

온양온천지구에서의 온천수 수량평가

이 철우¹⁾

Quantity Evaluation of Hot Spring at Onyang Spa Area

Cholwoo Lee¹⁾

Key words : groundwater, pumping rate, drawdown, transmissivity.

Abstract : The groundwater level was originally above the surface at the Onyang spa area. However, it is now 98-138 m depth below the surface due to the artificial pumping from boreholes. The fluctuations of the piezometric head were observed in 4 boreholes. Transmissivity estimated from the pumping rate and the drawdown is about 577.51 m²/day. The transmissivity of Onyang spa area is much larger than common values of fractured aquifer; the drawdown of the piezometric head by artificial pumping is widely spreaded out in that area. The drawdown related to each pumping rate was analyzed and the formula between drawdown and pumping rate was made by a regression analysis. The formula can be applied for the condition of enough groundwater flowing into the Onyang spa area.

1. 서론

지열의 이용중에서 직접적이고 그 활용도가 높으며 역사적으로도 장기간 지속된 것이 온천이라 할 수 있을 것이다. 온양온천은 세종실록지리지, 용제총화 권지 9, 동국여지승람 권지 19, 문헌비고 권지 21, 온천일기(승정원, 1760년), 은행부종록(김약로, 1750) 및 은행일기(승정원, 1750) 등에 기록되어 있다. 이들 기록에 의하면 온양온천은 백제시대부터 알려졌다고 전하며, 조선시대에는 태조가 욕장을 건축한 바 있고, 이후 대원군이 이를 증수하여 사용한 기록이 있다.

온양온천지구에 대한 온천조사로는 1924년 조선총독부 지질조사소의 이꾸오고마다(駒田亥久雄), 1927년에 다테이와(立岩巖)에 의해 기본조사가 실시되었으며, 1968년과 1969년에는 국립지질조사소(현 한국지질자원연구원)의 김학천에 의해 온천조사가 실시되었다.¹⁾

초기의 온천수는 현재 온양관광호텔 부지 내에서 자연용출했던 것으로 전해지며, 1919년 이후부터는 시추가 시작되어 현재에는 시추공 내에 수증펌프를 설치하여 인위적인 양수로 온천수를 사용하고 있다. 따라서 온양온천지구내의 온천수위는 과거 지표 위에 있었던 것이 현재에는 지표로부터 98-138 m 이하까지 하강해 있다.

온천수는 수증펌프를 이용하여 사용되고 있

며, 이 수증펌프의 가동과 중단에 의해 일일 수위의 하강과 상승이 반복되고 있다. 또한 계절적인 사용량의 차이에 의하여 1년을 주기로 하여 온천수위의 연변화도 발생하고 있다. 이 논문에서는 온천수위의 일변화와 연변화를 해석하여 사용량에 따른 수위의 관계를 규명하고자 한다. 이들 관계의 규명은 온천지구에서 지속적으로 사용할 수 있는 온천수의 적정양수량을 판단하는데 중요한 역할을 하며, 냉, 난방 등을 위한 지하수를 이용 시 수증펌프의 설치 위치 및 부대시설의 규모 등을 결정하는데 중요한 인자로서 기여할 것으로 본다.

2. 온천공 현황 및 수리특성

2.1. 온천공 현황

온양온천지구에서 온천수로서 이미 허가를 받은 온천공은 38개 공으로서 그 중 사용할 수 있는 공은 29개 공이며, 밀봉 혹은 폐기된 공은 9개 공이다. 이들 온천공의 시추심도를 보면 가장 적게 시추된 공은 2026호공으로서 굴착심도는

1) 한국지질자원연구원 지열자원연구실
E-mail : icw@kigam.re.kr
Tel : (042)868-3085 Fax : (042)868-3358

온양 온천지구 온천공 위치도

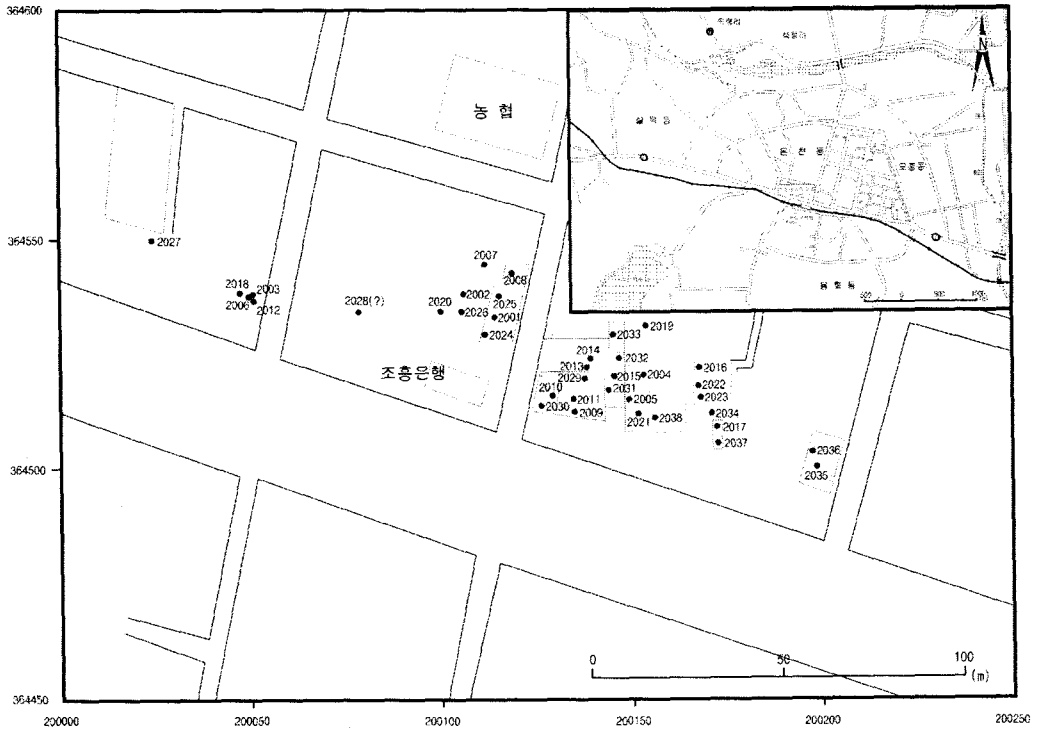


Fig. 1. Borehole locations at Onyang spa area.

124 m이며, 가장 깊게 시추된 공은 2017호공과 2037호공으로서 303 m까지 굴착되었다. 또한 온양온천지구에 굴착된 38개 온천공의 평균심도는 245.55 m이다. 시추시 공경은 거의 203 mm(8인치)로 굴착되었으며, 몇 개공은 165 mm 혹은 254 mm로 굴착되었다.

온양온천지구의 온천공들은 Fig. 1에서와 같이 온천동 일대에 밀집되어 있다. 동서방향으로 보면 가장 동측에 위치한 2035호공과 가장 서측에 위치한 2027호공 사이의 거리가 174.069 m이며, 남북방향으로는 이들 공사이의 거리가 49.122 m로 계산된다.

각 공에 대한 해발고도는 2001호공이 지하실에 위치하여 15.555 m로 가장 낮으며, 2017호공이 21.348 m로 가장 높게 위치하고, 37개 공의 평균 해발고도는 19.507 m이다.

각 온천공에서 온천수를 양수하기 위해 설치한 수증펌프는 주로 30 HP이며, 몇 개 공은 40 HP로 설치되어 있다.

2.2. 수리특성

온양온천지구에서 수리상수를 구하기 위하여 4개의 관측공(2018, 2026, 2030, 2034호공)을 통해 수위를 관측하였다. 시간에 따른 수위변화는 주위의 양수정에서 양수에 따른 것으로, 매일 오전 5시경을 전후해서 양수가 시작되었다가 오후

10시경에 대부분의 공에서 양수가 중단된다. 따라서 관측공에서 관측된 수위변화도 오전 5시를 전후해서 수위가 서서히 하강되었다가 오후 10시를 전후해서 수위가 회복되는 경향을 보이고 있다.

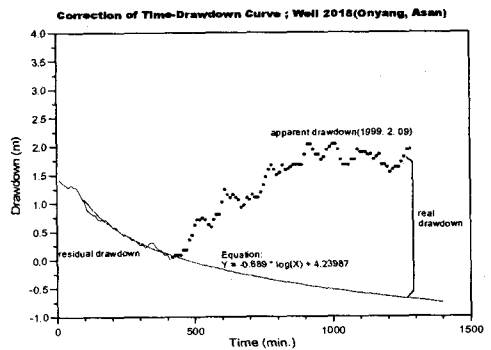


Fig. 2. Residual and apparent drawdown in the well 2018.

따라서 Fig. 2에서 보는 바와 같이 수리상수를 구하기 위한 수위는 사용량이 없을 때 수위가 회복되려는 반발력을 고려하였다. 이를 보정하기 위해 회복수위(residual drawdown)에 대한 회복

분석을 실시하여 그 식을 구하였으며, 이를 이용하여 자동수위 기록계에서 측정된 수위(apparent drawdown)를 보정하였다. 따라서 투수량계수를 구하기 위한 실제 수위(real drawdown)는 회귀분석식에서 유추된 점선의 회복수위와 자동수위 기록계에서 기록된 수위와의 차가 되는 것이다.

이렇게 하여 얻은 수위강하값은 Fig. 3에서와 같이 편대수 방안에 도사할 수 있으며, 여기에서의 Δs 와 양수율을 Cooper and Jacob (1946)²⁾식에 대입하면 다음과 같이 투수량계수를 구할 수 있다.

$$T = \frac{2.3 Q}{4\pi \Delta s} = \frac{2.3 \times 6,606}{4\pi \times 2.12} = 570.32 \text{ (m}^2/\text{day)}$$

T : 투수량계수 (m²/day)

Q : 양수율 (m³/day)

Δs : 1 log cycle에서의 수위강하 (m)

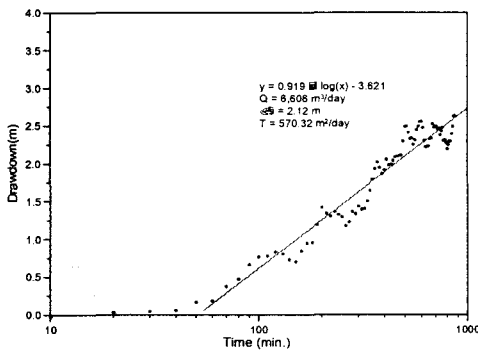


Fig. 3. Time-drawdown curve of the well 2018.

위와 같이 4개 공에 대하여 각 3회씩 투수량계수를 구하였으며, Table 1은 이들 값을 정리하여 놓은 것이다. 여기에서 각 공의 값의 차이는 실제 투수량계수의 차이라기보다는 양수율 및 양수시간의 보정에 따른 문제와 인근공에서 양수되는 양수량의 많고 적음에 따른 것으로 해석된다. 온양온천지구에서의 평균 투수량계수는 약 577.51 m²/day로서 암반대수층에서 나타나는 일반적인 값^{3), 4)}보다 매우 높게 나타났다.

Table. 1. Transmissivity values of each well (unit: m²/day)

well No.	1st try	2nd try	3rd try	mean
2018	570.32	497.82	560.96	543.03
2026	705.76	591.98	633.55	643.76
2030	-	526.35	509.62	517.99
2034	711.97	470.19	633.65	605.27
mean value				577.51

3. 양수율과 수위강하

온양온천지구내의 온천수위는 사용량에 따라 비수기인 1998년 9월에 지표하 약 98 m 정도였으며, 성수기인 1999년 2월에는 138 m로 관측되었다. 또한 1998년 5월부터 1998년 9월 사이에는 사용량의 감소로 수위가 급격히 회복되는 추세를 보였으며, 1998년 10월부터는 사용량의 증가로 수위가 서서히 하강하는 경향을 보였다. 수위가 하강시에는 특히 일요일의 사용량 증가가 주된 원인이며, 평일의 경우는 사용량에 따라 수위가 안정되는 경향을 보인다(Fig. 4). 따라서 평일의 안정된 수위는 사용량과 평형을 이루기 때문에, 이때의 Δs 를 구하여 사용량과의 관계를 알아보았다.

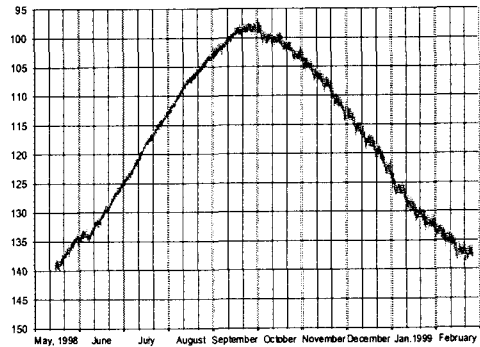


Fig. 4. Change of depth to water of the well 2018.

수위가 안정된 경향을 보이는 구간 중 1998년 9월 22일~24일, 10월 8일~10일, 11월 16일~17일, 1999년 1월 5일~8일 및 1월 26일~28일의 5개 구간을 선택하여 Δs 를 각각 구하여 보았다.

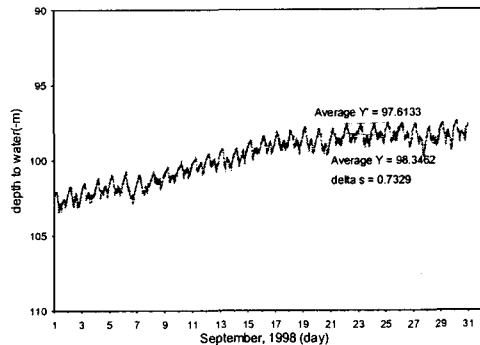


Fig. 5. Change of depth to water and Δs of the well 2018.

Fig. 5는 1998년 9월 22일부터 24일 사이에서 2018호공에 대한 Δs 를 구한 것으로, 그 값은 0.7329 m로 계산되었으며 수위는 98.35 m이다. 또한 같은 기간에서 2026호공 및 2034호공에 대한 Δs 및 수위를 각각 구하였으며, 이 기간의 각 Δs 에 대한 평균 일일 양수율은 2,335.26

m³/day, 평균 온천수위는 98.16 m로 계산되었다. 양수율이 다른 5개 시점에서 3개 공에 대한 수위를 해석하였으며, 각 양수율에 대한 평균 수위는 Table 2와 같다.

Table 2. Depth to water related to pumping rate.

Pumping rate (m ³ /day)	2,335	2,514	3,476	4,110	4,764
Depth to water (m)	98.16	100.13	107.83	126.17	131.48

여기에서 보면 일일 평균 양수율 2,335~4,764 m³/day에 대한 수위강하는 약 98.16~131.48 m이다. 따라서 이들 양수율에 대한 수위강하를 Fig. 6에 도시하여 아래와 같은 관계식을 산출하였다.

$$s = 0.0143Q + 63.41$$

s: 수위강하 (m)

Q: 양수율 (m³/day)

위 식에 의할 때, 만약 2,000 m³/day로 계속적인 양수가 진행된다면 이때의 수위강하는 92.01 m 정도로 유지될 것으로 해석되며, 또한 5,000 m³/day로 계속적인 양수가 진행될 시는 134.91 m 정도의 수위강하가 유지될 것으로 판단된다. 그러나 양수량이 많아지면 온양온천지구내로 들어오는 유입량과의 함수관계를 고려해야 할 것이다. 즉, 상기의 양수율에 따른 수위강하식은 계속적이고도 충분한 유입량이 있다는 가정하에서 성립될 수 있는 식이며, 만약 온천지구 내에서 양수량이 많아져 유입량과의 평형관계가 깨어진다면 수위는 급격하게 하강하게 될 것이다.

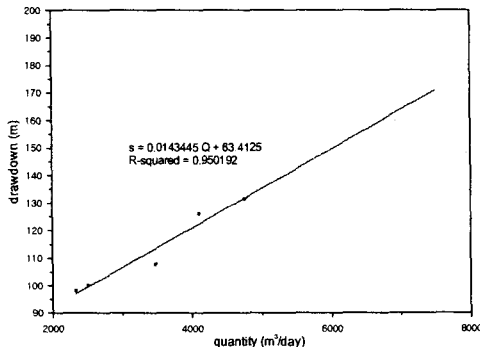


Fig. 6. Drawdown related to quantity at Onyang spa area.

4. 결론

온양온천지구는 과거 자연용출하였으나 현재는 온천공을 통하여 인위적인 양수를 하고 있다. 따라서 지하수위는 현재 지표 하 98~138 m 내외를 유지하고 있다.

4개 온천공을 이용하여 투수량계수를 구하였으며, 그 값은 약 577.51 m²/day이다. 이 값은 암반대수층의 일반적인 값보다 매우 높은 값이며, 따라서 양수에 의한 수위강하가 넓은 범위에 걸쳐서 발생하고 있다.

양수율이 다른 5개 시점에서 수위강하(s)와 양수율(Q)의 관계를 해석하여 보았다. 그 결과 이들 관계는 다음과 같은 비례관계를 갖는다.

$$s = 0.0143Q + 63.41$$

상기의 양수율에 따른 수위강하식은 계속적이고도 충분한 유입량이 있다는 가정하에서 성립될 수 있는 식이며, 만약 온천지구 내에서 양수량이 많아져 유입량과의 평형관계가 깨어진다면 수위는 급격하게 하강하게 될 것이다.

References

- [1] 문상호, 이철우, 김형찬 등, 1999, 온양온천지구 온천수 자원조사 보고서, 한국지질자원연구원, No. 266, p. 242.
- [2] Cooper, H. H., and Jacob, C. E., 1946, "A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history", Am. Geophys. Union Trans., Vol. 27, pp. 526-534.
- [3] Johnson, A. I., and D. A. Morris, 1962, "Physical and hydrologic properties of water bearing deposits from core holes in the Las Banos-Kettleman City area, California", Denver, Colo., U.S. Geol. Survey Open. File Rept.
- [4] Croff, A. G., Lomenick, T. F., Lowrie, R. S., and Stow, S. H., 1985, "Evaluation of five sedimentary rocks other than salt for high level waste repository sitting purposes: Oak Ridge, Tenn.", Oak Ridge Nat. Lab. ORNL/CF-85/2/V2.