

<Short Note>

단계양수시험은 소위 적정채수량 산정 도구가 아니다

이진용^{1,2,*}

¹강원대학교 지질학과

²강원대학교 크리티컬존선도연구실

요 약

국내 먹는샘물 환경영향조사에서 취수정의 적정채수량은 기본적으로 단계양수시험을 통해 결정되고 있다. 그러나 단계양수시험은 관정(우물)의 효율을 평가하거나 대수층의 수리상수 등을 구하는 것이 목적인 단공시험으로 먹는샘물의 적정채수량을 산정하는 도구가 아니다. 그럼에도 불구하고 국내에서는 그 개념과 방법론을 오해하여 오남용하고 있다. 저자는 2010년 논문(Lee, 2010)을 통해 관련 문제점과 개선의 필요성을 지적하였으나 다시 본 단보를 통해 관련 국가기관(환경부, 국토교통부)의 관심과 개선 노력을 주문한다.

주요어: 먹는샘물, 단계양수시험, 적정채수량, 우물효율

Jin-Yong Lee, 2016, Step-drawdown test is not a tool to determine the so called optimal discharge rate. Journal of the Geological Society of Korea. v. 52, no. 4, p. 443-446

ABSTRACT: In Environmental Impact Investigation of Natural Mineral Water in Korea, the optimal discharge rate of a production well is determined based on a step-drawdown test. However, the step-drawdown test is originally to evaluate well efficiency (well performance) or to estimate aquifer parameters, but is not a tool to estimate the optimal production rate. Despite this, in Korea, it's concept and methodology have been erroneously used in the assessment. The author indicated its related problems and necessity of the improvement in a previous paper (Lee, 2010) but now again this short note is presented to attract attention of relevant authorities (Ministry of Environment and Ministry of Land, Infrastructure and Transport) and to persuade them to take action on the improvement.

Key words: natural mineral water, step-drawdown test, optimal discharge rate, well efficiency

(Jin-Yong Lee, Department of Geology, Kangwon National University & Critical Zone Frontier Research Laboratory, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea)

1. 서 론

우리나라의 먹는샘물 시장은 1995년 이래 연평균 40억 원 이상의 성장세를 보였으며(Lee, 2010), 올해 약 7,000억 원에 육박할 것으로 예상하고 있다. 최근 인기를 끌고 있는 탄산수 등도 이런 시장 확대를 견인하고 있는 것이 주지의 사실이다. 유엔에서는 2016년 물의 날 테마를 “Water and Job”이라고 정하였고 기본적인 인권으로서의 물과 더불어 관련 비즈니스와 일자리 창출에도 큰 관심을 보이고 있다(Cho, 2016). 이처럼 물 산업이 번창하면서 먹는샘물 업계도 지하

수 증산 및 새롭고 다양한 브랜드 발굴 등의 노력으로 이윤의 극대화를 꾀하고 있다. 그러나 이와 같은 긍정적이고 희망적인 대내외적인 물시장 전망과 달리 먹는샘물의 개발허가 및 연장 등과 관련한 심사 과정은 그렇게 합리적이며 명쾌해 보이지는 않는다.

먹는샘물의 신규개발을 위해서는 먹는물 관리법 제13조 및 제18조의 규정에 따라 샘물개발 환경영향 조사를 수행하고 환경영향심사를 받아야 하며 동법 제12조에 따라 이후 매 5년마다 연장심사를 받아야 한다. 심사과정에서 거의 공통적으로 매우 중요하게 다루어지는 이슈로는 집수유역 설정, 지하수 함양량

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

(울) 산정 및 적정채수량의 결정을 들 수 있다. 적절한 지하수질을 갖추고 있다면 이들 과정이 얼마나 과학적이고 합리적이며 설득력이 있느냐가 심사결과에 매우 큰 영향을 미친다. 그러나 이들 각 이슈들은 기계적으로 기능적으로 평가가 가능한 일이 아니며 해당지역의 특수한 수리지질학적 조건에 따라 매우 면밀하게 검토되어야 한다.

지형 및 수리지질학적 조건을 고려하여 집수유역을 적절하게 설정하고 또 적절한 지하수 함양을 추정방법을 선택하여 연간 함양량을 산정하는 것은 쉽지 않으며 그 결과는 늘 논쟁의 여지가 있어 보인다. 실제 먹는샘물 환경영향조사는 평가항목도 많으며 일부는 매우 까다로운 부분도 있어 고도의 기술력을 요구하고 있다. 이는 다수의 국민이 소비하는 먹는샘물의 관리를 엄격히 함으로써 국민의 건강을 지키고 또 소중한 지하수자원을 보전하겠다는 국가의 의지가 담겨있다고 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고 실제로 현장에서 이루어지는 환경영향조사는 거의 기능적으로 수행되는 부분이 많으며 그 보고서의 품질 또한 우수하다고 볼 수 없다. 이런 이면에는 기술력을 갖추진 못한 기업들의 저가 수주의 영향도 있다고 볼 수 있다.

한편 본 단보에서 다루고자 하는 취수정의 적정채수량 산정은 매우 논쟁적 이슈이다(Lee, 2010). 현재 관련 조사는 먹는물관리법(동법 시행규칙 제7조 및 [별표 1])에 의거하여 수행되며 거의 기계적으로 단계양수시험을 수행하고 해석하여(그 해석은 지하수 업무수행 지침에 방법론적 근거를 두고 있음) 약간의 추가 평가를 통해 취수정의 적정채수량을 결정하고 있다. 그러나 단계양수시험에 기초한 이런 방식의 적정채수량 산정은 이론적 근거가 희박하며 지속가능한 지하수자원의 보전개념에서도 옳지 않다(Lee, 2010). 아래에서 그 이유를 살펴보았다.

2. 본 론

현행 먹는샘물 환경영향조사에서 취수정의 적정채수량이 정해지는 통상적인 과정을 간단히 살펴보자. 먹는물관리법 시행규칙 제7조 [별표 1]의 조사항목과 조사방법에 따라 4 단계 이상의 단계양수시험을 실시한다. 첫 단계는 1,000분 이상하며 다음 단계부터는 180분 이상 양수를 수행한다(이상이라고 기

준을 제시하였지만 안정수위를 보기보다는 실제로는 딱 이 시험시간을 지키는 수준임). 이 결과를 이용하여 Jacob (1947)의 양수정 수위강하(s_w)와 양수량(Q)의 관계식을 바탕으로 양수량 대 단계별 수위강하량 혹은 단계별 비수위강하량(s_w/Q)을 도시한다(어느 방법을 채택하느냐도 임의적임; Lee, 2010). 도시된 자료에서 직선의 기울기가 변하는 변곡점(두 직선의 교차점)을 찾고 이를 지하수업무수행지침의 소위 한계취수량(critical discharge)으로 인식하고 이 한계취수량과 동일하거나 혹은 약간 작은 임의의 값을 적정채수량으로 잠정 결정한다.

이후 [별표 1]의 적정채수량 영향범위 및 포획구간 평가단계에서 집수유역의 연간 지하수함양량 대비 주변의 기존 지하수이용량 및 계획 취수량(적정채수량)의 합산에 여유가 있으면 적절한 채수량으로 받아들인다(이 여유량이라는 것의 평가도 매우 임의적임). 이후 소위 적정채수량으로 양수할 경우 5년 동안 취수정과 주변의 지하수위 강하가 어느 정도인지 그리고 포획구간은 어떠한지를 지하수모델링을 통하여 평가한다. 이 모델링에 별다른 이상이 없으면(실제로는 평가 혹은 판단의 기준이 없음) 앞서 제시한 적정채수량을 최종적으로 받아들인다. 상기한 과정을 거친 후 최종적인 허가량은 결국 해당 환경청 심사소위원회의 협의결과 및 지자체의 판단에 따른다. 현실적으로는 이런 여러 단계에도 불구하고 결국 단계양수시험에서 결정된 소위 적정채수량에 준하며 이 값이 가장 큰 영향을 미친다.

한편 단계양수시험은 양수에 대한 관정(우물)의 거동(well behavior), 우물손실(well loss), 우물 효율(well efficiency)을 평가하거나 대수층의 수리상수를 추정하는 단공시험이다(Kawecki, 1995). 최초의 관계식은 Jacob (1947)에 의해 제시되었으며 아래와 같다.

$$s_w = BQ + CQ^2 \quad (1)$$

여기서 C 는 상수이고 B 는 충분히 긴 시간 동안 양수(Q)할 경우 상수에 해당한다. 상기 식은 단순하고 해석이 간편하여 현재에도 널리 적용되고 있지만 다수의 학자들에 의해 보다 일반적인 식($s_w = BQ + CQ^n$)으로 변형되기도 하고 또 소위 우물손실 부분을 선형(linear)과 비선형(non-linear) 손실로 구분하는 노력

들도 있어왔다(예를 들어 Rorabaugh, 1953; Kruseman and de Ridder, 1990; Kawecki, 1995).

소위 우물손실은 우물(관정) 설치(completion)에 따라 발생하는 것으로 잔존한 드릴링 머드에 따른 관정주변의 투수성저하, 공벽주변에 채운 자갈(gravel pack)내의 수두손실, 스크린 통과에 따른 수두손실 그리고 펌프주변 난류에 의한 수두손실 등 다양한 원인에 의해 발생한다(Kruseman and de Ridder, 1990; Kawecki, 1995). 단계양수시험에서 양수량이 증가함에 따라 우물손실도 증가하는데(식 1 참조) 해석에서 수위강하가 혹은 비수위강하량이 크게 변하는 지점을 찾는다는 것은 총수두손실(total head loss)에서 우물손실의 비중이 크게 증가하는 양수량(지하수 업무수행 지침의 소위 한계취수량)을 찾는다는 의미이다(그림 1). 수식으로 보면(아래 식 2) 직선의 기울기 C 가 변하는(증가하는) 변곡점(양수량)을 찾는다는 것이다. 다시 말하면 이는 특정 해당 관정에서 그 양수량 이상으로 취수하면 그 전보다 우물손실의 비중이 크게 증가한다는 의미로 우물효율의 저하를 나타낸다.

$$\frac{s_w}{Q} = B + CQ \quad (2)$$

그러나 여기서 말하는 관정 효율의 저하는 대수층의 지속적 산출능력과는 무관하다. 필연적으로 우물의 효율($E_w = BQ/(BQ + CQ^2) = B/(B + CQ)$)은 양수량이 증가하면 감소하게 되어 있다. 우물효율의 저하를 어디까지 허용할 것인가는 경제적 판단의 문제이지 이것은 소위 먹는샘물 영향조사에서 주요하게 고려하는 해당 관정의 고갈 혹은 주변 대수층의 고

갈 영향과는 무관하다. 이는 다른 여러 방법으로 평가하여야 한다. 결국 단계양수시험은 취수정(관정)의 효율을 평가하는 시험일 뿐 해당 관정이나 대수층의 지속적 산출능력을 나타내는 시험이 아니다. 다만 상기한 방식의 단기적인 단계양수시험으로 결정된 소위 적정채수량은 장기적인 대수층의 산출능력을 시험하는 장기양수시험(국내에서 관행적으로 하는 기간이상의 시험)의 기준 양수량으로서의 기술적 의미는 있다고 할 것이다(Lee, 2010).

3. 결론

단계양수시험은 취수정의 적정채수량을 산정하는 시험이 아니다. 그 목적과 의의를 명확히 이해해야 한다. 그러므로 문제가 있는 현행 먹는물관리법 [별표 1]의 방법론 및 지하수 업무수행 지침을 수정하여야 한다. 적정채수량 산정을 위해서는 장기양수시험, 지하수모델링 평가 등이 보다 강화되어야 한다. 이와 아울러 집수구역 설정, 지하수함양량 계산 등 여러 부분에서 표준적인 사례가 없어 현업에서 어려움을 겪고 있으므로 차체에 전문가들의 연구와 협의를 거쳐 먹는샘물 환경영향평가 방법론에 대한 전면적이고 종합적인 개선이 필요하다.

사 사

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2015R1A4A1041105). 건설적인 수정의 견을 주신 경북대 박은규 교수님과 익명의 심사위원님께 감사의 말씀을 드립니다.

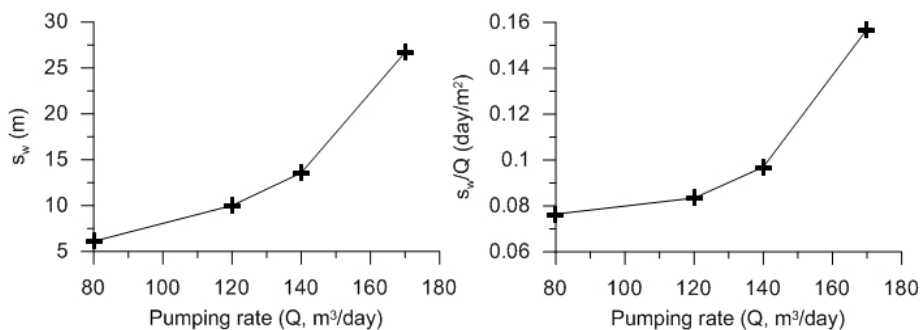


Fig. 1. Example of step-drawdown test using drawdown of each step (left) and specific drawdown (right).

REFERENCES

- Cho, Y.J., 2016, Evolution of natural mineral water. NH Research Center, 14 p (in Korean).
- Jacob, C.E., 1947, Drawdown test to determine effective radius of artesian well. *Transaction, ASCE*, 112, 1047-1070.
- Kawecki, M.W., 1995, Meaningful interpretation of step-drawdown tests. *Ground Water*, 33(1), 23-32.
- Kruseman, G.P. and de Ridder, N.A., 1990, Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 2nd ed., 377 p.
- Lee, J.Y., 2010, Problems in determining optimal discharge using step-drawdown tests. *Journal of the Geological Society of Korea*, 46, 485-495 (in Korean with English abstract).
- Rorabaugh, M.I., 1953, Graphical and theoretical analysis of step-drawdown test of artesian well. *Proceedings Separate No. 362, ASCE*, 79, 1-23.

Received : June 14, 2016

Revised : July 7, 2016

Accepted : July 8, 2016