 기반이 되길 희망한다.

사 사

이 논문은 한국지질자원연구원 주요연구사업 ‘연구 효율화를 위한 지질자원 정책개발연구’에 의해 지원되었습니다.

참고문헌

Ahn, E.Y. and Kim, S.Y. (2009) Economic Impact Analysis on High-yield Groundwater Development R&D

Project in Jeju, Korea Society of Economic and Environmental Geology, v.42, n.2, p.133-141.

Hwang, Y.S., Um, M.J. and Kim, T.Y. (1999) The Valuation of the Reliability of Municipal Water Supply Using Contingent Valuation Method in Korea, Environmental Economic Review, v.8, n.1, p.109-126.

Park, D.H. (2007) Building of Value Evaluation System of Water Resources and Water Related Technology, Korea Water Resources Corporation, Ministry of Science and Technology, 615p.

National Hydrologic Warning Council (2006), Benefits of USGS Streamgaging Program-Users and uses of USGS streamflow data, National Hydrologic Warning Council, 17p.

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

2011년 1월 19일 원고접수, 2011년 6월 21일 게재승인