

온양온천지구에서의 양수량-수위강하 관계 해석

정지곤¹ · 이철우^{2*}

¹충남대학교 지구환경과학부, ²한국지질자원연구원 지열자원연구실

An Analysis of the Relationships between Quantity and Drawdown at the Onyang Hot Spring Area

Ji-Gon Jeong¹, and Cholwoo Lee^{2*}

¹Dept. of Geology and Earth Environmental Science, Chungnam National University

²Geothermal Resources Group, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

우리나라 대부분의 온천은 자연용출된 온천수를 사용하는 것이 아니라 시추공 내에서 수증펌프로 양수하여 사용하고 있다. 따라서 양수량에 따라 피압수두가 하강되어 있으며, 이 논문에서는 온양온천지구를 대상으로 양수량과 수위강하의 관계를 해석하고자 하였다. 온양온천지구 내에는 38개 공이 시추되어 있으며, 그 심도는 약 124-303 m이다. 이들 중 4개 관측공을 이용하여 피압수두를 관측하였으며, 관측 간격은 매 1-10분 간격으로 약 10개월간 관측하였다. 피압수두의 변화 양상은 성수기와 비수기에 따라 1년 주기로 사인곡선(sine curve)을 보이고 있으며, 그 값은 지표로부터 약 98-139m 정도이다. 이때 양수량은 2,300-4,800 m³/day로 양수량의 변화에 따라 수위강하가 변하고 있다. 따라서 각 수위강하에 대한 양수량의 관계를 해석하여 관계식을 도출하였다.

주요어 : 온천, 피압수두, 수위강하, 시추공

Most of hot springs don't spring out naturally but are pumped by submersible pumps in Korea. When pumped, piezometric head in a well is dropped with proportion to quantity. This research investigates relationships between quantity and drawdown at the Onyang hot spring area. There are 38 wells at this area and the depths of wells range from 124 m to 303 m. Piezometric heads of 4 wells were observed for about 10 months. Fluctuation patterns of piezometric heads seem to be a sine curve with a year period by a high demand and a slack season. Drawdowns of fluctuations were about 98-139 m depth to water table when wells were pumped at 2,300-4,800 m³/day. A equation was made through analyzing quantity and drawdown.

Key words : hot spring, piezometric head, drawdown, well

서 론

온양온천은 과거 세종실록지리지, 용제총화 권지 9, 동국여지승람 권지 19, 문헌비고 권지 21 등에 잘 기록되어 있는 유서 깊은 온천이다. 이들 기록에 의하면 온양온천은 백제시대부터 알려졌다고 전하며, 조선시대에는 태조가 욕장을 건축한 바 있고, 이후 대원군이 이를 증수하여 사용한 기록이 있다(문상호 외, 1999).

당시의 온천수는 현재의 온양관광호텔 내에서 자연용

출한 것으로 전해져 있고, 이후 1919~1922년에 걸쳐 온양온천주식회사에서 시추 및 수굴에 의하여 신원천을 얻는데 성공하였다. 그 후 1925년경에는 경남철도주식회사가 온양온천에 대한 경영권을 승계받아 운영하던 중, 1935년경 일본인 데꾸지가 당시의 용출지점으로부터 동쪽으로 약 100m 떨어진 지점에 150m 정도의 시추를 하여 새로운 온수를 얻는데 성공하였으며, 1961년 4월~1964년 10월에는 이관형, 1968년 6월~8월에는 김분호 등에 의하여 새로운 온천공들이 시추되어 현재에는 38

*Corresponding author: lcw@kigam.re.kr

개 온천공이 온양온천지구 내에 시추되어 있다.

온양온천지구 내에서의 온천수 사용은 과거 자연용출 하던 온천수를 사용했던 것과는 달리 현재에는 시추공 내에 수증펌프를 설치하여 인위적인 양수를 통해 온천수를 사용하고 있다. 따라서 온천공 개발이 늘어나고 온천수 사용량이 증가함에 따라 지하수위는 점차 하강하여 1999년 현재에는 수위가 지표하 약 100~140 m 정도로 낮아져 있다.

온천지구에서 계속적인 수위의 하강은 계속적인 사용량의 증가에 따라 발생하는 것으로서, 수위가 낮아짐에

따라 포획구간이 넓어져 오염인자에 보다 폭넓게 노출됨은 물론, 온천수의 순환속도가 빨라져 지표의 물이 지하로 유입되는 과정에서 이루어지는 자연정화 효과가 적어지며, 온천수가 지하로 유동하는 과정에서 암석으로부터 얻는 화학성분의 농도가 적어지는 등의 부작용이 발생된다. 이 논문에서는 온양온천지구 내에서 온천수 사용량에 따른 수위변화를 약 10개월간 관측하여 일일 양수량에 대한 수위강하 관계를 해석하고, 온천법에서 규정된 100 m 이내의 수위강하를 유지하는 범위에서의 적정양수량을 평가함으로써 온천수의 효율적인 관리를 도

Table 1. The owner, depth and diameter of wells.

No.	Owner	Depth (m)	Diameter (mm)	Submersible pump (HP)	비고
2001	Jeil hotel	180	200	30	
2002	Grand hotel	163	200	30	
2003	Shincheontang	300	200	30	
2004	Yongmunjang	270	200	40	
2005	Yongmunjang	245	200	30	
2006	Shincheontang	300	165	30	
2007	Onyang inn	180	200	30	
2008	Onyang inn	193	200	30	
2009	Onyang inn	300	200	30	
2010	Hyeondae clinic	205	200	30	
2011	Onyang inn	300	200	30	
2012	Shincheontang	300	200	30	
2013	Onyang tourist hotel	300	200	40	
2014	Onyang tourist hotel	300	200	40	
2015	Cheongju inn	300	200	30	
2016	Hoseo tourist hotel	275	200	30	
2017	Kim, sunha	303	200	40	
2018	Shincheontang	300	200	30	
2019	Shincheontang	251	200		Welded
2020	New seoul inn	170	165	30	
2021	Yongmunjang	200	200	30	Welded
2022	Hoseo tourist hotel	270	200		
2023	Hoseo tourist hotel	303	200	30	
2024	Jeil hotel	150	200		Welded
2025	Jeil hotel	300	200	30	
2026	New seoul inn	124	250		Welded
2027	Ahn, sangchun	165	200		Welded
2028	Yun, yeongseop	159	200		Removed
2029	Shincheontang	300	200	30	
2030	Yun, yeongseop	160	200	30	
2031	Cheongju inn	280	200	30	
2032	Cheongju inn	196	200		Welded
2033	Cheongju inn	254	200		Welded
2034	Hoseo tourist hotel	236	200		
2035	Cheongju inn	270	200	30	
2036	Cheongju inn	270	200	30	
2037	Kim, sunha	303	200	30	
2038	Yongmunjang	256	200		Removed

모하고자 한다.

온천공 현황

온양온천지구에서 온천수로서 허가를 받은 온천공은 38개 공으로서, 그중 사용할 수 있는 공은 29개 공이며, 밀봉 혹은 폐기된 공은 9개 공으로 보고되어 있다. 이들 온천공은 제일호텔 등 13개 업소에서 소유하고 있으며, 업소별 소유공 현황은 Table 1과 같다.

Table 1은 온양온천지구내에 분포되어 있는 각 온천공별 소유주, 심도 등을 나타낸 것으로서 이 표에서 보면 시추심도에 있어서 가장 적게 시추된 공은 2026호공으로서 굴착심도는 약 124 m이며, 가장 깊게 시추된 공은 2017호공과 2037호공으로서 약 303 m까지 굴착되었다. 또한 온양온천지구에 굴착된 38개 온천공의 평균심도는 약 245.55 m로 계산되었다. 시추시 공경은 거의 200 mm (8인치)로 굴착되었으며, 몇 개 공은 165 mm (6.5인치) 혹은 250 mm (10인치)로 굴착된 공도 있다. 또한 사용할 수 있는 공에 설치된 수증펌프는 Table 1에서 보는바와 같이 주로 30 HP이며, 몇 개 공은 40 HP로 설치된 곳도 있다.

온양온천지구의 온천공들은 Fig. 1에서와 같이 온천동내의 3개 블록에 밀집되어 있다. Table 2는 이들 각 온천공들에 대한 좌표값을 나타낸 것으로서 총 38개 온천공 중 37개 공에 대하여 측량을 실시하였다.

각 공의 좌표에서 X좌표는 동서방향, Y좌표는 남북 방향을 나타낸 것이며, Z좌표는 각 공의 해발고도를 나타낸 것이다. 또한 이들의 좌표를 이용하여 Fig 2에서와 같이 각 온천공들에 대한 위치를 표시하였으며, 동서방향으로 보면 가장 동측에 위치한 2035호공과 가장 서측에 위치한 2027호공 사이의 거리가 약 174.069 m이며, 남북방향으로는 이들 공사이의 거리가 약 49.122 m이다. 각 공에 대한 해발고도는 2001호공이 지하실에 위치하여 약 15.555 m로 해발고도가 가장 낮으며 2017호공이 약 21.348 m로 가장 높게 위치하고, 37개공의 평균 해발고도는 약 19.507 m로 계산되었다.

온천수위 관측

우물 내에서 자연적인 지하수위의 움직임은 대기압, 바다 및 지구의 조석간만, 지진, 지표에서의 하중변화 등에 의한 것이다. 이들에 의한 지하수위의 움직임은 피압대수층의 매질이 견고하지 않으며, 이는 곧 압축될 수 있는

Table 2. The coordinates of wells at the Onyang hot spring area.

Well No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
2001	200114.671	364533.420	15.56
2002	200106.260	364538.482	20.68
2003	200050.781	364537.998	20.65
2004	200153.182	364520.967	18.07
2005	200149.522	364515.488	17.84
2006	200050.025	364537.787	20.42
2007	200112.056	364544.821	20.09
2008	200118.986	364542.983	19.97
2009	200135.286	364512.749	20.67
2010	200129.577	364516.346	20.29
2011	200135.136	364515.594	20.97
2012	200051.145	364536.904	20.65
2013	200138.389	364522.483	20.50
2014	200139.551	364524.464	20.50
2015	200145.485	364520.642	20.81
2016	200168.064	364522.489	17.60
2017	200172.678	364509.506	21.35
2018	200047.416	364538.478	20.37
2019	200153.745	364531.695	20.67
2020	200100.172	364534.491	20.60
2021	200151.799	364512.393	17.84
2022	200167.761	364518.463	16.95
2023	200168.172	364515.977	16.97
2024	200111.533	364529.588	17.15
2025	200115.589	364537.975	16.43
2026	200105.593	364534.519	20.57
2027	200024.717	364549.981	20.39
2028	-	-	-
2029	200138.070	364520.030	20.73
2030	200126.632	364514.069	20.33
2031	200144.102	364517.551	20.78
2032	200146.864	364524.539	20.80
2033	200145.248	364529.764	20.40
2034	200171.112	364512.514	20.94
2035	200198.786	364500.859	17.11
2036	200197.733	364504.089	17.07
2037	200172.864	364505.948	21.28
2038	200156.269	364511.451	17.77

탄성의 성질을 가지고 있다는 것을 의미한다(Meinzer, 1928; Jacob, 1940). 또한 강수에 의하여 저류층 내로 지하수가 직접적으로 충전될 경우 지하수위의 상승을 발생시킬 수 있으나 이들 자연적인 요인에 의한 지하수위의 변화는 수 mm에서 십수 cm 정도로 나타난다 (Jacob, 1939; Robinson, 1939; Parker and Stringfield, 1950; Bredehoeft, 1967; van der Kamp, 1972; van der Kamp and Gale, 1983).

온양온천지구에서 지하수위 변화를 발생시키는 원인은 위와 같은 자연적인 원인들도 있지만 지하수위를 가장 크게 변화시키는 주 원인은 사용에 따른 인위적인 양수이다. 양수에 의한 수위강하는 Theis (1935)의 수위

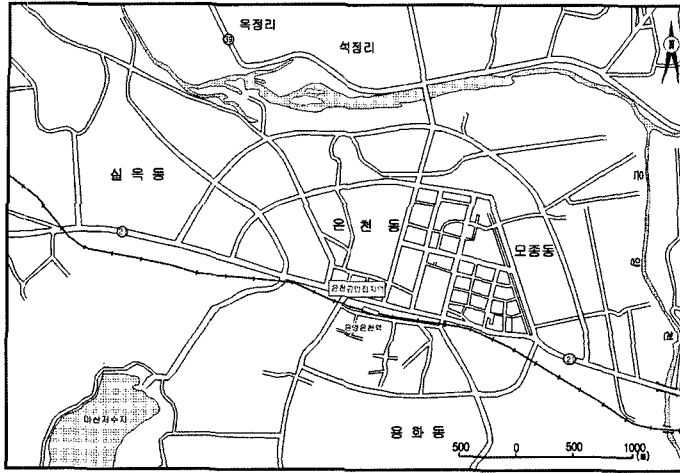


Fig. 1. The Onyang hot spring area and adjacent area.

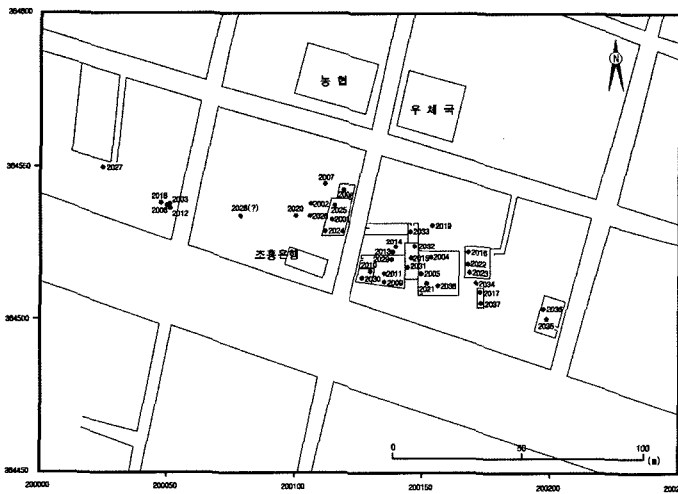


Fig. 2. Distribution of wells at the Onyang hot spring area.

강하식으로부터 알 수 있는데, 수위강하식은

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u), u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (1)$$

와 같이 표현된다. 여기에서 s 는 수위강하(m), Q 는 양수량(m^3/day), T 는 투수량계수(m^2/day), $W(u)$ 는 u 에 대한 우물함수, r 은 양수정으로부터의 거리(m), S 는 저류계수(dimensionless) 및 t 는 양수시간(day)이다. 식 (1)에서 살펴보면 수위강하는 양수량에 직접적인 비례관계가 있으며, 따라서 양수량이 크면 수위강하가 많이 발생하고 양수량이 적으면 수위강하가 적게 발생한다.

온양온천지구의 온천수위에 대한 변화관측은 Telog Instrument Inc.사의 Level tracker를 사용하였다. 이 기계는 온천공내의 온천수면 아래에 압력센서를 설치하여 수면의 변화에 따른 압력을 측정하여 기록하는 장치로서, 온천수면의 변화기록은 매 1~10분 단위로 자동 측정되게 설치하여 각 시간에 따른 변화 값을 기계내로 저장하도록 하였다.

자동수위측정기가 설치된 온천공은 사용하지 않는 온천공을 선택하여 양수정내에서 발생하는 우물손실을 배제하였다. 우물손실은 양수를 실시하고 있는 시추정내에서 수위를 관측할 때 추가로 발생하는 수위강하로서

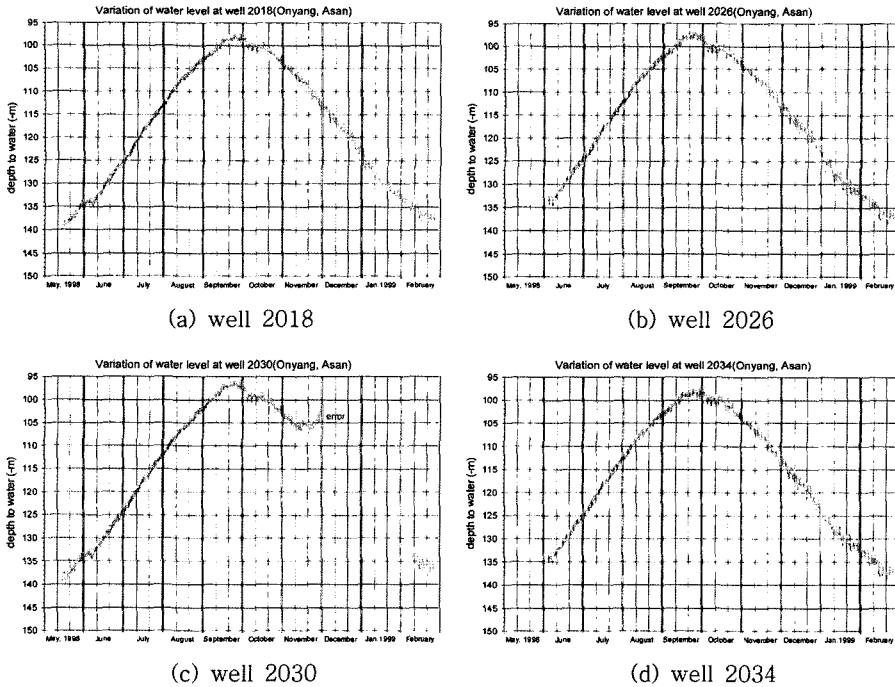


Fig. 3. Variation of water level at observation wells in response to pumping.

Jacob(1950)은 양수량의 제공에 비례하여 우물손실이 발생한다고 주장하였으며, Rorabough(1953)는 그 지수가 2.43-2.82, 이철우 외(2002)는 압반대수층에서 그 지수가 1.65-6.48로 보고한 바 있다.

$$s_r = s + s_w = \frac{Q}{4\pi T} W(u) + CQ^n \quad (2)$$

여기에서 s_r 는 양수정내에서의 총수위강하, s_w 는 우물 손실 및 C 는 우물손실상수이다. 따라서 온양온천지구 전체에 대한 수위강하와 양수량의 해석에 있어서 양수정의 수위강하는 우물손실이 오차로 발생하게 된다.

온양온천지구내에서 수위를 관측한 시추공은 2018호공, 2026호공, 2030호공 및 2034호공으로서 Fig. 2에서 보면 동남동-서북서 방향으로 길게 분포한 온천공들을 고려하여 정하였으며, 수위관측은 1998년 5월부터 1999년 2월까지 실시하였다.

Fig. 3은 1998년 5월부터 1999년 2월까지 4개 관측공에서 얻은 시간에 따른 수위변화값을 나타낸 것이다. 이 관측공들은 자체내에서의 양수는 이루어지지 않았고, 따라서 수위의 변화는 인근 공에서의 양수에 따른 변화가 기록된 것이다. 2018호공의 경우 가장 가까운 거리

에서 양수하는 온천공은 2012호공이며, 이 공에서 양수하는 것에 따른 영향이 가장 클 것으로 예상된다. Fig. 3에서 보는 바와 같이, 2018호공에서의 수위를 살펴보면 1998년 5월 이후부터 9월말까지 계속 상승하다가 10월초부터 다시 하강하여 가는 추세를 보인다. 5월부터의 수위가 상승하게 된 것은 그 전시기에 비해 사용량이 계속적으로 줄고 있기 때문이다. 수위가 급격하게 상승한 7월 한달 사이의 수위상승 폭은 약 12 m 상승하는 것으로 나타났으며, 8월말부터는 수위상승율이 서서히 감소하여 9월 말경에서는 수위가 98 m 내외로 안정을 보였는데, 이는 9월부터 양수량이 서서히 증가함에 따라 나타나는 현상으로 해석할 수 있다. 이와 같이 관측기간 동안 2018호공에서 나타난 수위의 양상은 다른 모든 관측공들에서 보여주는 수위변화와 거의 유사함을 알 수 있다.

Fig. 4는 양수에 따른 수위변화가 4개의 관측공에 어느 정도 영향을 미치는가를 좀 더 자세히 알아보기 위하여 1분 간격으로 수위를 관측하여 나타난 그래프이다. 여기에서 보면 4개 공의 수위는 서로 비슷한 변화를 보여주고 있는데, 새벽 5시경까지는 수위가 상승하다가 새벽 5시경을 전후하여 주위의 공에서 양수가 시작됨으로

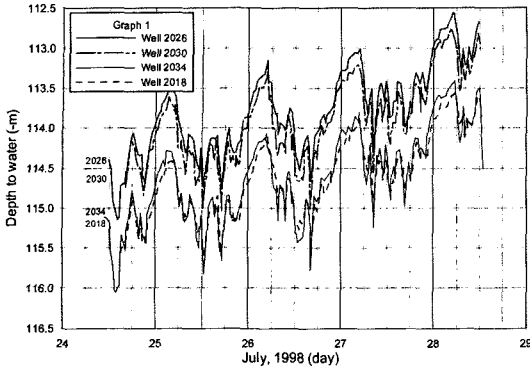


Fig. 4. Variation of water level during 5 days.

인해 수위가 하강하기 시작하여 오전 8시경부터 오후 8시경까지 수위가 낮아진 상태를 유지하였다. 이후 오후 9시경부터는 인근공의 양수작업이 중단되어 새벽 5시경까지 수위가 다시 상승하기 시작한다. 4개 공에서 하루 동안의 수위변화 폭은 약 1.5m정도로 나타나며, 이러한 일일 변화는 매일 유사한 양상으로 반복되어 나타나고 있다. 또한 이들 수위 변화도에서 나타난 좁은 간격의 각 피크는 주변에서의 양수에 따른 수위강하로서, 4개의 관측공에서 모두 같은 시간에 같은 수위 폭으로 하강하였다가 회복되는 것을 볼 수 있다. 이는 온양온천지구 내에서 어느 공을 양수하더라도 그 수위변화가 빠른 시간에 넓은 범위까지 미친다는 것을 의미하며, 따라서 이 지역의 투수량계수는 상당히 클 것으로 예측된다.

결과 및 해석

수리상수 산출

온양온천지구에서 수리상수를 산출하기 위하여 사용한 온천공은 1999년 2월 현재 양수되고 있는 20개 온천공이며, 이들 공에 대하여 1999년 2월 9일부터 2월 11일까지 일별 사용량을 측정하였다. 그 결과 각 공에서의 일일 사용량은 수십 m³/day에서 수백 m³/day 정도 사용하고 있으며, 온양온천지구에서 사용되는 온천수 총량은 1999년 2월 9일에 3,991 m³/day, 2월 10일에 4,098 m³/day, 2월 11일에 4,335 m³/day이다. 또한 주초에서 주말로 감에 따라 사용량이 점차 증가 추세를 보였다.

수리상수를 구하기 위한 수위관측은 양수를 하지 않는 4개의 관측공(2018, 2026, 2030, 2034호공)을 이용하였다. Fig. 5는 2018호공에서 1999년 2월 9일 관측된

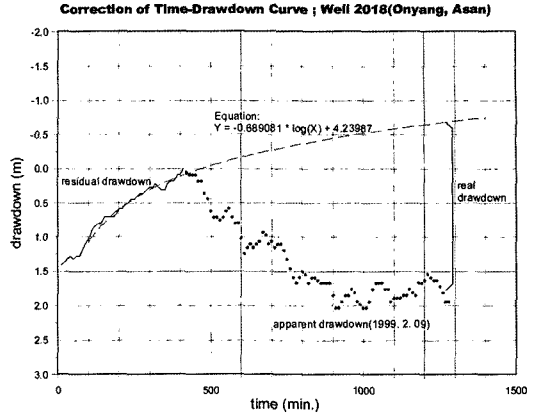


Fig. 5. Residual drawdown and drawdown curve in well 2018.

수위자료로서 실선은 양수가 중단된 상태에서의 회복수위이며, 점선은 양수 시작후 수위가 하강하는 것을 도시한 것이다. 여기에서 보면 양수시점은 수위가 계속 상승하는 시점에서 양수가 진행되었으므로 양수후 수위하강은 회복되는 반발력을 고려해야 한다. 따라서 회복수위(residual drawdown)에 대한 회귀분석을 실시하여 그 식을 구하였으며, 이를 이용하여 자동수위 기록계에서 측정된 수위를 보정하여 Fig 6과 같이 도시하였다. 여기에서 회귀분석에 의한 수위강하식은

$$s = 0.919 \times \ln(t) - 3.62 \tag{3}$$

으로서 1 log cycle에서의 Δs는 2.12m가 된다. 또한 양수시간은 수위강하가 지속되는 870분간으로 할 때 양수량이 3,991 m³이므로 1일간의 양수량(Q)은 아래와 같

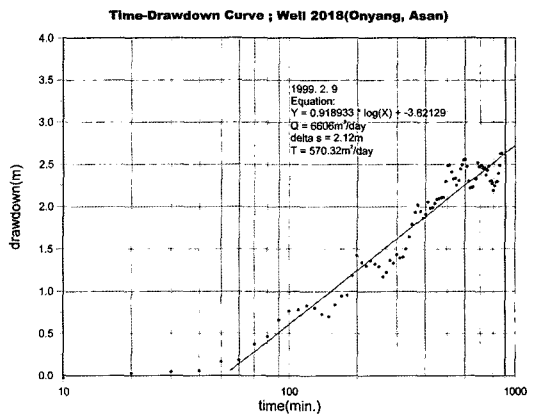


Fig. 6. Time-drawdown curve in well 2018.

이 6,606 m³/day이 된다.

$$Q = 3,991 \div 870 \times 1,440 = 6,606 \text{ (m}^3\text{/day)}$$

따라서 Jacob 방법에 의한 투수량계수(T)는 다음과 같다.

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

이와 같이 상기 4개 공에서의 수위는 여러 공에서 불규칙한 양수시간과 일정치 않은 양수량으로 인한 수위강하이므로 약 4일간에 걸쳐 실제 사용공에 대한 양수량 및 양수시간을 관측하여 투수량계수 산정시 양수량 및 양수시간에 대한 보정을 실시하였다.

Table 3은 수위가 관측된 상기 4개 공에서 구한 투수량계수(T)를 정리한 것이며, 각 공에서의 값의 차이는 실제 투수량계수의 차이라기보다는 여러 공에서 양수하는 것과 인근공에서 채수되는 양수량의 많고 적음에 따른 오차로 해석된다.

양수량 및 수위

온양온천지역에서 현재 온천공으로 등록된 공은 38개 공으로서 온천동 일대에 집중적으로 분포하고 있다. 이

들 공들은 성수기인 겨울철에는 약 18개 공이 사용되고 있으며, 비수기인 여름철에는 십여 개 공만이 사용되고 있다. 연도별 온천수 사용량의 변화는 Table 4에서 보는 바와 같이 1994년에는 약 1,477,556 m³을 사용하였으며, 일일 평균 약 4,081 m³ 사용하는 것으로 계산된다. 그러나 1997년도에는 일일 약 3,498 m³, 1998년에는 3,141 m³으로 사용량이 해마다 줄어드는 추세를 보이고 있다.

또한 Table 4의 월 평균 사용량은 1994년도에서 1998년도까지 5년간의 월별 평균으로서 이들의 월별 변화량을 알아보기 위해서 Fig. 7에 도시하여 보았다. 여기에서의 막대그래프는 각 연도에 따른 월별 사용량이며, 실선은 이들의 월 평균을 나타낸 것이다. 여기에서 보면 겨울철에는 사용량이 많은 것으로 나타나며 가장 사용량이 많은 1월의 월 평균 사용량은 149,027.6 m³ (약 4,807 m³/day)로 계산된다. 전체적으로 11월에서 다음 해 4월까지의 성수기로서 사용량이 많음을 알 수 있으며, 5월부터 서서히 사용량이 감소하여 8월에는 월 평균 사용량이 가장 적은 것으로 나타났다. 사용량의 변화 폭은 1월의 149,027.6 m³에 비해 8월에는 68,767.4 m³으로, 1월에 비해 약 46.1% 정도 사용하는 것으로 계산된다.

Table 3. Transmissivities at 4 wells.

Well No.	Transmissivity of 9 Feb. (m ² /day)	Transmissivity of 10 Feb. (m ² /day)	Transmissivity of 11 Feb. (m ² /day)	Average
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
Total average				577.51

Table 4. The annual usage at wells of the Onyang hot spring area.

Month	Year						Monthly average
	1994	1995	1996	1997	1998		
1	174,378	148,207	156,373	129,071	137,109	149,027.6	
2	173,993	141,712	158,085	124,961	125,693	144,888.8	
3	153,242	126,062	136,094	127,087	108,211	130,139.2	
4	147,503	130,888	130,209	134,204	109,834	130,527.6	
5	124,433	122,413	121,036	105,639	89,313	112,566.8	
6	103,233	98,528	92,041	87,986	71,777	90,713.0	
7	72,550	75,318	79,540	65,881	64,000	71,457.4	
8	69,223	80,264	69,232	65,693	59,425	68,767.4	
9	86,689	84,912	86,993	86,834	65,724	82,230.4	
10	106,671	104,359	114,321	105,559	84,709	103,123.8	
11	130,373	123,371	127,657	123,389	107,067	122,371.4	
12	135,268	127,420	111,842	120,370	123,464	123,672.8	
Total	1,477,556	1,363,454	1,383,423	1,276,674	1,146,326		
Daily average	4,048.1	3,735.5	3,790.2	3,497.7	3,140.6		

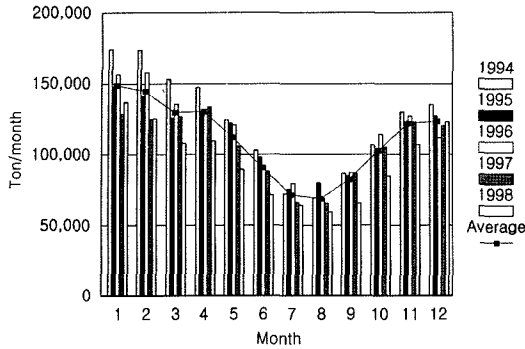


Fig. 7. Change of monthly use rate at the Onyang hot spring area.

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. 따라서 수위가 안정된 경향을 보이는 구간 중 양수량의 차이가 있는 구간을 선택하였으며, 1998년 9월 22일~24일, 10월 8일~10일, 11월 16일~17일, 1999년 1월 5일~8일 및 1월 26일~28일의 각각 5개 구간에 대한 안정수위와 일일 양수량을 비교하였다.

Table 5는 각 기간과 각 관측공에 대해서 일일 평균

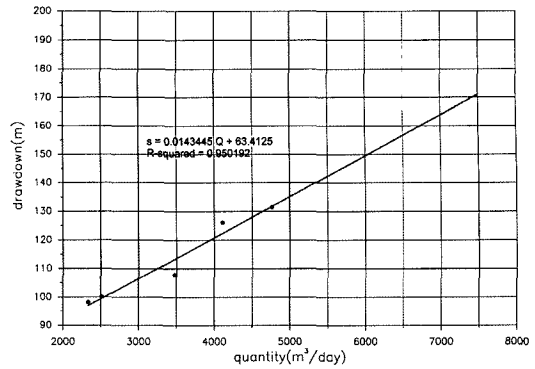


Fig. 8. Relationship between quantity and drawdown.

양수량 2,335.26~4,764.03 m³/day 사이에 대한 안정수위를 계산하여 놓은 것이며, 상기 양수량의 범위 내에서 발생된 수위변화는 98.16~131.48 m로 산출되었다. 따라서 이들 양수량에 대한 수위를 Fig. 8에 도시하여 보았으며, 회귀분석을 실시하여 아래와 같은 관계식을 도출하였다.

$$s = 0.0143Q + 63.41 \quad (4)$$

위 식에 의할 때, 만약 2,000 m³/day로 계속적인 양수가 진행된다면 이때의 안정수위는 92.01 m 정도로 유지될 것으로 해석되며, 또한 5,000 m³/day로 계속적인 양수가 진행될 시는 134.91 m 정도의 안정수위가 유지될 것으로 판단된다. 식 (4)에 의한 일일 양수량별 수위를 정리하면 Table 6과 같다.

Table 5. The daily pumping quantity and drawdown.

Duration	Quantity (m ³ /day) Drawdown (m)	2018	2026	2034	Average
'98. 9. 22-	m ³ /day	2385.40	2255.26	2365.12	2335.26
	m	98.35	97.69	98.43	98.16
'98. 10. 8-	m ³ /day	2559.09	2535.74	2445.72	2513.52
	m	100.06	100.45	99.87	100.13
'98. 11.16-	m ³ /day	3659.24	3385.02	3383.88	3476.05
	m	107.86	107.86	107.76	107.83
'99. 1. 5-	m ³ /day	4054.41	4168.97	4106.21	4109.86
	m	126.24	125.92	126.35	126.17
'99. 1. 26-	m ³ /day	4913.07	4709.03	4669.99	4764.03
	m	131.87	131.18	131.40	131.48

Table 6. Drawdown according to daily quantity.

daily quantity (m ³ /day)	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000
drawdown (m)	92.01	106.31	120.61	134.91	149.21	163.51

결 론

온양온천은 백제시대부터 알려졌다고 전하며 그 당시에는 온천수가 자연용출하였다. 그러나 시추공을 개발하고 수증펌프를 설치하여 인위적으로 양수량을 증가시키기에 따라 현재에는 수위가 100 m 이상 하강하였으며, 시추공도 38개가 분포하고 있다. 개발된 시추공의 직경은 주로 200 mm이며, 평균 굴착심도는 약 246 m이다.

온양온천지구내 4개 공을 선택하여 약 10개월간 수위변화를 관측하였으며, 주야간 사용과 중지애 따라 약 1.5 m 정도의 일일 수위변화를 보였다. 또한 여름철 비수기와 겨울철 성수기에 따라 1년 주기로 수위가 상승, 하강하는 사인곡선의 양상을 보였으며, 그 수위 폭은 약 98-139 m로 관측되었다.

온양온천지구에서 온천수 사용량은 일일 약 2,335.26~4,764.03 m³/day로 2배 이상의 변화폭을 보였으며, 온천수 사용량과 수위변화를 해석하여 관계식을 도출하였다. 그 결과 2,000 m³/day로 지속적인 양수가 진행된다면 이때의 안정수위는 92.01 m 정도로 유지될 것으로 해석되며, 또한 5,000 m³/day로 지속적인 양수가 진행될 시는 134.91 m 정도의 안정수위가 유지될 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원 기본연구사업인 ‘지열수자원 실용화 기술개발(GP2007-002)’과제의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

문상호, 이철우, 김형찬, 염병우, 기원서, 이대하, 김용제, 김석중, 성기성, 이봉주, 최순학, 1999, 온양온천지구 온천수 자원조사 보고서, 한국지질자원연구원, 99-3, No. 266, p. 242.
 이철우, 이대하, 정지곤, 김구영, 김용제, 2002, 양수시험 시 방사상흐름을 보이는 균열암반 대수층에서의 우물 손실, 한국지하수토양환경학회지, Vol. 7, No. 4, pp. 17-23.
 Bredehoeft, J. D., 1967, Response of well-aquifer systems to earth tides: J. Geophys. Res., v. 72, p. 3075-3087.
 Jacob, C. E., 1939, Fluctuations in artesian pressure produced by passing railroad trains as shown in a well on Long Island, New York: Amer. Geophys.

Union, v. 20, p. 666-674.
 Jacob, C. E., 1940, On the flow of water in an elastic artesian aquifer: Trans. Amer. Geophys. Union, v. 22, p. 574-586.
 Jacob, C. E., 1950, Flow of groundwater. Engineering Hydraulics, ed. H. Rouse: New York, John Wiley, p. 321-386.
 Meinzer, O. E., 1928, Compressibility and elasticity of artesian aquifer: Econ. Geol., v. 23, p. 263-291.
 Parker, G. G., and Springfield, V. T., 1950, Effects of earthquakes, rains, tides, winds and atmospheric pressure changes on the water in geologic formations of southern Florida. Econ. Geol., v. 45, p. 441-460.
 Robinson, T. W., 1939, Earth tides shown by fluctuations of water levels in wells in New Mexico and Iowa: Trans. Amer. Geophys. Union, v. 20, p. 656-666.
 Rorabough, M. I., 1953, Graphical and theoretical analysis of step-drawdown test of artesian well, Proceedings separate No. 362, ASCE, 79, pp. 1-23.
 Theis, C. V., 1935, The relation between the lowering of the piezometric surface and rate and duration of discharge of a well using groundwater storage. Trans. Amer. Geophys. Union, v. 2, p. 519-524.
 Van Der Kamp and Gale, J. E., 1983, Theory of earth tide and barometric effects in porous formations with compressible grains. Water Resources Res., v. 19, p. 538-544.
 Van Der Kamp, 1972, Tidal fluctuations in a confined aquifer extending under the sea: Ottawa, Env. Canada reprint 242, p. 101-106.

2007년 3월 10일 원고접수, 2007년 6월 13일 게재승인

정지곤

충남대학교 자연과학대학 지구환경과학부
 305-764 대전시 유성구 궁동 220
 Tel: 042-821-6424
 Fax: 042-822-7661
 E-mail: jgjeong@cnu.ac.kr

이철우

한국지질자원연구원 지열자원연구실
 305-350 대전시 유성구 가정동 30
 Tel: 042-868-3085
 Fax: 042-868-3358
 E-mail: lcw@kigam.re.kr