

<Review>

지속가능한 지하수 개발과 보전을 위한 고찰과 제언

이진용[‡] · 김희정

강원대학교 지질학과

요 약

지하수는 기후변화시대에 매우 소중한 수자원으로 활용될 수 있다. 그러나 우리나라에서는 일반국민들의 부정적 인식과 정확한 사실관계의 부재에서 오는 지하수에 대한 오해가 있어 건전한 지하수개발 및 보전 노력을 어렵게 하는 측면이 있다. 지하수는 귀중한 농업용수이며 생활용수이다. 또한 먹는샘물, 온천 그리고 냉난방에너지 자원으로도 활용된다. 그러므로 일반국민에 부각된 부정적 이미지를 제고하는 노력이 필요하다. 아울러 지하수개발이 지하수오염과 고갈이라는 단편적 인식을 벗어나야 하며 적절한 평가없이 국지적 문제를 전국적 현상으로 치부하지 말 것이며 우리나라의 지하수개발 역력이 상당하다는 사실도 직시할 필요가 있다. 또한 불투수성 표면의 증가와 지하철 및 대규모 빌딩건축 등의 다양한 지하수위 강하요인이 있음에도 이를 도외시키고 지하수 과다개발로 인해 하천의 건천화가 유발된다는 단순사고에서 벗어나야 할 것이다. 또한 지하수의 경제적 가치를 정량화하는 연구투자도 필요하며 현행 불합리한 지하수이용부담금 제도도 개선할 필요가 있다.

주요어: 지하수, 기후변화, 지하수고갈, 총경제가치, 지하수이용부담금

Jin-Yong Lee and Heejung Kim, 2021, Review and suggestions for sustainable development and conservation of groundwater under changing climate. Journal of the Geological Society of Korea. v. 57, no. 6, p. 855-864

ABSTRACT: Groundwater can be used as a valuable water resource in the era of changing climate. However, in Korea, misunderstanding of groundwater conditions due to negative public recognition and existence of incorrect facts, prohibits sound groundwater development and its conservation efforts. Groundwater is the precious water supply source for agricultural and living purposes. In addition, it is also used in the hot spring baths, drinking bottled waters, and energy source of space heating and cooling. The efforts are required to improve the negative public concerns regarding groundwater. Furthermore, it is not reasonable to simply connect groundwater development to groundwater contamination and depletion. We should consider there are much room for further groundwater development in this country. Without careful evaluation on effects of enlarged impermeable pavement and subway and large building construction, we should not simply blame groundwater development as a main cause for drying streams. It is essentially required to invest in valuation of total economic values of groundwater resources and to improve the present unreasonable groundwater use fees.

Key words: groundwater, changing climate, groundwater depletion, total economic value, groundwater use fee

(Jin-Yong Lee and Heejung Kim, Department of Geology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea)

1. 서 론

코로나 팬데믹 시대인 지금 모든 기업과 기관이 계속 살아남기 위해서는 ESG (Environment, Social and Governance: 환경, 사회, 지배구조)에 신경을 쓰지 않을 수 없는 상황이다. 그 중에서 환경은 최우선 고

려사항이 되어야 한다. 지금 우리의 생존환경이 무너지면 모든 것이 파괴되는 치명적인 기후변화를 목도하고 있다. 그저 방관하기에는 그 위험과 파고가 매우 높다. 이런 기후변화 속에서 인류가 당면한 문제 가운데 물 문제는 우선적으로 대응해야 할 과제이다. 유엔이 정한 지속가능개발 목표 17가지(Sustainable

[‡] Corresponding author: +82-33-250-8551, E-mail: hydrolee@kangwon.ac.kr

Development Goals: SDGs)가 거의 대부분 물과 관련이 있다는 것은 그만큼 물 문제가 심각하다는 반증일 것이다(Wang *et al.*, 2021).

지구상에 존재하는 물 중에서 해수가 96.5% 그리고 2.5% 정도가 담수(fresh water)이다. 그리고 이 담수 중에서 68.7%는 빙하와 만년설, 지하수가 30.1% 그리고 호수, 강 등의 지표수가 약 0.3%이다. 지표수의 87%는 호수이며 그리고 강이 약 2%이다. 그런데 빙하와 만년설의 경우 환경 및 기술적 문제로 이용이 제한적이며 또한 해수를 담수화하여 이용하는 것도 경제적으로 비용이 매우 많이 든다. 우리 눈에 바로 보이는 것이 강이고 호수이다 보니 이들이 물의 많은 부분을 차지하는 것으로 여기지만 실제로는 지하수의 양이 훨씬 더 많다. 인류가 매일 이용하는 자연 자원 중에서 가장 많이 사용하는 것은 석유, 석탄, 천연가스 등이 아닌 바로 물이다(The Guardian, 2011). 그리고 이 물 사용 중에서 특히 농업에서 지하수의 의존비율은 전세계적으로 매우 높다(Ke and Blum, 2021).

그런데 이렇게 널리 이용되고 있는 지하수에 대해서 각자가 혹은 각 나라가 처한 자연 및 사회 환경 그리고 지하수의 직접적 이용여부에 따라 일반인들의 인식의 격차가 매우 큰 것으로 파악된다. 예를 들어 제주도의 경우 먹는 물과 생활용수 및 농업용수에 대하여 거의 전적으로 지하수에 의존하기 때문에 도민들의 지하수에 대한 관심의 수준이 타 지역과 비교하여 상대적으로 높으며 지하수 자원의 보전을 위한 노력과 경제적 가치에 대한 인식수준이 상당하다(Choi, 2013). 그러나 대도시에 거주하는 시민들의 경우 대부분 큰 강에서 취수한 상수도로 물 공급을 받기 때문에 지하수에 대한 관심이나 중요성에 대한 인식과 공감감이 상대적으로 낮다.

춘천국제물포럼(Chuncheon Global Water Forum: CGWF)은 생명의 근원이자 인류의 소중한 자원의 하나인 물의 보전과 지속가능한 이용을 위한 민관산학연의 소통과 학습의 장으로 2003년에 발족하였다. 포럼의 구체적 목표로는 사회의 물관련 현안들에 관하여 전문가, 정책결정자, 관련 공무원 및 이해당사자와 시민사회활동가들이 소통하고 또 물문제에 대하여 다양한 의제를 개발하여 국민적 관심을 제고시키며, 또한 국내외 전문가들과의 활발한 교류를 통해 실질적으로 실천가능한 정책이슈를 개발하는 것

이다(CGWF, 2021). 이를 위해 이 포럼은 매년 가을에 핵심적인 의제를 설정하고 세계 여러나라의 물 관련 전문가, 공무원, 사회활동가들을 초청하여 심도 깊은 학술발표와 토론을 이어왔다.

춘천국제물포럼에서는 2003년 물 민주주의를 시작으로 물과 갈등, 물과 재해, 물과 정의, 물과 생명, 물과 기후변화, 물과 안보, 제3세계, 삶의 질, 도시, 소통, 국제협력, 문명, 물 거버넌스, 물 통합관리, 2020년은 물과 자연 그리고 2021년에는 물의 가치를 주제로 매우 다양한 발표와 토론이 있었다(CGWF, 2021). 이와 함께 지하수를 다루는 세션도 여러 해에 걸쳐 개최되었는데 올해에도 기후변화시대의 지하수 가치제고라는 소주제로 발표가 있었고 구체적으로는 기후위기시대의 지하수 가치 제고, 농업용 지하수자원의 경제적 가치평가 그리고 미래 수자원으로서 지하수의 역할 및 가치에 대한 발표 및 심도있는 토론이 있었다.

저자는 상기 발표와 깊은 토론과정에서 그간 제대로 알고 있지 못했던 지하수 관련 이슈와 문제점을 인식하게 되었고 이의 개선방안을 살펴볼 필요성을 느꼈다. 이에 본 논문을 통해 매우 체계적이고 광범위하지는 못하더라도 상당히 중요하게 다루어야 할 우리나라 지하수 관련 문제점에 대하여 부분적으로나마 고찰하는 계기로 삼고자 하며 또 가능한 개선방안을 제시하고자 하였다. 이를 통해 보다 활발한 관련 연구 및 추가적 심층토론이 이어지기를 기대한다.

2. 본 론

2.1 지하수에 대한 일반인식

지하수 분야의 전문가들의 생각과 일반국민 간에는 지하수에 대한 인식에 상당한 괴리가 있는 것 같다. 물론 전문가들 사이에도 자신의 관심분야와 연구주제 및 학문적 배경에 따라서도 다를 수 있다. 그런데 흔히 우리나라에서 지하수라는 말을 들으면 일반국민과 혹은 전문가들 사이에는 오염, 난개발, 지하수 고갈 등을 떠올리며, 지하수의 중요성이 그다지 크지 않은 보조수자원 혹은 비상수원 정도로 생각하는 것으로 보인다. 즉 지하수에 대하여 대부분 부정적 이미지를 연상한다고 볼 수 있다. 아마도 이러한 인식을 가지게 된 것은 연구논문의 속성과 언론의 영향이 상당히 큰 것으로 볼 수 있다.

흔히 지하수에 대해서는 지하수오염, 지하수고갈 혹은 수위강하 등의 주제가 사회적 문제가 되며 이러한 주제를 다룰 때 대중과 연구지원기관의 관심을 받는 것이 보다 용이하며 또한 논문의 발간에도 일부 유리한 측면이 있을 수 있다. 특히 지하수이용에 지장을 초래하는 문제(양과 질 측면 모두), 지하수로 인한 재해 혹은 지하수오염은 주요 연구 대상이 되고 있다(e.g., Lee *et al.*, 2007, 2017; Choi and Lee, 2011; Raza and Lee, 2019; Chia *et al.*, 2021).

그러나 이러한 지하수의 부정적 측면에 대한 연구와 언론보도가 지하수에 대한 관심을 제고한다는 긍정적 효과를 부인하기는 어렵지만 때로는 과도하게 부각됨으로써 실제 지하수의 가치가 폄훼되고 긍정적 사용이 부당하게 억눌려지는 현상도 나타나고 있다. 때에 따라 적절한 평가나 조사도 없이 지하수 개발은 무조건 안 된다는 기류가 형성되기도 한다. 그림 1은 네이버 검색도구를 이용하여 최근 1년(2020년 11월 1일~2021년 10월 30일) 동안 우리나라 각종 언론(전체언론사)에 나온 지하수 관련 뉴스를 정리한 것이다. 검색어는 “지하수”만으로 한정된 결과이다(지면기사만으로 제한).

1년간 총 583건의 지하수관련 언론기사가 보도되었는데 기사의 대부분이(67.1%) 지하수오염과 관련된 것으로 특히 미군기지 지하수오염, 석포제련소 지하수오염, 월성 원전부지 지하수오염 등이 많았다. 다음으로는 지하수의 개발로 인한 지하수고갈에 대한 기사가 21.4%로 많았다. 주로 4대강 주변의 지

하수고갈 그리고 먹는샘물 개발과 관련한 기사이다. 그런데 상기 지하수에 대한 부정적 두 가지 주제(지하수 오염과 고갈)를 합치면 전체 언론기사의 88.5%로 압도적으로 많다는 것을 알 수 있다. 그에 비해 지하수 이용과 활용의 긍정적 측면이 부각된 기사는 겨우 7.4%에 불과하였다. 예를 들어 기후변화시대에 지하수의 역할을 강조한다거나 유출지하수를 이용하여 냉난방이나 친수공간을 조성한다는 등의 기사이다. 이런 언론기사들만 보아도 사회적 관심이 어디에 닿아있는지 파악할 수 있다.

지하수는 흔히 농업용수 및 생활용수 이외에도 우리 주변에 다양하게 활용되고 있다. 전체 지하수이용에서 차지하는 비율은 크지 않지만 먹는샘물은 대표적인 지하수의 이용사례라고 할 수 있다. 1994년 국내에서 먹는샘물 시판이 공식적으로 허용되면서 시장규모가 꾸준히 증가하여 2000년 1,470억, 2020년에는 1조원을 넘었다고 한다(Lee, 2016; Cha and Lee, 2021). 이런 성장은 정부당국에서 수돗물의 음용 및 이용비율을 높이기 위하여 꾸준히 노력하고 있음에도 불구하고 수돗물의 수질에 대한 국민의 불신이 여전하며 또 건강과 기능성 있는 물에 대한 기대의 반영이라고 할 수 있다. 현재 우리나라에는 전국에 61개소의 먹는샘물 제조업체가 있으며 시판 브랜드만 해도 200여개가 넘는다(Cha and Lee, 2021).

그런데 아쉬운 부분은 이렇게 먹는샘물이 우리의 일상생활에 깊숙이 들어와 있는데도 먹는샘물이 지하수라는 사실을 잘 인식하지 못하는 국민들이 있다는 사실이다. 현행 먹는물관리법(법률 제17840호) 제3조 제2항에는 “샘물”이란 암반대수층 안의 지하수 또는 용천수 등 수질의 안정성을 계속 유지할 수 있는 자연 상태의 깨끗한 물을 먹는 용도로 사용할 원수를 말한다고 정의하고 있으며, 이어 제3항에는 “먹는샘물”이란 샘물을 먹기에 적합하도록 물리적으로 처리하는 등의 방법으로 제조한 물을 말한다고 규정하고 있다. 결국 먹는샘물은 먹기에 적합한 깨끗한 지하수(용천수도 지하수)라는 말이다.

우리나라에서 생산되고 판매되는 먹는샘물 중에 용천수는 없으니 모두 심부관정을 이용하여 생산한 암반지하수이다. 그런데 먹는샘물(샘물이라는 용어도 지하수를 지칭하기에 적절해 보이지는 않음)을 일반에서 흔히 생수(生水)라고 부르는데 이 명칭 때문에 여러 오해를 낳고 있다. 생수라는 말의 유래를

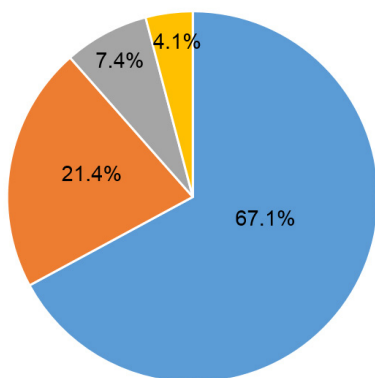


Fig. 1. Themes of groundwater related articles (total n=583) reported in mass media of Korea for last one year (2020.11.01.~2021.10.30.).

알 수 없고 때로는 다른 물은 죽은 물이고 이 물은 살아있는 물이라는 의미로 왜곡되는 것 같기도 하다. 추정컨대 낱것 즉 인공적인 제조가 아닌 자연에서 온 것이라는 뜻을 담고 있는 것으로 보이며 또 활력이 넘치고 다른 물과 비교하여 더 깨끗하다는 이미지를 담고자 한 것 같다. 그런데 이 생수라는 용어로는 지하수를 연상하기 힘들어서 마치 생수라는 별도의 다른 수원(水源)이 있는 것으로 오해를 불러일으킨다. 이미 일반에 굳어진 용어라 쉽지는 않겠지만 차제에 더 적절한 용어를 고려하는 것이 필요해 보인다.

한편 지하수의 이용과 효용에 대한 긍정적 시각의 국민적 홍보가 필요해 보인다. 지하수는 지표수에 비해 오염취약성이 상대적으로 적은 청정수자원이며 가뭄과 같은 기상재해 및 장기적인 기후변화에 대응할 수 있는 적절한 대안이 될 수 있다. 또한 지금은 코로나로 인해 이용에 큰 제약을 받고 있지만 예로부터 우리나라의 중년 이상 어른들은 흔히 가을이면 전국에 산재한 각종 온천을 찾아 피로를 풀고 단풍을 즐기곤 하였다. 이 온천수 또한 지열로 온도가 높아진 (25도 이상) 지하수라는 사실을 알아야 할 것이다. 최근에 와서는 지하수를 건물의 냉난방에 이용하기도 한다(Lee, 2009; Park *et al.*, 2021). 지하수온이 여름에는 외기보다 매우 낮고 겨울에는 상당히 높은 점을 이용하여 지하수를 작동유체(working fluid)로 하여 열원(heat source) 혹은 열 배출구(heat sink)로 사용한다.

상기와 같은 긍정적 측면의 내용은 실제로 이를 사업에 이용하는 사람들만 알 뿐 일반 국민들은 잘

알지 못하는 측면이 있다. 다행인 것은 환경부와 한국환경산업기술원에서 매년 토양지하수 청소년 여름캠프를 통해 지하수의 생성과정과 지하수의 중요성에 대하여 교육을 하고 있는 것은 매우 고무적이다. 그러나 공교육 내에서도 보다 적극적으로 지하수에 대한 사실과 긍정적이고 지속가능한 이용에 대해 교육하는 것이 중요하다(e.g., Lee and Park, 2012; Marshall *et al.*, 2012; Unterbruner *et al.*, 2015). 특히 부정적 측면만 자주 접하는 일반국민들에게 다양한 경로를 통해 지하수의 긍정적 역할에 대해서도 알리는 여러 기회를 마련하는 것이 중요할 것이다.

2.2 지하수개발과 지하수고갈

지하수개발과 관련하여 일부 잘못된 측면의 정보가 널리 퍼져있는 것도 사실이다. 그 중의 하나가 지하수고갈에 대한 부분이다. 1993년 12월 우리나라에서 지하수법이 제정되고 이듬해 시행되어 지하수자료의 생성이 공식화된 이후 지하수 관정의 수 및 지하수이용량이 상당히 증가한 것은 주지의 사실이다. 그림 2를 보면 2002년 무렵 우리나라의 지하수시설(관정)수는 119만 개소였으며 이용량이 34억 m³였다. 그리고 이후 지속적으로 시설수가 증가하여 2017년에는 169만 개소에 이르렀다가 2019년에는 약간 감소하여 약 166만 개소가 되었다. 이용량도 유사하게 2015년에 41억 m³이 되었다가 2019년에는 29억 m³로 일부 줄어들었다.

최근 통계에서 지하수 이용량이 일정부분 감소한 것은 이용량 추정방법의 변경에 따른 것으로 알려진

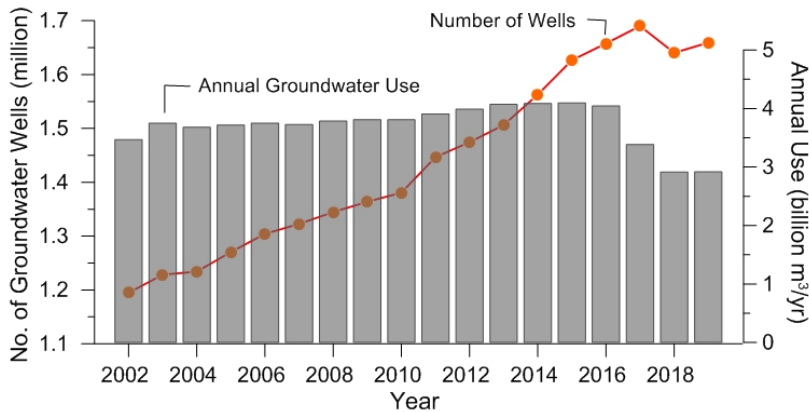


Fig. 2. Number of groundwater wells and annual groundwater use in Korea for 2002-2019. The data were obtained from the National Groundwater Information Center (www.gims.go.kr).

다. 과거에는 지하수이용량을 실제 사용량이 아닌 지하수 개발·이용신고서에 기재된 일 양수능력을 기준으로 통계를 내다보니 과다 산정된 측면이 있다는 지적이 오랫동안 제기되어 한국수자원공사에서 이를 실제에 맞게 개선하는 과정에서 발생한 변화라는 것이다(Kim and Hwang, 2019). 이런 이용량 통계상의 부정확성을 감안하더라도 우리나라의 연간 지하수이용량이 2015년까지 증가한 것은 사실이며 이러한 판단은 통계오류가 적을 것으로 사료되는 지하수 시설(관정)수를 고려하면 증가 경향성은 틀리다고 할 수 없다. 다만 앞서 언급한 바와 같이 가장 최근의 이용량 감소통계는 실제적 지하수이용의 감소라기보다 추정방법의 변화에 따른 것이며 관정수에 있어서도 자료의 최신화 혹은 통계업무의 고도화에 따른 것으로 보는 것이 정확하다.

그렇다면 지금까지 추세적 의미의 지하수개발 증가는 지하수고갈과 연결되는 측면이 있을까? 흔히 지금까지의 지하수 관정수 및 지하수이용량 통계들을 보면서 우리나라의 지하수고갈을 강조하고 우려하는 목소리가 적지 않았다. 저자조차 그러한 인식의 단면을 보인 것을 부인하기 어렵다. 그런데 국토교통부(MOLIT, 2017)가 발간한 지하수관리기본계획 수정계획(2017~2026)에 의하면 우리나라는 함양율과 평균 강수량 증가로 과거 대비 지하수 함양량과 지하수개발가능량이 증가한 것으로 보고하고 있다. 유역별로 개발가능량 대비 이용량을 보면 한강동해 유역 10.0%에서 영산강서해 유역 65.6%이며 전국평균 31.1%를 보인다. 또한 행정구역별로 보면 강원도 10.0%에서 대전광역시 54.9% 그리고 전국평균은 역시 31.1%로 나타났다. 이 자료를 보면 우리나라는 평균적으로 지하수개발에 있어 상당한 여유가 있는 것으로 평가할 수 있다.

흥미로운 것은 지하수고갈에 대해 가장 큰 관심과 우려의 대상이 되고 있는 제주도의 경우 개발가능량 대비 이용량이 28.3%에 불과해 지하수개발 여력이 상당하다는 것이다. 그럼에도 언론 등을 통해 지하수고갈 우려의 목소리는 제주도에서 가장 많이 나오고 있다는 것은 일견 이해하기 어려운 측면이 있다. 또한 국가지하수관측망중에서 10년 이상 자료를 가진 관측정의 수위에 대한 비모수경향분석에 있어서도 하강추세는 암반지하수의 경우 8.4% 그리고 충적지하수의 경우 12.3%에 불과하며 오히려 상승

추세를 보인 것도 각각 4.2% 그리고 2.1%나 나타났다(MOLIT, 2017). 일부의 지하수 수위하강조차 반드시 지하수개발로 인한 것인지 단정하기 어렵다. 다양한 다른 요인들도 있을 수 있으며 불투수성 표면의 증가 그리고 지나친 산림녹화 및 두꺼워진 낙엽으로 인한 영향도 무시할 수 없다.

결국 이들 통계를 종합해 보면 지하수개발 및 이용에 따른 상당하고 광범위한 지하수고갈을 우려할 징후를 발견하기 어렵다는 것이다. 다만 우리가 혹은 일반국민이 듣거나 우려하는 지하수고갈은 지하수 관정수의 증가 혹은 개발에 대한 과도한 우려에서 나온 것 일수도 있다. 또 국지적 혹은 특정 좁은 지역에서 과다한 지하수개발에 따른 수위강하 혹은 지하수고갈을 침소봉대한 측면이 없지 않다. 적절한 평가 없이 쉽사리 지하수개발은 지하수고갈을 유발한다는 식의 판단은 유용한 지하수자원의 적정한 이용을 방해할 우려가 있다.

한가지 더 중요하게 다루어야 할 주제는 지하수를 과다 개발하여 하천의 건천화가 발생한다는 인식이다. 누구나 알고 있듯이 지하수와 하천은 수리적으로 상호 연결되어 있다(Kim and Lee, 2020). 그래서 어느 한 수체에서 일어나는 현상은 다른 수체에 영향을 주게 된다. 그러므로 지하수를 소위 과다개발하면 하천수량에 영향을 줄 수 있고 반대로 하천수를 과다이용하면 인근 지하수에 영향을 줄 수 있다(Lee, 2019; Lee and Chung, 2020).

그런데 일부에서는 도심 등의 하천이 마르는 것은 무조건 지하수를 많이 이용해서 그렇다는 식으로 적절한 평가 없이 간단히 치부해버리는 경향도 발견하게 된다. 실제로 도심의 지하수위가 하강하면 인근 하천의 수량이 줄어들고 심하면 건천화를 유발할 수 있다. 그런데 지하수위의 하강은 비단 지하수개발과 이용뿐만 아니라 다른 다양한 요인이 있을 수 있다. 가장 크게는 도시화에 따른 지표면의 불투수성화로 지하수함양이 감소하는 것이다(Lee and Koo, 2007). 이런 지하수함양량 감소는 지하수위 하강과 더불어 기저유출을 통해 공급되던 지하수의 하천유출을 감소시킨다. 또 지하철, 지하상가 및 각종 대형 건물 등의 건설에 따른 지하수 유출 등 다양한 원인이 있을 수 있다. 그런데 이들에 대한 영향평가는 도외시하고 단순히 지하수 개발 및 양수를 유일요인으로 특정하고 수행하는 평가는 합리적이지 못하다.

2.3 지하수의 경제적 가치

일반적으로 가격이 특정되어 있는 경제체의 경우 경제적 가치를 계산하고 논하는 것은 비교적 쉬운 문제로 인식된다. 그러나 지하수자원의 정량적 가치평가가 절실함에도 지하수에 대한 경제적 가치를 논하는 것은 쉽지 않으며 국내의 연구 사례는 상당히 드물다(Ahn and Kim, 2009; Son *et al.*, 2009; Song *et al.*, 2012, 2015; Song, 2021). Song *et al.* (2012)에 의하면 수자원의 총경제적 가치(Total Economic Value: TEV)는 직접 사용에 따른 가치(use value)와 본질적 가치 즉 사용과는 무관한 비사용 가치로 구성된다고 한다(그림 3; Brouwer *et al.*, 2009). 사용가치는 대상에 대한 직접적 이용을 통해 얻는 직접사용 가치와 직접이용은 하지 않지만 보고 즐길으로써 얻는 간접사용가치를 포함한다(Son *et al.*, 2009). 그리고 비사용가치의 경우 직접 소비하거나 만지고 보지 않아도 그 존재만으로 얻는 존재가치, 유산가치 그리고 선택가치 등으로 구성된다. 이런 총경제가치를 평가하는 방법으로 현시선호법(revealed preference method)과 진술선호법(stated preference method)이 있는데 미환경청은 주정부가 지하수오염 방지 및 정화정책을 수립할 때 지하수자원의 가치를 고려토록 권장하고 있다(Song, 2021). 현시선호법은 환경서비스와 관련된 시장에서 개인이 환경서비스를 얼마나 선호하는지에 대한 정보를 추출하는 방법이며 진술선호법은 환경서비스에 대한 가상적인 상황에 대해 선택을 하거나 지불의사를 물어 환경의 가치를 평가하는 방법이다(EVIS, 2021).

Hernández-Mora *et al.* (2010)은 스페인에서 지하수자원의 총경제적 가치를 관개용수 45~100억 유로, 생활용수 8~20억 유로, 생수 11억 유로 그리고 공업용수 300~400억 유로로 추정한 바 있다(Song, 2021). 또 미국의 경우 지하수에 대한 연간 총경제가

치를 201억 달러 그리고 뉴질랜드의 경우(White *et al.*, 2001) 지하수자원에 대하여 총경제가치를 2억 5천만 뉴질랜드달러로 추정한 바 있다(Song, 2021). 흥미로운 것은 Son *et al.* (2009)이 우리나라 지하수에 대하여 당시로 약 5조의 경제적 가치를 추정하였는데 그 방법론이나 수치적 정확성의 평가를 떠나 이런 연구시도를 수행한 것은 평가할 만 하다고 할 것이다. 또한 Song (2021)이 제주도 지하수에 대하여 농업용수에 대한 지하수자원의 경제적 평가를 한 것은 매우 의미있는 진전이라고 할 수 있다.

그러나 지하수자원의 보전과 활용에 대한 관심과 정당한 투자요구를 끌어내기 위해서는 우리나라의 지하수자원의 경제적 가치가 어느 정도인지를 면밀하게 검토하고 계산하는 상기와 같은 연구가 지속적으로 이어져야함에도 그러지 못한 점은 아쉽다고 할 것이다. 이를 위해 환경부와 한국환경산업기술원 등에서 상기와 같은 주제로 연구과제를 발굴하고 지원 하는 것이 매우 필요하고 시급한 실정이다.

2.4 지하수이용부담금

지하수와 관련하여 중요한 문제로 지적된 것 중의 하나가 지하수이용부담금이다. 사실 우리나라에서 지하수 사용에 대하여 비용을 내지 않는 것은 아니다. 문제는 지나치게 많은 사람이 면제를 받고 있어 비용을 내는 것을 대부분의 국민들이 인식하지 못한다는 것이다. 지하수의 경우 개별 지하수관정을 주로 이용하므로(제주도 제외) 원수 생산 및 관망비용 개념의 지하수요금은 없다. 다만 지하수의 관리, 수질개선 등의 목적으로 부과되는 지하수이용부담금이 있을 뿐이다. 그런데 이 지하수이용부담금에 상당한 문제가 있는 것으로 지적된다(Kim, 2020).

지하수이용부담금은 지하수법 제30조의3에 따라 지하수의 적정한 개발·이용과 보전·관리에 필요한

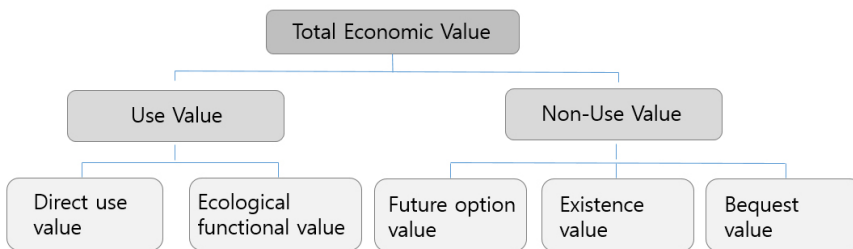


Fig. 3. Total economic value (TEV) of groundwater resources. The figure was modified from Song *et al.* (2012).

Table 1. Fees of groundwater use in Korea (as of June of 2021).

Usage	Use in detail	Amount
Residential (home)	Private houses, Apartments	Groundwater facility (well) whose pumping is greater than 100 m ³ per day
General (commercial)	Restaurants, Hotels, Hospitals, Public baths, Car wash, Swimming pools, Buildings, Private companies	Groundwater facility (well)
Industrial	Paper manufacturing, Dye companies, Freezing companies, Food and beverages companies	Groundwater facility (well)
Exemptions	Emergency water supply facilities (operated by national and provincial entities), Military groundwater facilities, Agricultural and fisheries facilities Schools and affiliated facilities, Social welfare facilities Home use less than 100 m ³ /day, Waterworks Small sized waterworks (less than 150 m ³ per day) Groundwater circulation for groundwater heat pumps	

재원을 조성할 목적으로 지하수의 개발·이용을 허가받거나 신고하고 이를 개발·이용하는 자에 대하여 시장, 군수, 구청장이 부과·징수하는 부담금이다(2005년 5월 31일 개정). 그 금액에 대해서는 한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률 제 19조에 따른 물이용부담금의 50% 이내에서 각 지방 조례를 통해 정하도록 하고 있다. 2021년 현재 한강수계 물이용부담금은 1톤(정확히는 1 m³)당 170원으로, 지하수이용부담금은 많은 경우 톤당 85원을 채택하고 있다(안성시 59.5원, 수원시 76.5원, 진주시 85원, 용인시 85원, 남양주시 85원, 고성군 85원, 아산시 85원 등).

문제는 현재 지하수이용부담금의 면제대상이 너무 많아 실제로 부과 및 납부 실적이 미미하여 지하수자원의 보전과 관련한 어떤 투자나 사업을 하려고 해도 재원이 극히 부족하다는 사실이다(표 1). 공공(비상, 군사 등) 지하수 이용은 물론 가정용과 농어업용은 지하수이용부담금이 부과되지 않는다. 이는 공평과세란 측면에서 상당히 문제가 있어 보인다. 모든 이들에게는 동일한 행위에 대하여 동일한 처분이 있어야 행정의 공정과 공평이 실현된다. 지하수 개발·이용에 대하여 예외없이 부담금을 부과·징수하고 필요하다면 다른 방식으로 보조를 하는 것이 타당할 것이다.

더욱이 일부 지방자치단체는 지하수법 조항에도 불구하고 지하수이용부담금을 부과하지 않고 책임

을 방기하고 있다. 2020년 현재 226개 지방자치단체 중 84곳(37.1%)만이 지하수이용부담금을 부과하고 있다(NGIC, 2021). 그 징수액이 조금씩 증가하고 있기는 하지만 전국 140억에도 미치지 못하고 있는 실정이다(그림 4). 더욱 심각한 것은 어떤 지방자치단체는 부과 및 징수실적이 미미하여 이 업무에 소요되는 인력과 비용이 더 크기도 하고, 또 특별회계로 지하수업무에 한하여 집행되어야 함에도 펀돈으로 취급되어 부적절하게 집행되는 경우도 있다. 귀중한 지하수자원의 보전을 위해서는 지하수이용부담금을 예외 없이 부과하고 정확히 징수해야 할 것이다.

제주도의 경우 지하수는 생명수와도 같은데 상수

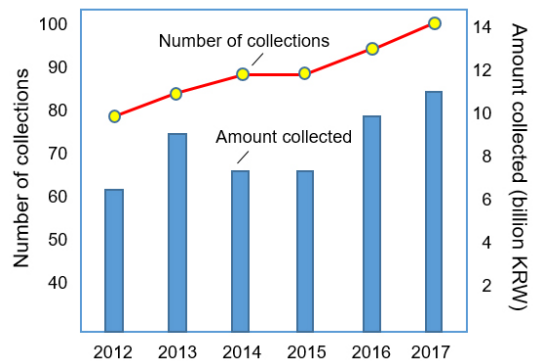


Fig. 4. Number of collections and their amount of money of groundwater use fees in Korea. The figure was modified from the National Groundwater Information Center (2021).

Table 2. Prices of groundwater per 1 m³ in Jeju Island (groundwater special account, as of 2019; Unit: KRW).

Division	Home	Commercial	Golf courses	Agricultural
Direct groundwater use	133	316	605	5,000~40,000 per month
Use though waterworks	568	2,375	2,489	

도의 90% 이상이 지하수에 의존하고 있어 지하수요금을 내는 것이 자연스럽고 육지의 수도요금처럼 지하수원수대금을 부과하고 있다. 그런데도 불구하고 농업용에 대해서는 여전히 상당한 혜택을 부여하고 있다. 지하수를 아무리 많이 사용해도 사용량에 상관없이 단지 토출구경에 따라 월 5,000원에서 4만원을 부과하고 있다(표 2; 최근에 일부 개선노력이 있음). 농업규모 및 농가가 처한 상황에 따라 일부 과하다고 생각할 수도 있으나 통상적인 통신요금을 고려한다면 지하수요금이 매우 저렴한 것임을 알 수 있다. 제주도의 지하수개발 여력이 상당히 있다는 것은 사실이나 우리나라에서 면적당 가장 많은 지하수를 사용하고 있음을 고려하였을 때 보다 적극적인 부과를 통해 지하수관리 및 보전사업이 적절하게 수행될 필요가 있다.

한편 다른 자원과 마찬가지로 지하수를 개발하여 사용하기 위해서는 지하수부담금 외에도 각종 세금을 납부해야 한다. 그러나 소규모 개발이나 농업 혹은 긴급재난이나 국가적 필요에 따라 개발할 때에는 면제해주는 경우가 많다. 또 대부분 지방세인 경우가 많아 지자체에 따라 부과여부 혹은 부과금액이 다른 경우도 많은데 이를 일관성 있게 하는 것이 필요하다.

3. 결론

본 논문에서 현재 우리나라에 있는 여러 가지 지하수 문제 중에서 몇 가지 사항에 대하여 검토하고 논의하였다. 여기서 다룬 주제들은 춘천국제물포럼 지하수세션을 통해 여러 차례 논의된 사항들이다. 정리해보면 우선 일반국민들의 지하수에 대한 인식의 제고가 필요하다는 사실이다. 기후변화시대에 매우 중요한 수자원(특히 농업용수로서)이라는 사실을 비롯하여 일상생활에서 마시는 먹는샘물(생수)도 지하수이며 이외에도 온천과 냉난방 에너지원으로서도 매우 귀한 자원이다. 그러나 일반에 팽배한 부정적 이미지는 사실에 대한 홍보를 통해 바로 잡아야

할 부분이기도 하다. 특히 지하수개발은 지하수오염과 지하수고갈이라는 단순하면서 직선적인 오해는 불식시켜야할 사항이며, 일부 과다개발에 의한 지하수문제가 국지적으로 발생하는 것은 사실이지만 아직 우리나라는 지하수개발의 여유가 상당하다는 부분도 인식해야 할 것이다.

한편 일부지역에서 발생하고 있는 과다한 지하수개발이 하천의 건천화를 유발한다는 단순한 인식도 사실연구와 조사를 통해 개별적인 판단이 필요한 부분임을 명심할 필요가 있다. 어떤 지역의 지하수위하강은 지하수 개발도 영향을 미치지만 불투수성 표면의 증가 및 각종 지하시설물에 의한 영향이 더 큰 경우도 있다는 사실을 직시할 필요가 있다. 또한 국내에는 지하수의 경제적 가치에 대한 연구가 상당히 미진하다. 지하수에 대한 적절한 투자와 관심제고를 위해서는 지하수의 경제적 가치에 대한 정량적 연구가 수행되어야 하며 이런 부분에 대한 정부의 연구비 지원이 절실하다. 아울러 이런 연구재원의 마련을 위해서라도 지하수이용부담금의 현실화 및 면제대상의 최소화가 필요하다고 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 지난 10월 15일 춘천에서 개최된 춘천국제물포럼 지하수세션에서 발표되고 토론된 내용들을 기반으로 저자들이 대표로 작성하였으며 이에 소중한 연구결과를 발표해 주신 부산대학교 함세영 교수님, 한국농어촌공사 송성호 박사님 그리고 깊이 있는 토론과 식견을 공유해주신 고려대학교 윤성택 교수님, 강원대학교 박유철 교수님, 한국환경산업기술원 김미나 박사님 그리고 부경대학교 류종식 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 초고를 읽고 세심한 수정의견을 준 이민욱에게 감사한다. 아울러 논문을 읽고 건설적인 의견을 주신 임충완 부편집위원장님, 편집위원님과 두 분의 심사위원님께 깊이 감사드립니다. 이 논문은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 미세플라스틱 측정 및 위해성평가 기

술개발사업의 지원을 받아 연구되었습니다(2020003110010). 또한 이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2019R1A6A1A03033167).

REFERENCES

- Ahn, E. and Kim, S.Y., 2009, Economic impact analysis on high-yield groundwater development R&D project in Jeju. *Economic and Environmental Geology*, 42, 133-141 (in Korean with English abstract).
- Brouwer, R., Barton, D., Bateman, I., Brander, L., Georgiou, S., Martin-Ortega, J., Navrud, S., Pulido-Velazquez, M., Schaafsma, M. and Wagtendonk, A., 2009, *Economic Valuation of Environmental and Resources Costs and Benefits in the Water Frame Directive: Technical Guidelines for Practitioners*. VU University, Amsterdam, 240 p.
- Cha, J. and Lee, J.Y., 2021, Qualities of groundwater source used for production of commercial bottled waters in Korea. *Journal of the Geological Society of Korea*, 56, 789-802.
- Chia, R.W., Lee, J.Y., Kim, H. and Jang, J., 2021, Microplastic pollution in soil and groundwater: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 4211-4224, <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01297-6>.
- Chuncheon Global Water Forum (CGWF), 2021, <http://ccwaterforum.or.kr> (October 17, 2021).
- Choi, H., 2013, Land and ground water in Jeju: Commonalities and differences as common pool resource. *ECO*, 17, 79-106.
- Choi, H.M. and Lee, J.Y., 2011, Groundwater contamination and natural attenuation capacity at a petroleum spilled facility in Korea. *Journal of Environmental Sciences*, 23, 1650-1659.
- Environmental Valuation Information System (EVIS), 2021, <http://evis.kei.re.kr/introduction/2> (November 16, 2021).
- Hernández-Mora, N., Martínez, L., Llamas, R.M. and Custodio, E., 2010, Groundwater in the Southern Member States of the European Union. *European Academies Science Advisory Council*, Cardiff, UK, 25 p.
- Ke, J. and Blum, H., 2021, A panel analysis of groundwater use in California. *Journal of Cleaner Production*, 326, 129357.
- Kim, G.B. and Hwang, C.I., 2019, Application of regression tree model for the estimation of groundwater use at the agricultural (day-field farming and rice farming) purpose wells. *The Journal of Engineering Geology*, 29, 417-425 (in Korean with English abstract).
- Kim, H., 2020, Status and problems of groundwater use fees. *Chuncheon Global Water Forum 2020*, October 15-16, Chuncheon, 222-232 (in Korean).
- Kim, H. and Lee, J.Y., 2020, Probabilistic delineation of hyporheic zone depth using heat transfer analysis. *Journal of Hydrology*, 589, 125338.
- Lee, H.J. and Park, S.T., 2012, Comparison of science gifted and ordinary elementary school students with regard to the concept of groundwater. *Journal of Gifted/Talented Education*, 22, 855-874 (in Korean with English abstract).
- Lee, J., 2019, Analysis of stream depletion due to groundwater pumping in variable stream stages using an analytical model. *The Journal of Engineering Geology*, 29, 439-449 (in Korean with English abstract).
- Lee, J. and Chung, I.M., 2020, Comparative analysis of shallow and deep groundwater pumping effects on stream depletion. *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, 40, 383-391 (in Korean with English abstract).
- Lee, J.Y., 2009, Current status of ground source heat pumps in Korea. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 13, 1560-1568.
- Lee, J.Y., 2016, Step-drawdown test is not a tool to determine the so called optimal discharge rate. *Journal of the Geological Society of Korea*, 52, 443-446 (in Korean with English abstract).
- Lee, J.Y. and Koo, M.H., 2007, A review of effects of land development and urbanization on groundwater environment. *Journal of the Geological Society of Korea*, 43, 517-528 (in Korean with English abstract).
- Lee, J.Y., Kwon, K.D., Park, Y.C. and Jeon, W.H., 2017, Unexpected nationwide nitrate declines in groundwater of Korea. *Hydrological Processes*, 31, 4693-4704.
- Lee, J.Y., Yi, M.J., Moon, S.H., Cho, M., Lee, J.M., Ahn, K.H. and Won, J.H., 2007, Causes of the changes in groundwater levels at Daegu, Korea: the effect of subway excavations. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 66, 251-258.
- Marshall, J.A., Castillo, A.J. and Cardenas, M.B., 2012, Assessing student understanding of physical hydrology. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 9, 10095-10113.
- National Groundwater Information Center (NGIC), 2021, Groundwater statistics. <https://www.gims.go.kr> (November 4, 2021).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), 2017, Revised Plan of Basic Groundwater Management Plan (2017~2026). Sejong, Korea, 185 p (in Korean).
- Park, D., Lee, E., Kaown, D., Lee, S.S. and Lee, K.K., 2021, Determination of optimal well locations and pumping/injection rates for groundwater heat pump system. *Geothermics*, 92, 102050.

- Raza, M. and Lee, J.Y., 2019, Factors affecting spatial pattern of groundwater hydrochemical variables and nitrate in agricultural region of Korea. *Episodes*, 42, 135-148.
- Son, M.S., Kim, B.H.S. and Lee, H.S., 2009, Economic valuation method for soil and groundwater. *Journal of the Korean Regional Science Association*, 25, 63-82 (in Korean with English abstract).
- Song, S.H., 2021, Cases of evaluation of economic values of agricultural groundwater resources: Focusing on New Zealand and Jeju Island. *Chuncheon Global Water Forum 2021*, October 14-15, Chuncheon, 465-482 (in Korean).
- Song, S.H., An, J.G., Kim, J.S., Choe, G.J., Seo, G.W., Jeon, B.C. and Lee, D.R., 2015, Groundwater resources basic unit calculation and program development predicting water demand for Jeju. *Water for Future*, 48, 36-41 (in Korean).
- Song, S.H., White, P. and Zemansky, G., 2012, Recent trend for the application of total economic value (TEV) estimation to groundwater resources. *Journal of Soil and Groundwater Environment*, 17, 1-6 (in Korean with English abstract).
- The Guardian, 2011, <https://www.theguardian.com/environment/blog/2011/oct/31/six-natural-resources-population> (October 17, 2021).
- Unterbruner, U., Hilberg, S. and Schiffel, I., 2015, Understanding groundwater-students' pre-conceptions and conceptual change by a theory-guided multimedia learning program. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 12, 11689-11737.
- Wang, X.C., Jiang, P., Yang, L., Fan, Y.V., Klimes, J.J. and Wang, Y., 2021, Extended water-energy nexus contribution to environmentally-related sustainable development goals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111485.
- White, P.A., Sharp, B.M.H. and Kerr, G.N., 2001, Economic valuation of the Waimea Plains groundwater system. *Journal of Hydrology (NZ)*, 40, 59-76.

Received : November 7, 2021

Revised : November 16, 2021

Accepted : November 17, 2021