

공공데이터를 활용한 지하수자원의 공간적 해석과 문화적 가치부여에 대한 제안*

최한나¹ · 김용철² · 유정현³ · 이예영⁴ · 인소정⁵ · 한종규^{6**}

Analysis of spatial interpretation and cultural valorization of groundwater resource using open data*

Han-Na CHOI¹ · Yong-Cheol KIM² · Jeong-Hyun YU³ · Ye-Yeong LEE⁴ ·
So-Jung IN⁵ · Jong-Gyu HAN^{6**}

요 약

충청권을 비롯한 금강권역은 삼국시대 문화유산과 온천 및 약수와 같은 자연유산이 다수 존재하지만, 소극적 홍보와 시설의 노후화로 신생 대형시설과의 경쟁에서 밀리며 구체적 발전방안을 제시하지 못하고 있다. 이 연구에서는 충청 및 금강권역을 대상으로 지오빅데이터 오픈플랫폼의 지하수 정보를 활용하여 수량 및 수질이 양호한 온천과 약수터를 선정하고, 지하수자원과 문화관광지를 연계한 물문화벨트를 제안하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해, 한국지질자원연구원의 지하수 산출유망도와 지하수 수질지수도, 한국관광공사와 문화재청의 공개자료를 활용하여 지하수자원의 공간적 해석과 문화적 가치부여를 시도하였다. 금강권역의 전통온천과 탄산약수, 비탄산약수의 수질은 상당히 양호한 것으로 해석되었으며, 금강권역의 북부지역은 온천과 탄산천이 풍부하여 보양 및 휴양에 중점을 둔 물휴양 산업단지로 개발하는 것이 유리할 것으로 판단된다. 금강 권역 중·남부지역은 수질이 우수한 샘터 및 문화관광시설이 있어 지하수자원과 문화자원을 융합한 개발과 홍보가 가능할 것으로 판단한다.

2022년 11월 11일 접수 Received on November 11, 2022 / 2022년 11월 21일 수정 Revised on November 21, 2022 / 2022년 11월 23일 심사완료 Accepted on November 23, 2022

* 논문을 작성하는데 많은 조언과 도움을 주신 지질자원데이터센터의 이성순 박사님과 한수연 박사님께 감사드립니다. 이 논문은 한국지질자원연구원에서 수행하고 있는 주요사업 “지오빅데이터 오픈플랫폼 개발을 통한 국가지질자원데이터센터(NGDC) 기반 구축(22-3118)”과 “기후변화대응 대응량지하수 확보 및 최적활용 기술개발(21-3411)”의 지원을 받아 수행하였습니다.

1 한국지질자원연구원 선임연구원 / Senior Researcher, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

2 한국지질자원연구원 책임연구원 / Principal Researcher, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

3 충남대학교 환경 IT 융합공학과 석사과정 / Master Course, Dept. of Environmental and IT Engineering, Chungnam National University

4 경희대학교 지리학과 학부과정 / Undergraduate Student, Dept. of Geography, Kyung Hee University

5 이화여자대학교 지구과학교육과 학부과정 / Undergraduate Student, Dept. of Earth Science Education, Ewha Woman's University

6 한국지질자원연구원 책임연구원 / Principal Researcher, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

** Corresponding Author E-mail : jghan@kigam.re.kr

주요어 : 지하수자원, 금강권역, 충청권역, 물문화벨트

ABSTRACT

There are many natural hot springs and mineral springs as well as the cultural heritage of the three kingdoms period in the Geum River basin including Chungcheong region. No specific regeneration and publicity plans for deteriorated facilities in this area has been presented. This study aims to suggest promising hot spots and complex water culture belt in the Chungcheong region and Geum River basin through the spatial interpretation of resources. The northern part of the Geum River basin is expected to become a therapeutic spring belt with many hot springs and CO₂-rich springs. In the central and southern parts of the Geum River basin, it is considered that it will be possible to promote convergence publicity by using groundwater resources and cultural assets.

KEYWORDS : Groundwater resource, Geum River Basin, Chungcheong Region, Water Culture Belt

서론

코로나바이러스감염증-19(COVID-19) 팬데믹 상황이 장기화되며 전세계적으로 물가상승과 함께 모임 및 여행의 제약이 지속되고 있다. 급격한 변화 가운데 코로나 일상(with corona)과 코로나 이후(post corona)를 대비한 지속가능한 생활방역체계로의 출구 전략 모색과 경제회복을 위한 노력이 사회적으로 이어지고 있다. 국내에서도 사회적 거리두기의 완화에 따른 여행 수요가 급증하고 있으나, 고물가 상황에 더

하여 해외 입출국시의 코로나 검사로 인해 상대적으로 국내여행지에 대한 관심이 높게 유지되고 있다(ConsumerInsight, 2019; 2020; 2021). 그림 1에 나타난 것처럼 해외여행 수요는 2020년을 기점으로 급감하였으며 중국, 일본, 동남아시아와 같은 가까운 국가보다 유럽 및 미국 등 장거리 여행이 필요한 국가의 관광지 관심도가 높게 조사되었다(그림 1(a)). 한편 국내여행지를 비교하였을 때 2021년 4분기 지역별 관광지 관심도 추이에서 충청권은 44%에 그쳐 전국 최하위를 기록하였다(그림 1(b)). 2019년부터 2021년 분기평균 관광지관심도 추이 역시 제주

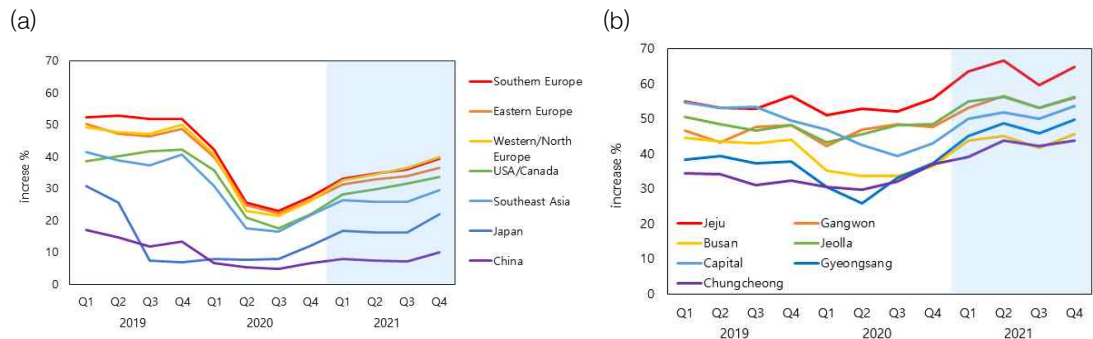


FIGURE 1. 2019–2020 Quarterly trend of international tourism demand (a) and domestic tourism demand by Administrative Region (b)

가 57%에 달하는 것에 비해 충청권은 35.9%로 가장 낮게 조사되었다. 코로나바이러스감염병 사태가 진정됨과 더불어 국외여행 여건 조성 전까지 국내여행에 대한 수요는 완만히 증가할 것으로 전망되는 만큼 충청권과 같은 비수도권 내륙지역에 위치한 문화관광지의 관광객 유치를 위한 소재발굴이 시급한 실정이다.

충청권은 5세기 후반 고구려와 백제가 현재의 경기도 아산만에서 충청남도(이하 충남) 천안과 충청북도(이하 충북) 진천까지 길게 접경을 이루던 지역이었다. 6세기 고구려의 남진정책이 둔화되자 백제는 신라의 침략을 막기 위해 동쪽 경계지역에 산성과 목책을 설치하였으나, 5세기 중후반 신라는 충북 청주지역을 차지하고 한강유역으로 진출하였다. 이후 백제멸망시기(660년)까지 경기도와 충청권역 국가 경계를 따라 공방전을 전개하였다는 기록이 전해진다(Jeon, 2018). 이에 근거해 백제의 수도였던 충남 공주시와 부여군에서는 1955년부터 백제문화제 역사축제를 매년 이어오고 있다. 충청권은 유네스코세계문화유산으로 지정되어 있는 충북 보은군 법주사와(신라 진흥왕 창건) 충남 공주시 마곡사(통일신라시기 창건)가 위치하고 있다(Cultural Heritage Administration, 2022). 삼국시대 문화유산 외에도 조선전기 무신 이순신장군의 사당이자 고택이 남아있는 현충사와 근현대 역사자료가 보존되어 있는 독립기념관이 충남지역에 위치하고 있으며, 충북 청주시에 3·1운동 민족대표를 기리는 삼일공원과 독립운동가들의 생가가 보존되어 있다(Cultural Heritage Administration, 2022).

특히 충청권은 충주시 능암리, 청원군 초정리, 청주시 명암동, 세종시 문곡리 등 다수의 지역에서 탄산수가 산출되고 있으며, 충주시 수안보면, 아산시 도고면과 온천동, 예산군 덕산면 등지에서 온천수가 산출되어 지하수의 수질 및 문화적 가치가 뛰어나다(Jeong, 2007). 국내에서 산출되는 탄산수는 충청남도과 북도, 경상북도, 강원도 지역 등 특정지역에서 제한적으로 산출되는 것으로 알려져 있으며, 단층과 지질경계, 암맥군과 같은 지질구조를 따라 이동하기 때문

에 경로 및 발달특성이 복잡한 것으로 보고되고 있다(Jeong *et al.*, 2012). 한반도의 전통적인 자연용출 온천은 60여개소로 알려져 있으며, 남한에 14개소로 위치한다(Kim, 2007). 최근 시추탐사 기술이 성장하며 다수의 온천휴양지와 심부온천공이 개발되고 있으나, 충청권의 전통 온천은 서해안지역의 덕산온천, 도고온천, 온양온천, 중부내륙지역의 수안보온천을 꼽을 수 있다. 탄산수와 온천수는 고부가가치 지하수자원으로 활용할 수 있으나, 오늘날 충청권 온천지는 소극적인 홍보와 시설의 노후화로 인해, 대형사우나, 워터파크 등 신생시설과의 경쟁에서 밀리며 관광 수요 감소 및 체산성 위기를 맞게 되었다. 지자체와 각 온천시설의 노력에도 불구하고, 이를 타계할 만한 홍보나 공론화 방법 등 구체적인 발전방안이 나오지 않은 것이 사실이다. 한 예로, 온천관광이 대표적 매력자원인 충주시는 관광객 수가 최대치로 조사되었던 2005년 713만 명 이후, 2006년 관광객 수는 548만 명으로 전년 대비 약 23% 감소하였다(CRI, 2011). 특히 충주 수안보지역의 온천관광객 수는 2003년 300만 명, 2004년 255만 명, 2007년에는 240만 명으로 꾸준히 줄고 있어 충청권 온천관광산업의 침체와 경쟁력 저하를 반증해 주고 있다(Jeong, 2007). 이에 대해서는 온천 관광특구 활성화를 위한 적극적이고 종합적인 진흥대책을 마련하지 못한 것이 관광객 감소의 원인으로 추정되고 있다.

따라서 이 연구에서는 충청권역 지하수자원을 중심으로 공공 오픈데이터로써 활용할 수 있는 문화 및 관광정보를 연계하여 수자원의 가치 창출과 충청권 관광활성화에 대한 전략을 함께 논의하고자 한다. 지오빅데이터 오픈플랫폼의 지질 및 지하수 정보를 활용하여 수량이 풍부하고 양호한 수질을 가진 온천과 약수터를 선정하고, 해당 지하수 산출지점에서 수집된 지하수 수량 및 수질자료에 문화유산과 관광정보를 접목하여 지하수 개발유망지(hot spot)를 제안하고자 한다. 이러한 접근을 통해 지하수 활용시설에서 중점적으로 다루던 수자원의 활용용도와 산출가능성 측면에서 조금 더 나아가 지하수자

원에 문화적 가치를 부여하고자 하였다. 이 연구의 결과는 지하수자원의 재검토 및 문화적 가치부여에 대한 발전전략을 제시할 것으로 기대되며 충청권역을 시작으로 하여 전 국토범위를 대상으로 적용 범위를 확장할 수 있을 것으로 판단한다.

연구방법

1. 연구지역

금강은 한강, 낙동강, 영산강과 더불어 남한의 주요 4대강 가운데 하나로서, 삼국사기에 따르면 신라시대부터 농경 및 무역에 미치는 영향이 큰 것으로 인식하여 국가에 중대한 일이 있을 때 제사를 지냈다는 기록이 있다(Database of Korean History, 2022). 금강 대권역은 17개의 국가하천과 약 860개의 지방하천이 위치하고 있으며, 금강 본류는 전라북도 장수군에서 발원하여 서해로 합류하는데 그 중 충남, 충북, 세종시는 금강유역 70%이상의 면적을 차지하고 있다(그림 2). 금강유역 총 면적은 약 17,900 km²이고 유로연장은 약 585km에 달하며, 토지이용은 산림이 약 50%, 농경지가 약 35%로 알려져 있다(Park *et al.*, 2019). 대한민국 총면적 비율에 대한 토지이용도(시가화·건조 지역 4%, 농경지 20%, 산림 70%)에 비하면 금강권역은 산림지역의 비율이 낮고, 농경지와 도시지역의 비율이 높은 편이다(NGII, 2016). 이런

이유로 금강권역은 전반적으로 도로인프라가 양호한 편이며 권역 내 온천과 탄산온천, 약수터(샘터 포함)와 같은 지하수자원에 접근이 용이하다. 충청권역을 포함한 금강권역 대부분을 연구지역으로 다루었으며, 금강수계를 중심으로 지하수 수질특성에 근거하여 대청댐 북부와 남부지역을 각각 금강권역 북부와 금강권역 남부로 분류하였다.

2. 공공데이터 수집

금강권역 지하수데이터는 한국지질자원연구원 지오빅데이터 오픈플랫폼의 금강권역 지하수 정보지도 자료를 활용하였다(Kim *et al.*, 2021). 금강권역 지하수정보지도의 지하수 산출유망도와 지하수 수질지수도를 재가공하여 공간적으로 수량이 풍부하면서도 수질이 양호한 지역의 온천과 약수터(비탄산 및 탄산천 모두 포함)를 선정하였다. 지하수 산출성은 실제 산출량을 의미하는 것이 아니라 최저산출량에 대한 가능성을 확률적으로 제시하는 개념이다. 금강권역 지하수정보지도에서도 지하수개발 최적 부지 선정(optimal zones)을 위해 지하수 산출성추정법을 적용하였다. 금강권역 지하수 산출유망도 개발을 위해 사용한 자료는 수문지질단위, 단층선 밀도, 등수위선도, 지표수와의 거리, 선구조 밀도, 경사도, 하천배수밀도, 토양 배수, 토지 이용, 연평균 강수량의 10개 주제도를 활용하였다

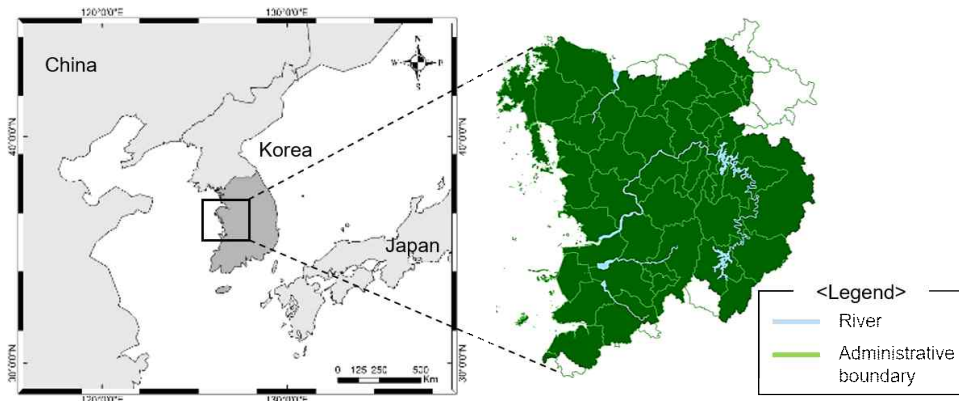


FIGURE 2 Geum River Basin boundary with major rivers

(KIGAM, 2021). 다음 단계로, 계층분석법(AHP, Analytical Hierarchy Process)을 활용하여 주제도 항목별 가중치를 설정하고 산출유량 등급을 5단계(very high, high, moderate, low, very low)로 평가하였다. 구체적인 AHP 계산 및 가중치 부여방법은 한국지질자원연구원 2021 연차보고서에 상세히 서술되어있다(KIGAM, 2021). 지하수 수질지수도(GWQI, groundwater quality index)는 다양한 지하수의 용존성분들을 고려하여 전체적인 수질을 평가하는데 효율적이며, 지하수의 용도를 결정하는 것에도 활용할 수 있다. 금강권역 지하수정보지도에서 활용한 수질성분은 총용존고형물함량(TDS, total dissolved solids), 총경도(TH, total hardness), Ca, Mg, Na, K, HCO₃, Cl, NO₃, SO₄의 총 10개 요소를 활용하였다. 이 가운데 중요성(위험성)에 근거해 TDS, NO₃, Cl의 가중치가 가장 높게 책정되었으며, 수질지수는 7등급(excellent, very good, good, moderate, poor, very poor, not suitable)으로 나누어 평가하였다. 구체적인 지하수 수질지수 계산 및 가중치 부여방법은 한국지질자원연구원 2021 연차보고서에 상세히 서술되어있다(KIGAM, 2021). 금강권역 지하수 정보지도에서 높은 산출성과 양호한 수질을 보이는 지하수 개발유망지(hot spot)를 중심으로, 주변의 역사유적지와 관광 및 문화시설 정보를 함께 도시하고자 한국관광공사의 대한민국 구석구석(korean.visitkorea.or.kr) 웹사이트와 문화재청의 국가문화유산포털(www.heritage.go.kr)의 공공 오픈데이터를 활용하였다. 지하수 개발유망지와 문화재, 관광단지의 분포는 QGIS를 활용하여 지하수산출성도와 수질지수도 상에 구축하였다.

연구결과

1. 금강권역 북부의 온천과 약수터

지하수산출지점 인근의 역사문화시설 및 관광지와 연계하기 위해 대중적으로 널리 알려진 온천과 약수터를 중심으로 차량이동 20분 내외의

거리에 있는 관광문화시설을 탐색하였다. 지하수정보지도를 활용하기 전 지하수산출지점을 먼저 지정한 이유는, 수질지수와 산출유량성을 평가하여 지하수 개발유망지를 찾는 경우 지역 경계에 걸쳐져 있는 산출지점을 간과할 가능성이 있다고 판단하였기 때문이다. 따라서 이 연구에서는 충청권을 전부 포함하여 금강권역 북부의 전통적인 자연용출 온천4개소(덕산온천, 도고온천, 온양온천, 수안보온천)와 탄산온천(능암탄산온천/양성탄산온천), 약수터 3개소(승천사약수, 초정약수, 영천수약수)를 중심으로 수질 특성과 관광문화 특성을 분류하였다. 표 1은 온천과 약수터의 소재지, 주변관광지, 차량으로 해당 관광지까지 이동하는데 걸리는 시간을 정리한 자료이다. 충주시의 능암탄산온천과 수안보온천은 한강권역으로 분류되나 이 연구에서는 금강권역과 함께 충청권역을 중점적으로 논의하고 있으며, 탄산온천수와 전통온천이라는 특색은 물론 화단지로 아우르기에 적합하다고 판단하여 연구대상 지하수산출지점으로 선정하였다.

표 1에 정리된 온천 및 약수터의 위치와 인접한 관광지 및 문화유적·체험시설을 지도 위에 도시하면 그림 3과 같은 공간적 분포를 보인다. 금강권역 북부의 온천과 약수터는 연구지역 가운데에서도 특히 북측에 동서방향으로 분포하고 있으며 지점 간 거리가 가까워 문화 및 관광시설도 다수 공유하고 있다. 특히 약수터의 산출지역은 충청권 내륙에 집중되어 있어, 중부탄산천 문화단지로 개발하기에 우수한 조건을 가지고 있는 것으로 여겨진다. 각 지하수 산출지점의 수량 및 수질특성을 정확하게 파악하고, 수자원의 문화적 가치를 연계하여 부각시킨다면 한국 중부내륙, 특히 충청권 물휴양 산업단지(therapeutic spring belt)를 제안할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 금강권역 남부의 온천과 약수터

금강권역 남부에서는 송광사 석간수, 골샘약수, 냉정약수, 고창 효감천, 장수 뜬봉샘, 금산 장군약수, 부여 고란사약수의 7개 샘터와 세종

TABLE 1. The location of hot springs and mineral springs in the northern part of the Geum River basin and nearby tourist attractions

Site	Location	Nearby Tourist Attractions	Approximate Take-over Time by car
Onyang hot spring	Asan, Chungcheongnam-do	Yi Chungmugong's historical monument of temple Onyang hot spring market, Shinjungbi, Younggoedae	1 to 3 minutes
Dogo hot spring	Asan, Chungcheongnam-do	Experience exhibition of traditional fermented food using Onggi, Asan comedy hall, Asan rail bike, World Flower Botanical Garden	4 to 6 minutes
Ducksan hot spring	Yesan, Chungcheongnam-do	Chungeuisa, Sudeoksa, Korean traditional architecture museum	3 to 12 minutes
Neungam bicarbonate hot spring	Chungju, Chungcheongbuk-do	In darak farm village, Binae island, Binae Dulegil	4 to 9 minutes
Suanbo hot spring	Goesan and Jecheon, Chungcheongbuk-do	Suok fall, Korean paper experience museum, Yeonpoong martyrs' shrin, Mireukdaewon stone temple Site, Woraksan mountain, Songgye valley	9 to 22 minutes
Seungcheonsa bicarbonate spring	Cheonan, Chungcheongnam-do	Independence hall of Korea and memorial hall, Memorial hall of patriotic martyr Yu Gwan-sun	20 to 21 minutes
Chojung bicarbonate spring	Cheongju, Chungcheongbuk-do	Unbo's house, Cheongju national museum, Suamgol, Munam eco-park, Jeongbukdong Earthen fortress, Cheoldanggan of Yongdusa temple site, Cheongju early printing museum, Munui cultural heritage complex	5 to 17 minutes
Yeongcheonsu spring	Jincheon and Jeungpyeong, Chungcheongbuk-do	Choronggil, Jangmaeul and information network village, Jeungpyeong national folklore museum	14 to 23 minutes

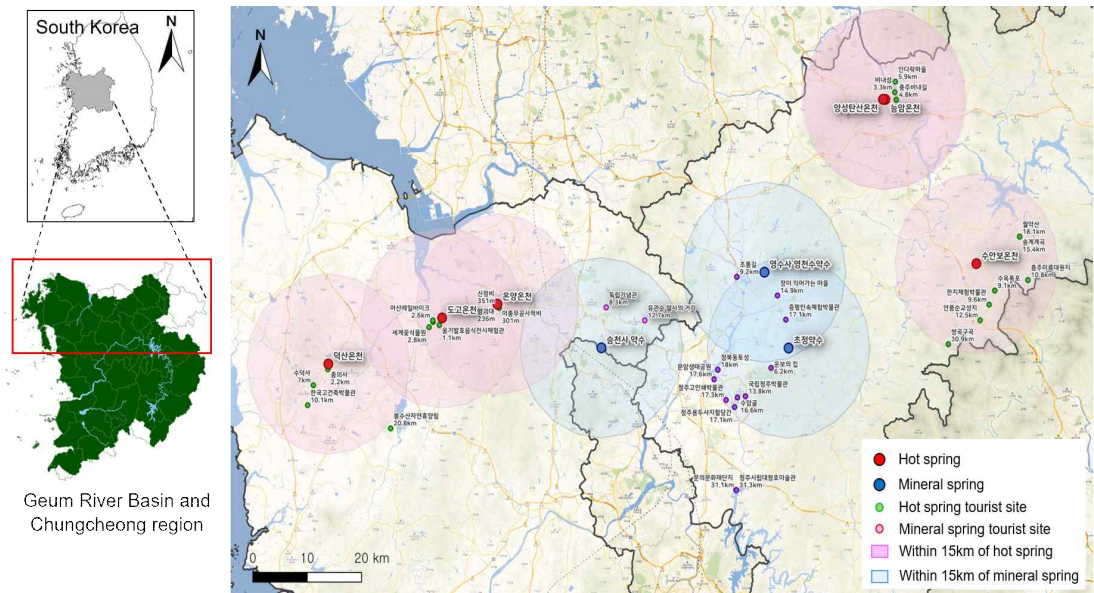


FIGURE 3 Hot springs, mineral springs, and tourist sites within 15km from the spring in the northern part near the Geum River Basin

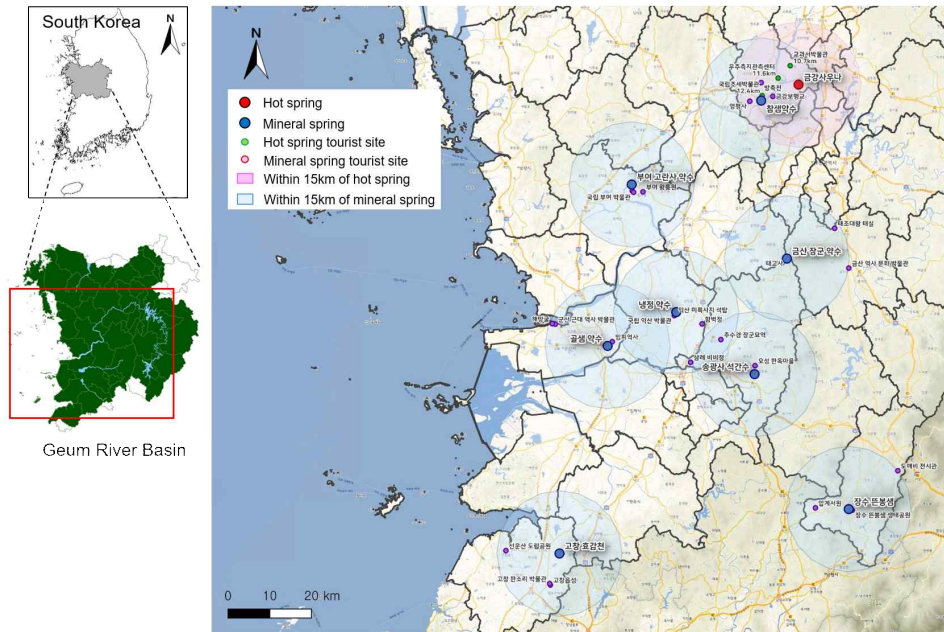


FIGURE 4 Hot springs, mineral springs, and tourist sites within 15km from the spring in the southern part of the Geum River Basin

TABLE 2. Location of hot springs and mineral springs in the southern part of the Geum River basin and nearby tourist attractions

Site	Location	Nearby Tourist Attractions	Approximate Take-over Time by car
Geumgang bicarbonate hot spring	Geumnam-myeon, Jeonui-myeon, and Sejong-dong, Sejong-si	Sejong national arboretum, Sejong lake park, Keumkang arboretum	16-22 minutes
Wanju Songgwangsa spring	Wanju-gun, Jeollabuk-do	O-Sung Hanok village, Facilities of general Chu Sookyung, Samrye bibijeong	5-22 minutes
Golsaem spring	Gunsan-si, Jeollabuk-do	Former Impi station, Gunsan modern history museum, Haemang cave	4-22 minutes
Naengjeong spring	Iksan-si, Jeollabuk-do	Iksan mireuksa temple site, Iksan national museum, Hambyokjeong-Garden	3-15 minutes
Hyogamcheon	Gochang-gun, Jeollabuk-do	Mujang-eup fortress, Pansori museum, Seonunsan provincial park	12-15 minutes
Tteunbongaem	Jangsu-gun, Jeollabuk-do	Tteunbongaem Ecological Park in Jangsu-Gun, Apyeseowon confucian academy	11-16 minutes
Geumsan Janggun spring	Geumsan-gun, Chungcheongnam-do	Taego temple, Geumsan national museum of Korea, Placenta chamber of king Taejo	1-27 minutes
Puyo-Koransa spring	Buyeo-gun, Chungcheongnam-do	Baekje royal tombs, Jeongnimsa temple site museum, Buyeo national museum	9-11 minutes

금강탄산온천(사우나)의 1개 탄산온천을 중심으로 수질특성과 문화적 특성을 분류하였다(그림

4). 표 2는 각 약수터의 소재지, 주변관광지, 차

량으로 해당 관광지까지 이동하는데 걸리는 시간을 정리한 자료이다. 금강남부권역은 탄산천과 온천이 거의 존재하지 않지만 금강 발원지인 뜯봉샘을 포함하여 고란사약수, 장군약수 등 수질이 우수한 샘터가 다수 위치하고 있다. 그림 4에 나타난 것처럼 각 샘터들은 남서방향에서 북동방향으로 연속적으로 인접하여 분포하고 있다. 이 지역의 물문화벨트를 조성하기 위해서는 해당 약수터와 관련된 흥미로운 실화와 주변 문화시설의 연계가능성의 여부가 중요할 것으로 여겨진다. 특히 지하수 수질자료를 기반으로 음용 및 생활용수 활용 가능성을 부각하여 홍보하는 전략이 필요하며, 그와 동시에 지역사회에서도 지속적이며 세심한 관리를 통해 각 약수터의 수질을 유지하고 샘터를 보전하는 것이 중요한 과제라고 생각한다.

3. 금강권역 지하수 산출지점별 수질특성

그림 5(a)는 앞서 다룬 금강권역 온천수와 (탄산)약수 산출지점을 금강권역 및 충청권역까지 확장하여 도시한 항공사진으로 능암탄산온천과 수안보온천은 금강권역 경계를 넘은 곳에 위치한다. 그림 5(b)는 각 산출지점의 수질특성을 한눈에 보여주고자 지도상에 스티프 다이어그램(stiff diagram)으로 표현한 자료이다. 스티프 다이어그램의 작성을 위해 표 3의 수질자료를 활용하였으며, 이는 한국지질자원연구원에서 운영하는 지오빅데이터오픈플랫폼(<https://data.kigam.re.kr/>)의 좋은물 수원 자료를 참고하였다. 지도에서 붉은 색의 스티프 다이어그램은 온천수, 푸른색의 스티프 다이어그램은 약수터를 의미한다. 그림 5 왼쪽 아래에 제시한 범례와 같이, 스티프 다이어그램은 지하수에 존재하는 주요성분을 시각적으로 제시하는데 유용한 도구로써

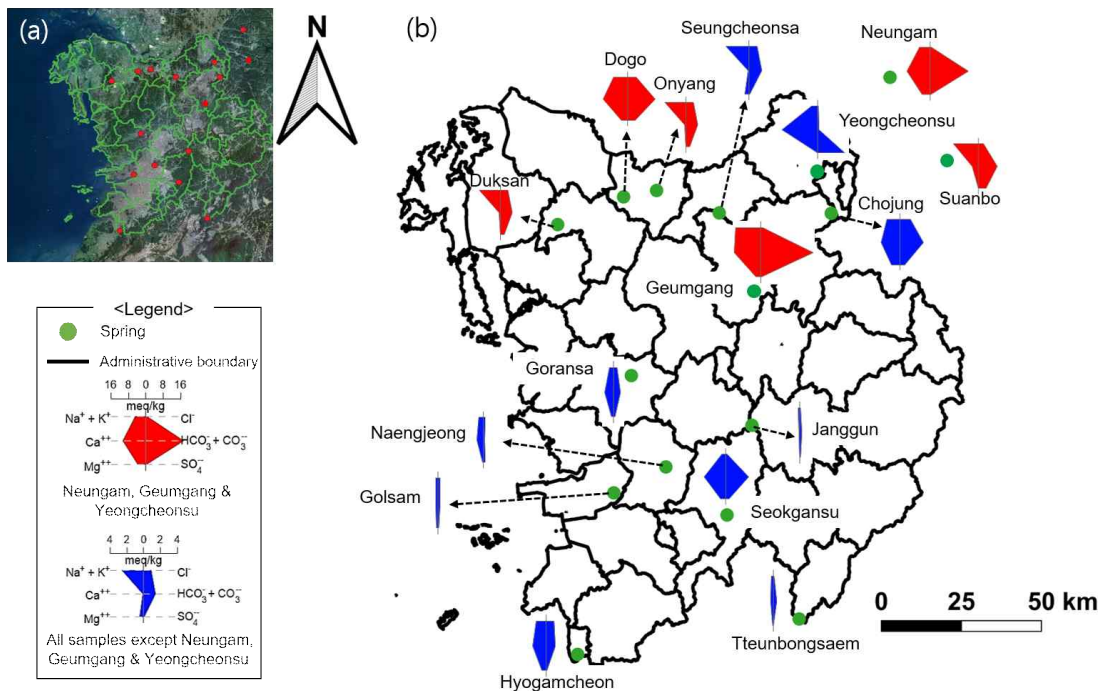


FIGURE 5. Satellite image of spring sites (a) and Stiff diagram distribution of hot springs (red diagram) and mineral springs (blue diagram) in the Geum River Basin and Chungcheong region (b)

TABLE 3. Data was gained and modified from Korea's Good Water of geo big data open platform maintained by KIGAM

Spring ID	pH	Temp.	EC	Ca	Na	Mg	K	SO ₄	HCO ₃	Cl	Si	NO ₃	TDS
		°C	μS/cm	mg/L									
Onyang	9.1	53.9	356	2.70	57.9	0.1	1.4	22.2	88.3	31.6	51.0	0.1	212
Dogo	7.4	27.3	496	59.9	39.1	8.9	1.8	43.4	208	39.4	4.09	1.3	339
Ducksan	8.6	47.8	274	4.20	52.6	0.1	1.8	16.7	105	16.8	47.3	0.1	194
Neungam	6.3	26.5	1594	216	114	44	3.2	13.5	1062	15.3	80.6	0.1	1017
Suanbo	8.5	43.5	426	14.5	68.4	0.1	2.6	42.5	142	21.8	70.1	0.1	295
Seungcheonsa	4.5	19.0	356	2.70	57.9	5.9	3.8	2.00	88.3	31.6	51.0	3.9	135
Chojung	5.3	19.1	483	45.4	34.7	13	2.1	24.8	167	42.2	32.0	13	288
Yeongcheonsu	8.0	18.0	1441	333	64.1	0.6	1.0	599	22.2	2.50	14.3	0.8	1028
Geumgang	6.2	25.8	2055	229	244	27	11	11.8	1389	31.1	88.8	0.1	1336
Seokgansu	7.2	18.3	326	52.1	9.40	7.1	2.2	20.7	169	4.90	15.7	5.3	202
Golsam	7.5	17.4	78	5.30	4.80	2.4	0.8	3.40	14.0	6.20	15.1	11	55.8
Naengjeong	6.9	15.1	146	15.4	11.6	1.3	0.7	8.80	6.60	6.20	48.5	11	105
Hyogamcheon	5.5	16.2	332	29.7	23.0	5.4	2.2	1.40	59.6	28.2	34.2	45	199
Tteunbongsaem	6.0	10.9	60	6.00	4.00	1.0	0.8	0.90	23.4	3.00	16.5	2.6	46.4
Janggun	7.6	13.2	41	2.70	4.70	0.5	0.4	1.30	11.5	2.90	15.6	2.4	36.2
Goransa	7.4	14.7	163	19.6	9.60	2.2	0.6	7.00	45.0	14.8	18.4	3.9	98.2

중양의 축을 중심으로 왼쪽은 양이온(Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), 오른쪽은 음이온(Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-})의 존재량을 당량농도(meq/kg)로 표현한다. 해당 이온성분의 농도가 높을수록 원점인 중앙으로부터 축 방향을 따라 다이어그램이 길어지며, 스틱프 다이어그램이 커질수록 용존이온의 함량이 전체적으로 높아지는 것을 의미한다. 이러한 이유로, 상대적으로 고농도의 중탄산이온 및 무기이온성분을 함유한 능암탄산온천, 금강탄산온천, 영천수약수는 범례에 표현한 것처럼 타 지하수와 축척을 분리하여 지도상에 도시하였다. 연구지역의 지하수는 용존이온의 상대적인 함량에 따라 크게 Ca-HCO₃유형과 Na-HCO₃유형을 보이는 것에 비해, 영천수약수는 Ca-SO₄유형으로 구분되어 나타난다. 덕산, 온양, 수안보 온천은 Na-HCO₃로 심부지하수의 수질 수형을 보이거나(Kim, 2007), 도고 온천은 중대형 입욕시설이 다수 위치하고 있어 주변 천부지하수의 혼입 등에 의해 수질 유형의 차이가 존재하는 것으로 여겨진다. 그러나 이 추론은 좀 더 상세하고 장기적인 수질분석 및 혼합비 연구를 통해 입증되어야 할 것이다.

탄산약수는 수온과 관계없이 대체로 용존 Ca와 HCO₃이온이 주요성분으로 존재하며, 금강탄산온천은 Na, Ca와 HCO₃이온의 함량이 높으나 Cl이온은 낮게 나타나 기반암에서 용탈된 Na이온이 수질조성에 영향을 미친 것으로 여겨진다. 영천수약수는 SO₄이온이 599mg/L, 전기전도도(EC, electrical conductivity)가 1441 μS/cm로 높게 나타나는 것에 비해 pH 8의 알칼리 수질특성을 가져, 물-암석반응의 영향이 지하수질에 반영되어 용존이온성분 함량이 높아진 것으로 판단된다.

그림 5(b)에 나타난 것처럼, 탄산약수는 연구지역 북동부에 위치하고 있으며 온천수는 북측의 동서방향으로 벨트처럼 퍼져있다. 이에 비해 남부는 수질이 우수하게 보존되어있는 샘터가 다수 위치하고 있는 것으로 보인다. 표 3의 질소이온(NO₃)은 효감천을 제외한 모든 지하수에서 먹는물 수질기준치(10mg/L이내)의 질산성질소 농도로, 약 44.3mg/L이내의 질소이온 함량을 뜻함) 이내로 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 효감천은 한국의 문화유적으로 분류되어 있으며 관광객의 출입은 가능하나 주변에 담장을

쳐 두어 야생동물 등에 의한 오염의 위험도가 낮을 것으로 여겨진다. 그러나 최근 조사된 수질조사결과를 보면 기준치를 넘어서는 질소이온 농도를 보여 체계적인 수질관리가 필요할 것으로 여겨진다. Min(2000)이 수집 및 정리한 샘터 및 약수터의 기원에 얽힌 이야기를 참고하여 주변 문화시설과 융합한다면, 관광객을 유인할 수 있는 충분한 자원이 될 것으로 판단되며 이러한 이유로 샘터 수질의 관리 및 보전이 더욱 중요하다고 판단한다.

4. 지하수 수량 및 수질특성을 활용한 복합적 해석

온천과 약수는 그 자체만으로도 보양 및 레저 용도의 유인요소로써 작용할 수 있으나, 그 전제는 유해 성분이 존재하지 않는 청정한 수질을 지닌다는 조건이 필요하다. 지하수 개발이 이뤄지며 수원지 인근에 상업지구가 조성되고, 수량의 감소와 더불어 외부 오염물질의 혼입으로 지

하수의 수질이 저하되기 시작한다면 온천과 약수의 관광자원으로서 가치는 하락하게 될 것이다. 지속가능한 수자원 개발이 이뤄지기 위해서는 대수층 산출량의 정확한 예측과 더불어 정기적인 수질검사를 수행하는 것이 물론화 관광단지 조성의 기초라고 할 수 있다. 이 연구에서는 연구지역의 지하수 산출량과 수질활용의 적합성을 판단하고자 지오빅데이터 오픈플랫폼(<https://data.kigam.re.kr/>)의 자료와 한국지질자원연구원에서 발행한 금강권역 지하수정보지도를 참고하였다. 지하수 정보지도에 도시한 금강권역 지하수 자료는 기존의 지하수기초조사 보고서를 중심으로, 금강권역내의 수맥보고서, 농어촌공사 보고서, 기타금강권역 내 군청의 조사 자료를 바탕으로 작성되었다(Kim *et al.*, 2021).

그림 6은 지하수 산출유량도와 지하수 수질 지수도를 겹쳐서 작성한 지도 위에 앞서 다룬 금강권역 온천 및 약수터와 주변 관광지를 나타낸 그림이다. 공공 오픈데이터상의 지도를 가공

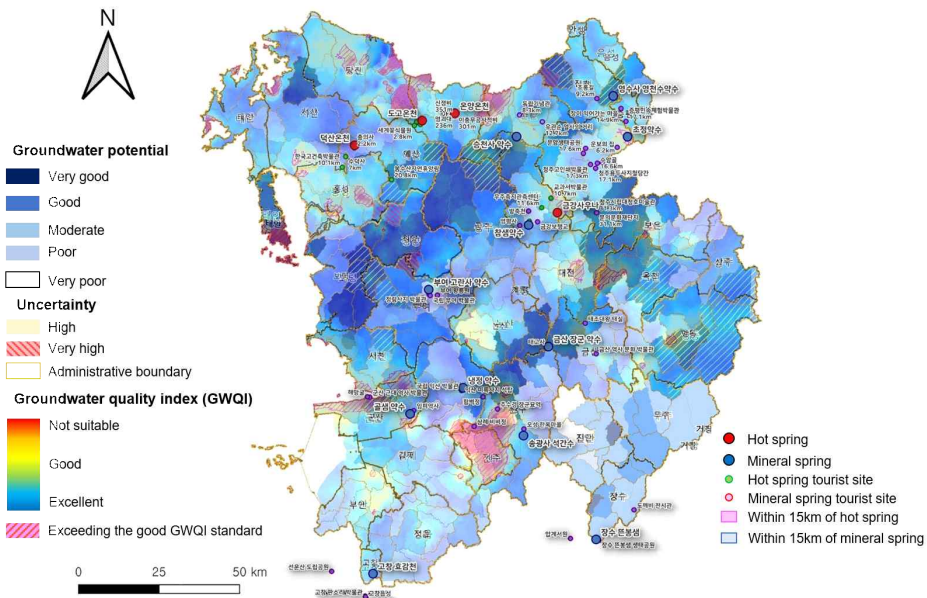


FIGURE 6. A composite map of groundwater quality and quantity in the Geum River basin. The springs and surrounding tourist attractions are represented together on the map

하여 지하수 개발유망지와 문화 및 관광지 정보를 도시하는 방식으로 제작하였기에 글자의 겹침과 해상도 저하가 일부 존재한다. 이는 차후 추가적인 연구를 진행하며 한국지질자원연구원과의 협업을 통해 주요 권역 전반에 대한 지하수 정보지도 자료를 직접 활용하는 형태로 전환하여 개선하고자 한다. 금강권역 수질 및 수량 복합지도(그림 6)를 참고하면, 금강권역 중서부에서 북동부 방향(보령시·서천군에서 진천군·음성방향, 완주군에서 보은군방향)으로 대수층의 산출성이 높을 것으로 예상되며 해당 지역에 승천사약수, 석간수, 장군약수가 위치하고 있어 물문화벨트 조성과 지하수 개발에 따른 관광객 수용능력이 상대적으로 우수할 것으로 판단된다. 수질지도도 자료에 근거하여(exceeding the good GWQI standard) 해당 수원들 및 주변지역 대수층은 수질지수가 보통에서 매우 좋음 사이의 수준을 가질 것으로 판단된다. 금강권역 북부의 온양, 도고, 덕산온천은 수질지수가 좋음에서 매우 좋음 사이의 수준에 위치하나 인접지역의 대수층이 일부 오염되어 있어 해당 온천공들에 대해 정기적으로 수질조사가 필요할 것으로 판단된다. 한편, 금강권역 수질지도도는 무주, 진안, 장수 지역에 대해서는 정보를 제공하지 않고 있어 이들 지역에 대한 공간적인 대수층 수질수준의 제안은 이 연구에서는 다루지 않기로 한다. 또한, 앞서 다룬 것처럼 수안보온천과 능암탄산온천은 행정구역상 충청권역으로 묶여있긴 하지만 수자원단위로는 한강권역으로 분류되어 그림의 금강권역 지하수 정보지도에는 자료가 반영되어 있지 않다. 이후 한강권역 지하수정보지도가 추가되면 충청권역 물문화지도에 반영하고자 한다.

결론 및 고찰

금강권역 북부지역은 온천과 탄산천 등 보양 및 휴양에 기여할 수 있는 지하수자원이 풍부해 수질특성을 살린 물휴양 산업단지(therapeutic spring belt)로 조성하는 것이 유리할 것으로 판단된다. 금강권역 남서부에서 북동부 방향으

로는 다수의 샘터, 관광 및 문화시설이 부존하고 있어 지하수자원과 문화를 융합한 금강물문화관광 등을 제안할 수 있을 것이다. 금강권역 북부와 남부를 연계한 물문화 관광벨트(water culture belt)로 개발한다면 지역경제창출에 더하여 수자원의 가치재정립이 가능할 것으로 판단한다. 추가적인 수질 및 수량 연구 조사를 통해 다양한 권역별 지도가 작성된다면 금강권역 및 충청권에 더하여 다른 지역에 대해서도 물문화 관광벨트의 제안이 가능해 질 것이다. 특히 여행객마다 선호하는 여행의 형태와 목적이 다르기 때문에 계절 및 테마별로 세분화하여 문화·관광요소를 연계한다면 지하수자원에 대한 인식제고가 가능할 것으로 판단한다.

이 연구에서 활용한 금강권역 지하수정보지도는 대권역을 다루고 있으며 공간적으로 대체적인 경향성을 보여주는 자료이다. 따라서 온천수 및 약수의 수질분석 및 산출성 자료와 지하수지도의 자료는 차이가 있을 수 있다. 온천수 및 약수가 산출되는 대수층의 산출 심도와 수문학적 특성은 국가모니터링 관정이 설치된 대수층과 차이가 존재할 가능성이 높다. 지하수정보지도의 자료를 활용한다는 것은 개발유망지 주변의 대체적인 수량과 수질을 파악하는 것으로, 지하수정보지도의 자료는 대표적인 자료일 뿐 지역적, 계절적으로 수량 및 수질이 다를 수 있음을 분명히 파악하고 넘어가야 한다.

지하수는 땅속의 대수층을 흐르며 배출(discharge)지점을 제외하면 비가시적 특성을 가져 수자원으로서의 중요성과 관광자원 가능성으로서의 인식이 낮은 편이다. 그만큼 여전히 개발가능성이 풍부하며, 대체적으로 우수한 수질을 갖추고 있다. 물문화 관광벨트와 같이 장기간 연구를 통해 축적된 지오빅데이터 자료를 대중이 활용하기 쉽도록 가공하여 제공한다면 국내 관광산업에도 새로운 시도와 기회가 될 수 있으며, 지하수자원의 가치와 중요성에 대한 인식이 높아져 관리 취약성의 개선 및 지속적인 수자원 활용이 가능할 것으로 기대된다. **KAGIS**

REFERENCES

- ConsumerInsight. 2019. Travel Behavior and Planning Study. Available from https://www.consumerinsight.co.kr/leisure-travel/r_report [Accessed October 22, 2022]
- ConsumerInsight. 2020. Travel Behavior and Planning Study. Available from https://www.consumerinsight.co.kr/leisure-travel/r_report [Accessed October 22, 2022]
- ConsumerInsight. 2021. Travel Behavior and Planning Study. Available from https://www.consumerinsight.co.kr/leisure-travel/r_report [Accessed October 24, 2022]
- CRI (Chungbuk Research Institute). 2011. Chungbuk Vision 2011. Cheongju, Korea. 175pp. (충북발전연구원. 2011. 충청북도 관광특구 활성화 방안. 청주. 175pp.).
- Cultural Heritage Administration. 2022. Available from <https://www.heritage.go.kr> [Accessed October 15, 2022]
- Database of Korean History. Samguksagi 32(1). Available from <https://db.history.go.kr/> [Accessed October 20, 2022]
- Geo Big Data Open Platform. Available from <https://data.kigam.re.kr/> [Accessed September 10, 2022]
- Jeon, D. 2018. A study on the boundaries of Baekje and its changes in the 4th and 7th century—Focused on Gyeonggi and Chungcheong area. *Backje Culture*, 58(0):79–112 (전덕재. 2018. 4~7세기 백제의 경계와 그 변화—경기와 충청지역을 중심으로—. 백제문화. 58(0):79–112).
- Jeong, C.H., Kim, K.H., Keisuke Nagao. 2012. Hydrogeochemistry and Origin of CO₂ and Noble Gases in the Dalki Carbonate Waters of the Chungsong Area, *The Journal of Engineering Geology*, 22(1): 123–134 (정찬호, 김규한, 나가오 케이스키. 2012. 청송 달기탄산약수의 수리지화학과 탄산 및 영축기체 기원. *지질공학회지*. 22(1): 123–134).
- Jeong, S.C. 2007. A Study on Activation Plan of Hot Spring Tourism in Chungchong-bukdo. *Journal of Korean Economic Studies*. 19(1):39–62 (정삼철. 2007. 충북 지역 온천관광 활성화 방안—충주지역을 중심으로. *한국동서경제학회지*. 19(1):39–62).
- KIGAM (Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources). 2021 Annual Report. 2022. DaeJeon, Korea. 73pp (한국지질자원연구원. 2022. 한국지질자원연구원 2021 연차보고서. 대전. 73pp.).
- Kim, K.H. 2007. Hot springs in Korea. Ewha Womans University Press. Seoul, Korea. 238pp. (김규한. 2007. 한국의 온천. 이화여자대학교출판사. 서울. 238pp.).
- Kim, Y., Ha, K., Moon, S.H., Kim, H., Koh, D.C., Ko, K.S., Cho, B., Lee, B., Yun, U., Choi, H., Lee, C.M., Jun, S.C., Kim, S., Lee, S.C., Lee, S.M., Choi, Y.S. 2021. Groundwater Information Map of the Geumgang River Basin. Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, DaeJeon, Korea. 65pp. ISBN 979-11-90505-22-2(93450), DOI 10.22747/data.20220217.4702 (김용철, 하규철, 문상호, 김형찬, 고동찬, 고경석, 조병욱, 이병대, 윤옥, 최한나, 황세호, 신제현, 이충모, 전성천, 김성현, 이상철, 이상무, 최영섭. 2021. 금강권역 지하수 정보지도. 대전. 65pp.)
- Min, P.J. 2014. Springs in Korea. Daewansa, Seoul, Korea. 143pp. ISBN 978-89-36900-00-7 (민병준. 2014. 한국의 샘물. 대원사. 서울. 143pp.).

NGII (National Geographic Information Institute),
The National Atlas of Korea II, 2016,
Gyeonggi, Korea.

Park, S., Choi, K.-M., Lee, S.-W. 2019.
Spatial Variation in Land Use and
Topographic Effects on Water Quality at

the Geum River Watershed. Korean Journal
of Ecology and Environment, 52(2):94-
104 (박세린, 최관모, 이상우. 2019. 토지이
용과 지형이 수질에 미치는 영향의 공간적 변
동성에 관한 연구 - 금강 권역을 중심으로.
생태와 환경. 52(2):94-104). **KAGIS**