

먹는샘물 제조업체의 취수량 및 감시정 관리에 관한 고찰

손두기¹ · 박승혁² · 정교철^{3*}

¹중앙컨설턴트(주) 이사, ²중앙컨설턴트(주) 차장, ³안동대학교 지구환경과학과 교수

A Study on the Water Withdrawal Permit Rate and Monitoring Well Management of Bottled Water Manufacturers

Doo Gie Son¹ · Seunghyuk Park² · Gyo-Cheol Jeong^{3*}

¹Director, JoongangConsultant Co., Ltd.

²Deputy General Manager, JoongangConsultant Co., Ltd.

³Professor, Department of Earth and Environmental Sciences, Andong National University

Abstract

Bottled water companies in Korea are required to conduct an environmental impact assessment of their drinking water supply at least six months before the expiration of their five-year marketing and production license. The water level drawdown, production well water quality, and monitoring well observation results are the most important items that are evaluated in the assessment report. Here we evaluate the relationship between well drawdown and pumping capacity with pumping time from the production wells of bottled water manufacturers located in Cretaceous granite (site A) and Precambrian gneiss (site B). The method to reduce the pumping capacity is more effective in decreasing the drawdown than the method to simultaneously control the pumping and recovery times. Furthermore, the monitoring data from the pH monitoring sensors that were installed in Precambrian gneiss (site C) yield pH values that increase with time and eventually plateau at a certain value. We therefore propose that pH monitoring is either discontinued or improved to provide more reliable and usable results.

Keywords: spring water environmental effect investigation, pumping capacity, pumping time, drawdown, pH monitoring sensor

OPEN ACCESS

*Corresponding author: Gyo-Cheol Jeong
E-mail: jeong@anu.ac.kr

Received: 5 September, 2019

Accepted: 10 September, 2019

© 2019 The Korean Society of Engineering Geology



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초 록

샘물개발허가의 유효기간은 5년이며, 연장허가를 위하여 만료 6개월 전까지 샘물환경영향조사 보고서를 첨부하여 기간 연장을 신청하여야 한다. 제출된 보고서의 심사과정에서 가장 큰 관심은 샘물 취수에 따른 지하수위 강하, 원수 수질분석 및 감시정의 모니터링 결과에 집중된다. 중생대 백악기 지역과 선캄브리아기 변성암 지역에 각각 위치하는 먹는샘물 제조업체의 취수정에 대하여 수중모터펌프의 양수능력과 양수시간을 조절하는 방법으로 수위강하량과의 상관성을 조사하였다. 양수능력을 감소시키는 방법이 매시간 동일하게 양수시간과 회복시간을 조정하는 방법보다 수위강하량을 줄이는데 효과적이었다. 또한 변성암 지역에 설치한 감시정에 대하여 pH센서의 계측자료를 분석한 결과, 설치 후 경과시간에 따라 계속 증가하여 일정한 값에 수렴하는 것으로 조사되어 관리가 어려운 pH항목을 감시정에서 제외하거나 사용자 친화적인 계측방법으로 보완이 필요할 것으로 판단된다.

주요어: 샘물환경영향조사, 양수능력, 양수시간, 지하수위 강하, pH계측센서

서론

먹는물관리법에서는 먹는샘물 또는 먹는염지하수의 제조업을 하려고 샘물을 개발하거나, 1일 취수능력 300톤 이상의 샘물 등(원수의 일부를 음료류·주류 등의 원료로 사용하는 샘물, 기타샘물이라 함)을 개발하려는 자는 시·도지사의 허가를 받도록 하고 있다. 샘물개발허가를 신청하려면 환경영향조사대행자에 의해 법 제13조에 따라 작성된 환경영향조사서를 제출하여야 한다. 또한 시·도지사는 제출된 조사서를 환경부장관에게 보내 기술적 심사를 받도록 하고 있다. 샘물 등의 개발허가의 유효기간은 5년이며, 매 회의 연장기간도 5년으로 정하고 있다. 환경영향조사는 샘물 등의 개발로 주변 환경에 미치는 영향과 주변 환경으로부터 발생하는 해로운 영향을 예측·분석하여 이를 줄일 수 있는 방안에 관한 사항을 조사하며, 원수의 부존량과 산출상태, 적정채수량·영향범위 및 포획기간, 환경지질학적 피해, 수질 등에 대해 조사하도록 하고 있다. 시·도지사가 샘물 등의 개발을 허가할 때에 지방환경관서(유역환경청 또는 지방환경청)의 기술적 심사결과에 따른 1일 취수량을 제한하는 등의 필요한 조건을 붙일 수 있도록 하고 있다(먹는물관리법, 환경부). 먹는샘물을 제조하고 있는 업체에서는 환경영향조사서의 기술적 심사결과에 따라 1일 취수량을 시·도지사로부터 허가받고, 그 범위를 초과하여 취수되고 있다고 인정되면 취수를 제한받거나 중단될 수 있기에 1일 취수량을 엄격하게 지키고 있다. 또한 충분한 원수탱크를 갖추지 못한 업체는 공휴일의 1일 취수량을 생산에 사용할 수 없어 지하수위가 회복되는데 유리한 조건으로 작용하기도 한다.

먹는샘물 등의 제조업을 하려는 자는 환경부령으로 정하는 바에 따라 시·도지사의 허가를 받아야 한다. 먹는물관리법 및 시행령, 시행규칙이 1995년 5월 1일 시행되고, 시행규칙 별표 4에서는 “먹는물관련영업의 시설기준”을 정하였고, 여기서 먹는샘물 제조업 시설로 취수정 및 감시정에 대한 설치 및 관리 기준도 정하고 있다. 먹는물관리법 제13조, 시행규칙 제7조에 의한 환경영향조사결과에 따라 취수정의 위치와 사양, 상하류 구배구간이 결정되면 취수정으로부터 10 m 이상 거리의 상류구배구간에 2개공, 하류구배구간에 최소 1개공 이상의 감시정을 설치하도록 하고 있다. 감시정의 굴착심도는 취수정의 심도와 동일하거나 최소 2/3 이상으로 하고, 자동계측기를 설치하여 수위, 전기전도도, 온도, 수소이온농도를 연속적으로 측정·기록하게 하였다. 시행규칙의 2011년 3월 23일 개정에서는 감시정의 굴착심도를 취수정의 최하부 심도지점의 표고 이하 지점까지로 정하였으며, 2015년 10월 31일부터 취수정 및 감시정에 설치하는 유량계와 수위·수질 자동측정장비에 대하여 “자동계측기의 설치 및 운영·관리기준”을 시행하여 측정 항목별 허용오차 범위를 정하였고, 매 2년마다 1회 이상 국가교정기관으로부터 교정 및 오차시험을 받도록 하고 있다(Ministry of Environment, 2013). 먹는샘물 제조업체에서는 법에 따라 자동계측기에 대하여 매 2년마다 교정 및 오차시험을 시행한 후 시·도지사에게 보고하고 있고, 6개월에 1회 이상 자가점검을 실시하여 자동계측기 운영과 관련된 측정항목별 센서, 연결케이블 등의 설비에 대한 보정 등의 조치를 하고 있다. 그러나 먹는샘물 제조업체에서는 이러한 자가점검이 전문적인 기술 및 인력의 투입이 필요한 사항임에도 불구하고 품질관리인만의 몫으로 단순하게 여기고 있어 정확한 보정 등이 이루어지지 않는 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 먹는샘물 보고서의 심사과정에서 주된 관심인 샘물취수에 따른 수위강하에 대하여 사례를 통해 수중모터펌프의 양수능력과 양수시간을 조절하는 방법으로 수위강하량과의 상관성을 분석해 보고 감시정 계측센서 운용상 현장의 문제점을 찾아 적절한 샘물관리 방안을 제시해 보려 한다.

먹는샘물 제조업체 현황

국내에서 먹는샘물 시장에 대한 통계는 1983년부터 공식적으로 집계되었는데, 1989년대부터 큰 폭으로 성장하여, 2015년에는 판매량 기준으로 1983년 대비 730배, 1995년 대비 7.7배로 증가하였고, 판매금액 기준으로 1983년 대비

1,800배, 1995년 대비 8.8배로 증가하였다(Koh and Ko, 2018). 이러한 생수시장의 급격한 성장은 소비자들의 소득 증가와 더불어 위생에 대한 경각심 증가, 그리고 무엇보다 소비자들의 웰빙(well-being)에 대한 관심이 큰 영향을 미쳤다. 또한 소비자들의 수돗물에 대한 불신, 그리고 건강에 대한 관심의 증가는 생수 소비를 촉진하였고 기존의 탄산음료, 과즙음료 및 카페인 음료 수요를 대체하였다(Yoon et al., 2015).

2018년 12월 기준으로 전국 먹는샘물 제조업체는 총 61개소가 있는 것으로 나타났다(Table 1)(Ministry of Environment, 2018).

Table 1. Average of the total permitted withdrawal rate based on the bottled water facility and pumping well data for the 2010-2018 period

	bwf. (A)	Total well (B)	Total withdrawal permit rate (m ³ /day, C)	C/A (m ³ /day/bwf.)	C/B (m ³ /day/wells)
2010	67	185	26,939	402.1	145.6
2013	66	204	38,364	581.3	188.1
2015	65	196	38,861	597.9	198.3
2016	62	197	42,659	688.0	216.5
2017	60	195	43,371	722.9	222.4
2018	61	197	45,837	751.4	232.7

bwf. is the abbreviation of bottled water facilities.

2010년부터 2018년까지 국내 먹는샘물 제조업체는 67개소에서 61개소로 감소하였으나 총 취수허가량은 26,939 m³/day에서 45,837 m³/day로 170% 증가하였다(Fig. 1).

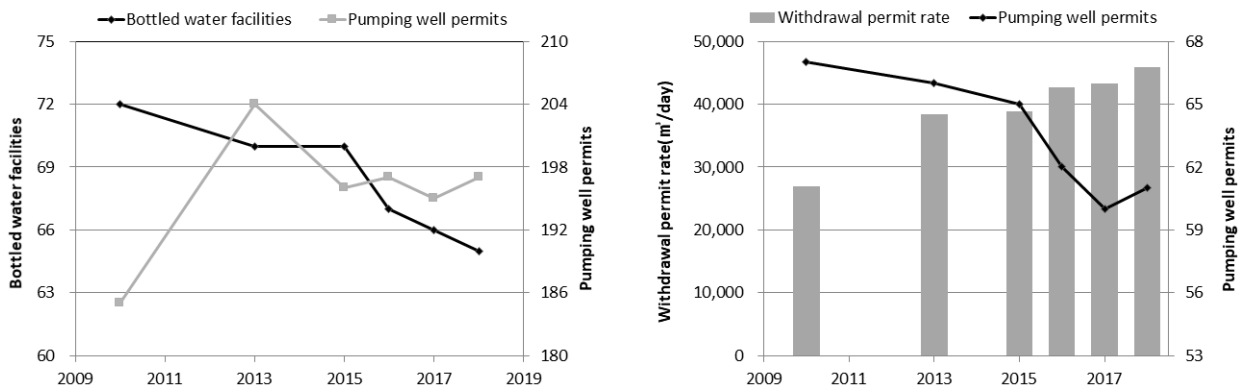


Fig. 1. Status of the pumping well permits, permitted withdrawal rates, and bottled water facilities for the 2010-2018 period.

허가 받은 취수정은 185개에서 204개까지 늘었다가 197개 내외를 유지하고 있다. 2010년부터 2013년까지 3년 동안 취수정이 204개까지 증가한 것은 2011년 3월에 있었던 동일본대지진에 의한 낙관적인 수출 전망에 따른 것으로 판단된다. 이 기간 동안 5개 업체가 폐업하고 4개 업체가 신규로 허가를 받아 총 업체 수에서는 큰 변화가 없으나 기존 먹는샘물 제조업체에서 31개의 취수정을 추가로 개발하여 전체적으로 개발공수는 증가하였다. 약 3년간 전체 취수허가량은 26,939 m³/day에서 38,364 m³/day로 약 142% 증가하였다(환경부).

2002년 Cho는 국내 먹는샘물 제조업체 60개소에 대한 조사에서 지질별로 그 분포를 선캠브리아기 변성암대 26개소, 옥천변성암대 8개소, 백악기 및 쥐라기 화강암대 23개소, 중생대 퇴적암류 1개소, 제주도화산암지대 2개소로 분류하였다. 2018년 먹는샘물 제조업체는 61개소이고 지질별 분포는 선캠브리아기 변성암대 25개소, 옥천변성암대 5개소, 백악기 및 쥐라기 화강암대 27개소, 중생대 퇴적암류 2개소, 제주도화산암지대 2개소로 조사되어 선캠브리아기 변성암과 백악기 및 쥐라기 화강암대에 가장 많이 분포하고 있다.

샘물개발허가량과 지하수위의 상관성

먹는샘물 제조업체의 취수정 운용은 허가받은 1일 취수량을 초과하지 않는 범위 내에서 8시간 생산에 맞추어 이루어지고, 여름 성수기에는 3~4시간 잔업을 하기도 한다. 24시간 생산하는 제조업체도 다수 있다.

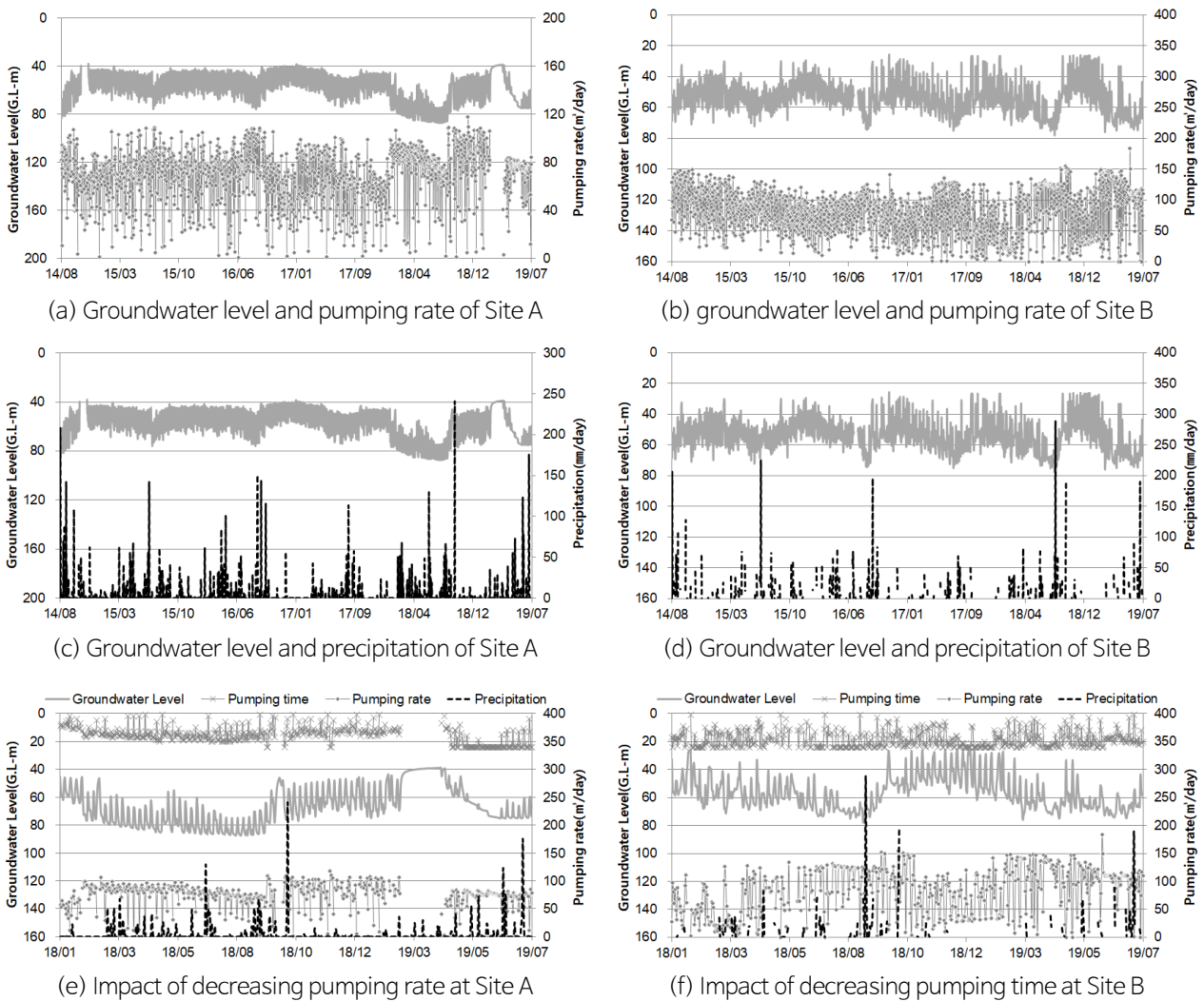


Fig. 2. Comparison of the water level fluctuations in the monitoring wells based on adjustments to the pumping well withdrawal rate.

Fig. 2는 중생대 백악기(Site A)와 선캠브리아기 변성암(Site B) 지역에 위치하고 있는 먹는샘물 제조업체에 개발되어 사용 중인 2개 취수정의 취수량과 그에 따른 감시정의 수위변화를 2014년 8월부터 2019년 7월까지 5년간 도시(Fig. 2a, 2b)한 것이고, 강수량에 의한 수위변화(Fig. 2c, 2d)의 영향을 검토하였다. 이들 감시정 수위는 매시간 측정된 수위를 1일 평균한 것이다. 이들 제조업체는 지속적이고 장기적인 지하수 이용을 위한 노력으로 취수정 양수에 따른 수위강하량을 줄이기 위해 2019년 4월경 해당 업체들의 1일 취수허가량을 초과하는 원수저장탱크의 설치를 끝내고 해당 취수정들의 양수량을 2가지 방법으로 감량하였다. 지하수위는 풍수기와 갈수기의 강수량에 따라 오르고 내림을 반복하는 것이 보통이나 먹는샘물 제조업체에 설치된 감시정의 수위자료는 강수량에 따른 변동보다는 취수량의 영향을 더 크게 받고 있다. 풍수기인 7, 8월의 지하수위는 상승하는 것이 일반적이나 Site A, B의 감시정 수위(Fig. 2c, 2d)는 강하하고 있고, 갈수기에 상승하는 양상을 나타내고 있다. 이는 풍수기인 7, 8월이 먹는샘물 시장의 성수기인 영향으로 취수량이 증가한 것에 따른 것이다. Fig. 2e, 2f는 Site A의 경우 2019년 4월, Site B의 경우 2019년 5월부터 취수량을 조절한 기간을 상세히 나타낸 것이며, 2018년의 동일한 기간 동안의 취수량과 감시정 수위를 비교하기 위하여 제시하였다. Site A의 경우 2019년 4월 물탱크 설치가 끝난 후부터 2019년 7월까지 수중모터펌프의 양수능력을 2018년 동일기간 대비 약 35% 감소시켰고, 1일 취수량은 약 9% 감소시켰다. 그 결과 감시정의 수위는 평균 약 17.5% 올라왔으나 양수량이 감소한 만큼 수중모터펌프의 가동시간(24시간동안 가동하는 일수가 증가)이 증가하여 감시정의 수위가 자연수위에 가깝게 상승하는 일수가 급격히 감소한 것으로 조사되었다. Site B의 경우 2019년 5월 물탱크 설치가 끝난 후부터 2019년 7월까지 수중모터펌프의 양수능력은 동일하게 운용하고, 가동시간을 1시간 간격으로 40분 가동, 20분 중지를 반복하는 방법으로 양수를 실시하였다. 이때 1일 취수량은 2018년 동일기간 대비 약 10.4% 증가하였고, 감시정의 수위는 평균 약 5.4% 더 강하한 것으로 나타나고 있다. 취수량이 증가한 영향일 수도 있으나 감시정의 수위는 역시 자연수위에 가깝게 상승하는 일수가 감소한 것으로 나타나고 있다.

이러한 먹는샘물 제조업체들이 지하수 보존을 위한 노력의 일환으로 취수정의 양수량을 조절하는 방법을 시행한 결과 수중모터펌프에 타이머를 설치하여 가동시간을 조절하는 것(Site B)보다 수중모터펌프의 양수능력을 감소시켜 운용하는 것(Site A)이 지하수위 강하량을 줄이는데 더 효과적인 것으로 조사되었다. 그러나 이들 방법의 단점은 수중모터펌프가 원수탱크를 채우는데 필요한 시간동안 휴일을 포함하여 계속 가동되어 지하수위가 자연수위에 가깝게 상승하는 날수가 감소하였다는 것이다. 따라서 현재처럼 대용량의 물탱크가 없이 생산라인의 가동시간동안 취수정의 수중모터펌프가 가동되도록 높은 양수능력으로 설계하여 생산이 끝난 후 수중모터펌프의 가동이 중단되고 지하수위가 매일 회복되는 시간을 갖는 것과 양수능력을 줄여 수중모터펌프가 원수탱크를 채우는 동안 계속 가동되어 수위가 충분히 회복되지 못하나 수위강하량은 감소시키는 방법이 적정한지 더 많은 조사가 필요할 것이다.

감시정 운용

현행 먹는물관리법에서 “샘물”은 “암반대수층 안의 지하수 또는 용천수 등 수질의 안전성을 계속 유지할 수 있는 자연 상태의 깨끗한 물을 먹는 용도로 사용할 원수”로 정의하고 있으며, “먹는샘물”은 “샘물을 먹기에 적합하도록 물리적으로 처리하는 등의 방법으로 제조한 물”로 정의하고 있다. 위에서 설명한 바와 같이 먹는물관리법에 따라 먹는샘물 제조업체는 취수정에 대한 “샘물개발허가”를 득하여 1일 취수량이 결정되고, 생산설비와 감시정 등 시설기준을 적법하게 완비하여 “제조업허가”를 받은 후 제품생산을 할 수 있도록 하고 있다. 따라서 2018년 61개소의 먹는샘물 제조업체의 경우 업체별로 3개 이상의 감시정을 운용하고 있다. 감시정의 용도는 취수정에서 샘물을 취수할 때 주변 대수층으로부터 유입되는

지하수의 수소이온농도, 전기전도도, 온도, 수위를 실시간 측정하여 장·단기간의 수질변화를 모니터링 하는데 목적이 있다. 취수정 가동에 따라 단기적으로 수위를 비롯하여 수소이온농도, 전기전도도, 온도가 민감하게 반응한다면 대수층의 주유입구간의 변동 등을 추정할 수 있고, 장기적으로 풍수기와 갈수기의 강수량에 따른 수질 및 수위의 변화를 분석하여 기원변화 등을 예측할 수 있을 것이다. 취수정의 심도가 깊어질수록 보다 심부 수소이온은 광물을 용해시키며 소모되므로 pH는 높아지며, 심부지하수에서 수소이온의 양이 적은 것은 CO₂ 공급이 제한된 심부에 물-암석반응을 많이 거친 물이 존재하고 있는 것으로 볼 수 있다(Lee et al., 1997). 지하수의 수소이온농도는 지질환경에 따라서 결정되며 인위적인 영향은 거의 받지 않는다. 수소이온농도는 광물을 용해시키면서 소모되므로 지하 심부로 내려갈수록 지하수의 pH는 높아진다. 화강암지역 지하수의 평균 pH를 개발 심도별로 분석한 자료에 의하면 심도 0~100 m의 평균 pH는 7.0, 100~300 m는 7.82, 300 m 이상은 8.48로 심도가 깊어질수록 pH가 높아지는 것으로 나타난다(Cho et al., 2002). 그러나 환경영향조사 시 감시정들의 계측자료를 분석하면 수소이온농도 변동폭이 장·단기적으로 크게 나타나기도 한다. 2002년 국내 영업 중인 65개 먹는샘물 제조업체의 지질별 pH변화는 옥천변성암대가 평균 7.53(6개소), 제주도화산암지도 7.46(2개소), 선캠브리아기 편마암지대 7.38(24개소), 불국사화강암지대 7.23(4개소), 대보화강암지대 7.10(20개소)로 관측된 바 있다(Im, 2004).

국내 먹는물 수질기준이 1995년 5월 제정된 후 먹는물의 수소이온농도 기준은 5.8~8.5이었고, 2011년 12월 일부개정에서 “샘물, 먹는샘물 및 먹는물공동시설의 물의 경우에는 4.5 이상 9.5 이하”로 단서를 달아 신설되어 현재까지 유지되고 있다. 미국의 경우 강제력 있는 기준이 아닌 National Secondary Drinking Water Regulation으로 6.5~8.5의 범위를 정하고 있고, 6.5보다 낮을 경우 쓰거나 금속 맛이 날 것이고, 8.5보다 높을 경우 미끄럽고, 소다 맛이 날 것으로 주의를 주고 있다(EPA, 2017).

수소이온농도의 이론적 배경

수용액 중 H⁺이온과 OH⁻이온의 상대적인 양을 측정하는 것이 pH이다. H⁺이온과 OH⁻이온의 수가 동일할 때의 물은 중성이라고 하고 H⁺이온이 많이 함유된 물은 산성, OH⁻이온이 많이 함유된 물은 염기성이라 한다(지하수 환경과 오염, 한 정상).



식 (1)에서 화학평형상수 Keq는 다음과 같다. Keq는 온도의 함수로써 25°C에서 Keq = 10⁻¹⁴이다.

$$\text{Keq} = [\text{H}^+][\text{OH}^-]/[\text{H}_2\text{O}] \quad (2)$$

pH는 수소이온 활동의 (-)대수치로서 표현하며 물 속에 전해되어 있는 수소이온의 상대적인 농도를 뜻한다. 식 (2)에서 [H₂O]는 1이므로

$$\text{Keq} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad (3)$$

식 (3)에 log를 취하면

$$\log[H^+] + \log[OH^-] = -14 \quad (4)$$

여기서 수소이온농도를 pH라 한다. 25°C에서 $pH + pOH = 14$ 이다.

$$\begin{aligned} pH &= -\log[H^+] \\ pOH &= -\log[OH^-] \end{aligned} \quad (5)$$

감시정의 수소이온농도

먹는샘물 제조업체에서 운용 중인 감시정에 설치된 센서는 다항목수질측정기로 수위, 수온, 전기전도도(EC), 수소이온농도(pH)의 4가지 항목을 1시간 간격으로 동시에 측정하고 있다. 설치 목적에 부합하게 취수정의 양수에 따라 수위 및 수질, 온도의 변동이 민감하게 나타나는 경우도 있고, 대수층의 연결성이 낮아 수위변화가 크게 없는 감시정도 다수 있다. 최근 환경영향조사 보고서 작성 시 자동계측된 감시정의 시계열자료를 분석하게 되면 수소이온농도의 측정값에서 변동 폭이 큰 것으로 나타난다. 현재의 법령에 따라 먹는샘물 제조업체에서는 주기적인 센서의 검정을 실시하고 있으나 원천적으로 소모품에 해당하는 전극의 교체가 없이 이루어지는 경우가 대부분이므로 측정값의 신뢰도가 높지는 않은 것이 현실이다. 지하수 및 지표수의 간이수질측정을 위해 사용되는 휴대용 pH 측정기의 경우도 매뉴얼에 따라 매우 높은 강도의 유지·관리를 실시하고 있다. 특히 전극은 주기적인 관리가 필요하다. 일반적으로 사용되는 유리전극의 경우 KCl + AgCl 전해질 용액을 보충하거나 교체하는 방식으로 관리를 해야 하며, 2점 또는 3점 보정을 통해 성능을 지속적으로 유지해야 한다(Instruction Manual, 2012). 감시정 자동계측기 센서의 설치심도는 취수정의 양수에 따라 발생하는 감시정의 수위강하량을 고려하여 결정되며, 취수량의 증가 또는 강수량의 감소 등의 영향으로 지하수위가 강하하는 경우 등 최대수위강하량을 고려하여 항상 수중에 잠겨있도록 설치심도를 결정한다. 따라서 작업자 1인이 인양하기 어려운 심도에 설치된 감시정 자동계측기의 수소이온농도 센서의 유지관리를 먹는샘물 제조업체의 품질관리인이 실시하기에는 큰 어려움이 있으므로 쉽고 빠르게 수행할 수 있도록 보완하는 것이 필요하다.

감시정의 수소이온농도 계측 사례

지하수법에 의한 지하수 개발 시 적용하는 환경부령으로 정한 “지하수의 수질보전 등에 관한 규칙”에 의하면 지하수오염방지시설의 설치기준 중 케이싱은 암반층을 굴착하는 경우 암반(연암층)선 아래로 1 m 이상 깊게 설치하도록 하고 있으나 지하수개발 목적 및 용도에 따라 케이싱 설치 심도는 차이가 날 수 있다. 안정적인 수질과 수량을 유지하는 암반대수층의 지하수를 개발하여 지속적으로 사용하는 것이 목적인 샘물 취수정의 개발 시 케이싱은 보통 암반선을 통해 제한하기보다는 G.L -20~30 m 이상 설치하고 그라우팅을 실시하여 천부지하수의 유입을 차단하는 것이 일반적이다. 따라서 취수에 따른 천부지하수의 유입이나 강우에 따른 급격한 지하수위 변화가 일반적이지는 않다. 취수정과 함께 설치된 감시정의 수위는 양수를 하는 취수정과 파쇄대 연결 정도에 따라 종속적으로 변하게 된다. 감시정의 수질은 단기간에 급격한 변화가 발생하는 경우는 드물며, 일정한 경향을 유지하거나 취수정의 양수에 따른 감시정의 수위변화와 유사한 패턴을 보이는 경우도 있다. Fig. 3은 선캠브리아기 변성암 지역에 설치된 먹는샘물 제조업체들의 감시정의 수소이온농도 자동계측자료 (Fig. 3a)(Gyung-nam Province, 2018)를 대표적으로 2개소(A, B) 제시하였다.

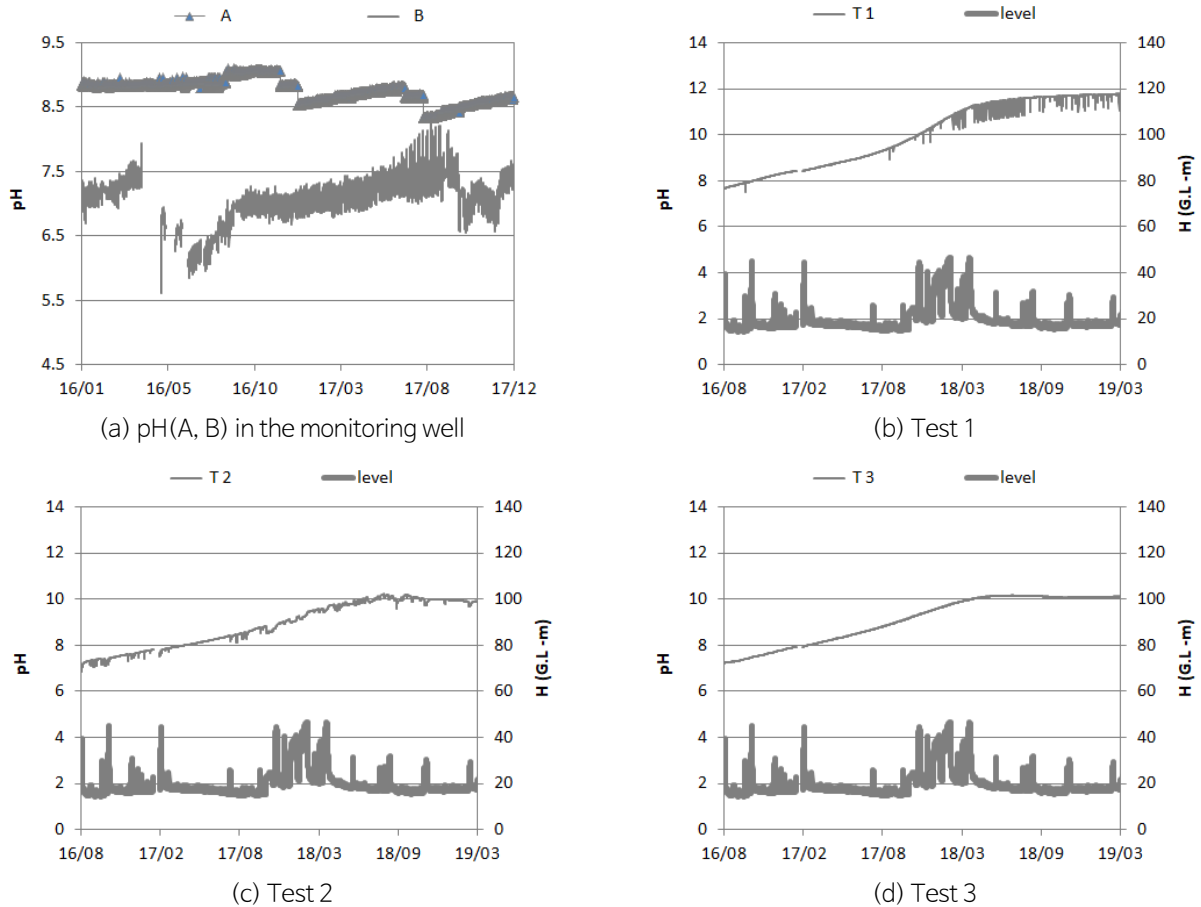


Fig. 3. Examples of erroneous pH curves from the monitoring wells for bottled water facilities.

계측자료에서는 일정한 주기나 패턴으로 증감을 반복하고 있다. 이와 비교하기 위해 동일한 지질의 타 지역 감시정 (Fig. 3b~3d)에 시험용 자동계측장비를 신규로 설치하여 수소이온농도를 계측한 자료를 제시하였다. Fig. 3b~3d에서 볼 수 있는바와 같이 수소이온농도는 계측을 시작한 이후부터 지속적으로 상승하여 약 12개월이 경과한 후 일정한 값들로 수렴하는 양상을 나타내었다. 시험용 자동계측기 Fig. 3b~3d가 설치된 감시정에서 휴대용 다항목수질측정기(HI 9828, HANNA)를 이용하여 간이수질을 측정하였다. 수소이온농도는 7.33~7.53의 범위에서 나타났다. Fig. 3b~3d에는 동일 시간에 측정된 취수정의 양수에 따른 감시정의 수위변화(H)를 함께 나타내었으며, 양수에 따른 수질변화 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.

결론

본 연구에서는 먹는샘물 보고서의 심사과정에서 주된 관심인 샘물취수에 따른 수위강하 사례를 통하여 수중모터펌프의 양수능력과 양수시간을 조절하는 방법으로 수위강하량과의 상관성을 분석하였으며, 또한 양수정 주변 감시정 계측센서 운용상 현장의 문제점을 찾아 적절한 샘물관리 방안을 제시하였다.

샘물취수 연장허가를 위한 환경영향조사 심사에서 논의가 되는 주된 안건은 과거 자료와 비교하여 취수정 및 감시정의 수위강하량이 증가하는 것과 감시정 자동계측자료에 대한 것이다. 지속적이고 안정적인 수위를 유지하기 위하여 가동 중인

먹는샘물 제조업체의 취수정 운용방안에 대한 연구가 더 필요할 것으로 판단되며, 금번 조사에서는 대규모 원수저장 탱크를 설치하고 수중모터펌프의 양수능력을 줄였을 때 지하수위 강하량이 감소하는 것으로 나타났으나, 원수탱크를 채우기 위해 수중모터펌프가 계속 가동되어 자연수위로의 회복에 문제가 발생하는 것으로 조사되었다. 따라서 적절한 수중모터펌프의 설계에 대한 좀 더 상세한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

현행 먹는물관리법에 감시정 자동계측장비 설치 및 운용에 관한 사항이 있으나 먹는샘물 제조업체에서 사용 중인 감시정 수질 및 수위 측정용 센서는 pH, EC, 온도, 수위가 일체형으로 되어 설치된 것이다. 이와 같은 다항목측정기의 경우 1개 항목의 센서에 이상이 발생할 경우 전체 센서를 인양하여 1~2주 이상 수리를 의뢰해야 하는 것이 현실이다. 또한 감시정의 센서에 이상이 발생하는 다수의 요인은 우천시 낙뢰에 의한 손상이며, pH센서와 같이 Buffer solution을 이용해 정기적으로 교정이 필요한 측정항목도 있으나 실행에 큰 어려움이 따른다. 따라서 가장 센서의 민감도가 크고, 주기적인 보정이 필요한 pH항목을 제외하거나 센서의 오작동에 따라 빠른 대처가 가능하도록 원수를 탱크로 이송하는 배관 혹은 취수정으로부터 이송된 원수를 저장하는 탱크에서 일정량을 배수 시키며 pH를 측정하는 방법도 고려해볼 만하다. 따라서 이러한 다양한 수질측정 방법의 적용은 pH센서와 같이 일일점검항목으로 정해져 있는 계측기기의 교정 및 교체를 수월하게 하여 보다 효율적으로 감시정 운용이 이루어지게 해야 할 것으로 판단된다.

References

- Cho, B.W., Lee, B.D., Lee, I.H., Choo, C.O., 2002, Speculation on the water quality for the natural mineral water, The Journal of Engineering Geology, 12(4), 395-404 (in Korean with English abstract).
- EPA, 2017, Secondary drinking water standards: guidance for nuisance chemicals, URL <https://water-research.net/index.php/standards/secondary-standards>.
- Gyung-nam Province, 2018, The report of drinkable spring water environmental effect investigation to bottled water manufacturer, Joongang Consultant Co., Ltd., 27-32 (in Korean).
- Instruction Manual, 2012, HI9829 Multiparameter Meter, URL <https://www.manualslib.com/manual/929970/Hanna-Instruments-Hi-9829.html>.
- Koh, D.C., Ko, K.S., 2018, Recent trends of domestic and international management and research of natural mineral water used for bottled water, Journal of Soil and Groundwater Environment, 23(6), 9-10 (in Korean with English abstract).
- Lee, J.E., Jeon, H.T., Jeon, Y.W., 1997, Geochemical characteristics of deep granitic groundwater in Korea, Journal of Korean Society of Groundwater Environment, 4(2), 199-200 (in Korean with English abstract).
- Im, H.C., 2004, The study on the quality of natural mineral water, Journal of the Korean Geophysical Society, 7(1), 41-49 (in Korean with English abstract).
- Ministry of Environment, 2013, The drinking water management act, URL <http://eng.me.go.kr/eng/web/index.do?menuId=299&findDepth=1>.
- Ministry of Environment, 2018, The status of the drinking water companies, URL http://www.me.go.kr/home/web/policy_data/read.do?menuId=10264&seq=7175 (in Korean).
- Yoon, D., Lee, B., Wang, C., 2015, A study on the history of the Korean bottled water market, The Review of Business History, 30(1), 137-161 (in Korean with English abstract).