

제주지역 지하수 적정허가량의 합리적 산정방안

박원배*·강봉래**

국문요약

제주도에서는 지하수 허가량을 체계적으로 관리하기 위해 2007년부터 지하수 취수 허가량 제도를 도입하여 운영하고 있다. 2016년 12월말 현재 지하수 허가량은 1,563천m³/일으로 제주도 지하수 지속이용가능량 1,768천m³/일의 88%에 이르고 있다. 그러나 최근까지 지하수 적정허가량 산정은 개발 사업장의 하수도 발생량 또는 면적 등 상황에 따라 산정하고 있어 사업장별로 2~3배의 차이가 발생하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 지하수 적정관리를 위해 2013~2016년까지 4년간 지하수 이용량 검침 자료를 분석한 후, 지하수 이용량이 많은 주요 4개 업종인 골프장, 숙박업, 개인서비스업, 주거시설을 대상으로 지하수 적정허가량 산정방안을 제시하고자 수행하였다.

그 결과, 본 연구에서 개발된 골프장, 숙박업용, 목욕장 등 개인서비스업용, 주거시설용 지하수 허가량 추정식은 지하수 개발·이용허가 및 연장허가 시 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 공공 지하수 관정인 상수도용과 농업용 지하수인 경우 가뭄이 발생할 경우 이용률이 허가량의 90% 이상 가동하고 있는 것으로 분석

* 제주연구원 환경도시연구부, 선임연구위원

** 제주연구원 환경도시연구부, 위촉연구위원

되고 있어, 3개월 이상의 가뭄이 발생할 경우 상수도 공급에 차질이 발생할 우려가 많을 것으로 예상되기 때문에 상수도 공급체계 개선이 우선적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

주제어 : 지하수 취수 허가량, 지하수 지속이용가능량, 지하수 적정허가량

I. 서론

제주도는 투수성이 높은 지질 특성으로 인해 연중 물이 흐르는 하천이나 호수 등이 거의 없어 1960년대까지도 용천수나 빗물 등을 주로 이용하는 열악한 환경이었다(제주도, 1999). 그러나 1970년대 이후부터 지하수 개발·이용이 본격적으로 이루어지면서 사실 지하수 관정이 특정지역 중심으로 무분별하게 개발되어 지하수를 체계적으로 관리해야 한다는 목소리가 높아짐에 따라 1991년 제정된 ‘제주도 개발특별법’에 지하수 허가 제도를 도입하게 되었다.

이후 1993년에는 특별법 시행령 경과조치에 의해 이미 개발된 3,100여개소의 지하수 개발·이용 시설에 대한 양성화를 통해 지하수 이용을 허가하였다(제주도, 2013; 김기표, 강수정, 강봉래, 문덕철, 김봉석, 2009).

양성화 당시 개발된 지하수 개발·이용 시설에 대한 허가는 법적인 시설기준이 없어 계량기 등이 설치되어 있지 않아 실제 이용량을 파악하지 못하였고, 적정 허가량에 대한 기준도 없는 관계로 허가 신청 시 작성한 개발량(1일 최대 양수 가능량)을 기준으로 허가량을 산정하였다.

2007년 제주특별자치도 지하수관리 기본조례가 시행되면서부터는 지하수 허가량을 좀 더 체계적으로 관리하기 위해 지하수 이용량에

근거한 지하수 취수 허가량 제도를 도입하였다. 그러나 이때에도 실제 지하수 이용량 자료가 없어서 허가 신청 시 제출한 이용계획량을 기준으로 허가량을 산정함에 따라 허가량과 실 이용량의 차이가 많이 나고 있었다(박원배, 강봉래, 박윤석, 2018).

2016년 12월 기준 지하수 허가량은 1,563천m³/일로 제주도에서 지하수 수위하강, 수질오염 등 특별한 문제없이 지속적으로 이용 가능한 지하수량인 지속이용가능량(1,768천m³/일)의 88%에 이르고 있다(제주특별자치도, 2013). 그러나 2016년 기준 지하수의 일평균 이용량은 약 567천m³/일 수준으로 허가량의 36% 정도로 허가량과 이용량의 차이가 크게 나타나고 있다.

지금까지 각종 개발 사업에 따른 지하수 개발·이용허가를 해준 결과를 보면 허가량이 사업장별로 2~3배의 편차가 발생하는 등 불합리한 면이 있으며, 제주도는 현재 지속적인 인구 유입과 더불어 관광객 등 유동인구가 급격히 증가함에 따라 용수 수요량도 증가하고 있어 지하수 적정허가량에 대한 합리적 대안 마련이 필요한 실정이다.

2016년 기준 지하수 허가량이 지속이용가능량의 88%에 이르는 등 더 이상 여유가 없는 상황임에 따라 예상되는 문제점으로 어느 특정 지역에서 물이 필요하여 지하수를 개발할 필요가 있을 경우를 가정하면, 이 지역의 실제 지하수 이용량을 지속이용가능량과 비교했을 때 추가적인 지하수 개발이 가능하지만, 허가량이 지속이용가능량을 비교해 보면 허가량이 지속이용가능량을 초과하고 있어 더 이상 허가를 해 줄 수 없는 상황이 되는 논리적 모순이 발생할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 지하수 적정관리를 위해 2013~2016년까지 4년간 지하수 실 이용량을 분석하여 지하수 이용량이 많은 주요 4개 업종(골프장, 숙박업, 개인서비스업, 주거시설)을 대상으로 유효기간 연장 허가 시 실무에 적용할 수 있는 지하수 적정허가량 산정

방안을 제시하고자 한다.

II. 지하수 허가 현황과 이용 현황

1. 지하수 허가 현황

1) 용도별 허가 현황

2016년 12월말 현재 지하수 개발·이용허가 현황은 4,865개소 1,563천m³/일로 제주도에서 정하고 있는 지하수 지속이용가능량 (1,768천m³/일)의 88%에 이르고 있다.

용도별로 보면, 생활용 지하수가 29.7%인 1,444개소이며, 농어업용 지하수는 58.3%인 3,261개소로 농어업용 지하수가 생활용 지하수보다 37.3% 더 많이 개발되어 있어 농어업용 지하수 비율이 매우 높고, 공업용은 153개소가 허가된 것으로 조사되었다.

지하수 취수 허가량을 보면, 생활용 지하수가 전체 허가량의 39.8%인 622천m³/일이고, 농어업용은 58.3%인 911천m³/일이며, 공업용은 27천m³/일로 나타났다. 먹는샘물 제조용 지하수는 7개소에 3.8천m³/일이 허가되어 있다.

<표 1> 용도별 지하수 허가 현황

제주지역 지하수 적정허가량의 합리적 산정방안

(단위 : 개소, 천 ㎡)

구 분		합 계	생활용	농어업용	공업용	먹는샘물 제조용
시설수	계	4,865	1,444	3,261	153	7
	공 공	1,363	428	926	3	6
	사 설	3,502	1,016	2,335	150	1
허가량	계	1,563	621.6	910.5	27.1	3.8
	공 공	1,193	476.7	711.0	1.4	3.7
	사 설	370	144.9	199.5	25.7	0.1

개발 주체별로 보면, 공공 지하수가 1,363개소(28%), 1,193천m³/일(72%)로 사설 지하수 3,502개소(76%), 370천m³/일(24%)에 비해 지하수 관정시설 수는 적으나 취수 허가량은 1개소 당 허가량이 875m³/일로 분석되었다. 사설 지하수 관정은 1개소 당 106m³/일 수준으로 공공 지하수의 1/8 수준인 것으로 조사되었다.

2) 세부 용도별 허가 현황

세부 용도별로 허가 현황을 보면, 어업용을 제외한 농업용이 3,187개소(65.5%), 905천m³/일(57.9%)이며, 상수도시설이 332개소(6.8%), 456천m³/일(29.2%)로 허가량이 가장 많은 것으로 분석되었다. 다음으로는 골프장이 113개소(2.3%), 59천m³/일(3.8%)로 타 업종에 비해 허가량이 많았으며, 관광호텔을 포함한 숙박업용이 349개소(7.2%), 35천m³/일(2.2%)로 허가된 것으로 나타났다.

또한, 주요시설이 목욕장인 개인서비스업은 178개소(3.7%), 19천m³/일(1.2%)이며, 공동주택과 빌라 등 주거시설에 이용하는 지하수는 113개소(2.3%), 9천m³/일(0.6%)로 나타났다.

제주지역 지하수 적정허가량의 합리적 산정방안

<표 2> 세부 용도별 지하수 허가 현황

(단위 : 개소, 천㎥/일)

구 분	계				제주시		서귀포시	
	시설수	(%)	허가량	(%)	시설수	허가량	시설수	허가량
계	4,865	100	1,563	100	1,853	829.0	3,012	734.1
농 업	3,187	65.5	904.5	57.9	827	438.2	2,360	466.2
숙 박 업	349	7.2	34.9	2.2	226	19.3	123	15.6
상수도시설	332	6.8	456.4	29.2	190	265.1	142	191.3
개인서비스업	178	3.7	18.7	1.2	118	13.7	60	5.0
업 무 시 설	132	2.7	14.6	0.9	91	10.7	41	3.9
주 거 시 설	113	2.3	8.6	0.6	60	5.4	53	3.2
골 프 장	113	2.3	59.2	3.8	64	36.8	49	22.4
기타제조업	73	1.5	7.2	0.5	50	4.2	23	3.0
축 산 업	71	1.5	5.8	0.4	36	2.7	35	3.2
교 육 시 설	54	1.1	8.9	0.6	36	6.4	18	2.5
관 광 휴 양	42	0.9	7.5	0.5	18	3.8	24	3.7
식료품제조	32	0.7	6.4	0.41	14	1.7	18	4.7
식 품 접 객	31	0.6	1.3	0.1	12	0.4	19	0.8
토 목 건 설	30	0.6	5.0	0.3	21	3.5	9	1.5
종 교 시 설	19	0.4	0.9	0.1	10	0.5	9	0.4
공 공 시 설	17	0.3	3.2	0.2	9	1.7	8	1.4
보 건 업	16	0.3	1.7	0.1	13	1.5	3	0.2
도·소매업	15	0.3	1.1	0.1	10	0.9	5	0.1
운 수 업	13	0.3	0.5	0.0	11	0.5	2	0.1
에너지생산	12	0.2	6.9	0.4	9	4.0	3	2.9
먹 는 샘 물	7	0.1	3.8	0.2	6	3.7	1	0.1
사 회 복 지	7	0.1	1.0	0.1	6	0.9	1	0.1
기 타	22	0.4	4.7	0.2	16	3.1	6	1.7

2. 지하수 이용 현황

1) 용도별 이용 현황

2016년 12월말 현재 지하수 허가량은 1,563천m³/일이지만 일평균 이용량은 약 567천m³로 허가량의 36.3%로 많은 차이가 있는 것으로 분석되었다. 용도별로 보면, 생활용이 354천m³/일(62.4%)로 가장 많고, 농어업용 202m³/일(35.7%), 공업용 7.6천m³/일, 먹는샘물 제조용이 2.9천m³/일로 이용하고 있는 것으로 나타났다.

생활용 지하수인 경우, 상수도용으로 309천m³/일(87%)을 차지하고 있고 나머지 13%인 44천m³/일가 자체 지하수로 이용하고 있는 것으로 나타났다.

<표 3> 용도별 지하수 이용 현황

(단위 : 천m³/일)

구 분	합 계	생활용	농어업용	공업용	먹는샘물 제조용
계	567	353.6	202.5	7.6	2.9
공 공	504	316.7	184.3	0.3	2.8
사 설	62	36.9	18.2	7.3	0.1

2) 세부 용도별 이용 현황

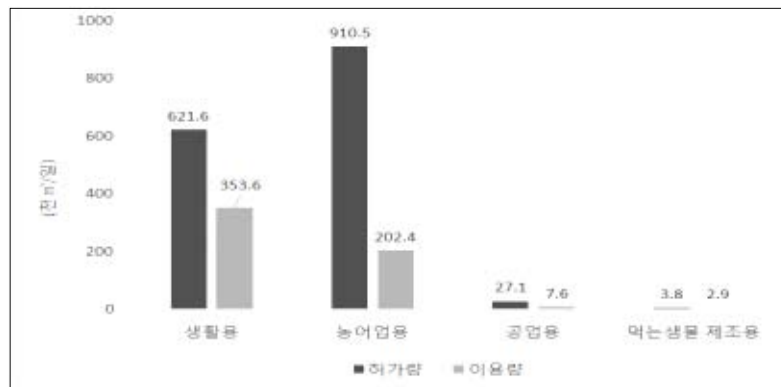
세부 용도별 이용 현황을 보면, 상수도용 시설이 309천m³/일(54.6%)을 차지하고 있고, 그 다음이 어업용을 제외한 농업용으로 200천m³/일(35.3%)로 전체 지하수 이용량의 90% 이상을 상수도용과 농업용이 차지하고 있다. 골프장이 10천m³/일(1.8%), 관광호텔, 휴양콘도 등 숙박업이 10.1천m³/일(1.8%), 목욕장 등 개인서비스업이 7.8천m³/일(1.4%)을 이용하는 것으로 나타났다(<표 4> 참조).

Ⅲ. 지하수 이용 특성

1. 지하수 허가량 대비 이용량

제주도 내 지하수의 허가량 대비 이용량 분석 결과를 보면, 2016년 기준 허가량은 1,563천m³/일이며, 이용량은 567천m³/일로 약 36.3% 이용하고 있는 것으로 분석되었다.

지하수 허가량 대비 이용량을 용도별로 분석한 결과를 보면, 상수도용 지하수인 경우 허가량이 456천m³/일인데 이용량이 309천/일로 67.8%의 이용률을 나타냈고, 먹는 샘물 제조용인 경우에는 허가량이 3.8천m³/일인데 이용량이 2.9천m³/일로 77.5%의 이용률을 보이고 있다.



[그림 1] 용도별 지하수 허가량 대비 이용량

이외에 30% 이상의 이용률을 나타내는 업종으로는 사회복지시설과 병의원 등의 보건업종이 48.2%의 이용률을 나타내고 있다. 목욕장 등 개인서비스업종이 41.7%, 공공기관에서 운영하는 시설이 46.9%, 공동주택·빌라 등의 주거용이 33.6% 등이 비교적 지하수 이

용량이 높게 나타나고 있다.

<표 4> 세부 용도별 지하수 허가량 대비 이용량 현황

(단위 : 공, m³/일, %)

구 분	공 수	허 가 량	이 용 량	이용량 / 허가량
계	4,865	1,563,041	566,612	36.3
먹 는 샘 물	7	3,800	2,944	77.5
상 수 도 시 설	332	456,396	309,313	67.8
토 목 건 설	30	5,042	2,634	52.2
보 건 업	16	1,690	815	48.2
공 공 시 설	17	3,176	1,489	46.9
사 회 복 지	7	1,007	451	44.8
개 인 서비스업	178	18,747	7,819	41.7
업 무 시 설	132	14,637	6,028	41.2
축 산 업	71	5,845	2,107	36.0
주 거 시 설	113	8,604	2,887	33.6
기 타 제 조 업	73	7,213	2,129	29.5
숙 박 업	349	34,869	10,083	28.9
에 너 지 생 산	12	6,906	1,831	26.5
스 포 츠 오 락	7	2,047	509	24.9
관 광 휴 양	42	7,534	1,819	24.1
농 업	3,187	904,452	200,284	22.1
교 육 시 설	54	8,939	1,894	21.2
음 료 제 조	6	1,532	320	20.9
어 업	3	229	43	18.8
도 · 소 매 업	15	1,065	187	17.6
골 프 장	113	59,227	9,960	16.8
식 품 접 객	31	1,267	176	13.9

구 분	공 수	허 가 량	이 용 량	이용량 / 허가량
식 료 품 제 조	32	6,399	705	11.0
운 수 업	13	542	44	8.1
종 교 시 설	19	891	63	7.1
운 천 시 설	2	210	0	0.2

그러나 농업용 지하수인 경우 이용률이 22.2% 수준으로 낮게 나타나고 있는데, 이는 농업용수인 경우 작물 재배 기간이나 가뭄이 발생할 경우 지하수를 이용하고 있기 때문인 것으로 사료된다. 공업용인 경우에도 지하수 이용률은 28.1%로 비교적 낮게 이용되고 있는 것으로 분석되었다.

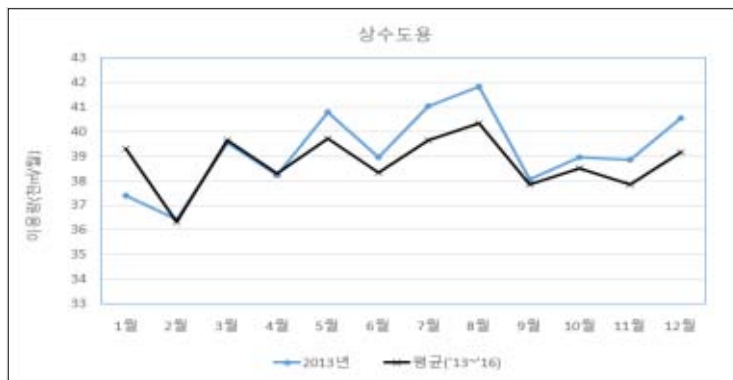
2. 월별 지하수 이용 특성

월별 지하수 이용 특성은 가뭄이 심했던 2013년 월별 이용량과 4년 평균(2013년~2016년) 이용량을 주요 업종에 대해 분석하였다. 특히, 2013년은 6월 27일부터 8월 19일까지 59일 동안 비가 전혀 내리지 않아 제주도 기상관측 사상 가장 긴 가뭄이 발생하여 지하수 이용량이 급증했던 시기여서 2013년 이용량과 4년 평균 이용량을 비교하여 가뭄 시 관정별 이용특성을 고찰하였다.

2013년 월별 지하수 이용량 변화를 보면 대부분의 업종에서 7월부터 이용량이 서서히 증가하기 시작하여 9월에 가장 높은 값을 나타내고 있다([그림 2]~[그림 7]).

상수도용 지하수는 [그림 2]에 나타낸 바와 같이 2013년인 경우 4월 이후 4년 평균 이용량보다 높게 나타나고 있으며, 특히 본격적인 가뭄 현상이 나타난 8월인 경우 허가량과 같은 4.2천m³/월을 취수하는 등 가동률이 100%에 육박하고 있다. 2013년 가뭄이 끝난 9월 이후에 이용량이 다소 감소되었으나 4년 평균 이용량보다는 높게

유지되는 등 가뭄의 영향이 나타나고 있다. 따라서 향후 이와 같은 가뭄이 지속될 경우 상수도 이용에 문제가 발생할 우려가 높기 때문에 이에 대한 대안으로 현재 추진 중에 있는 수자원통합관리 시스템 구축을 조속히 추진할 필요가 있다.



[그림 2] 상수도용 지하수 월별 이용특성

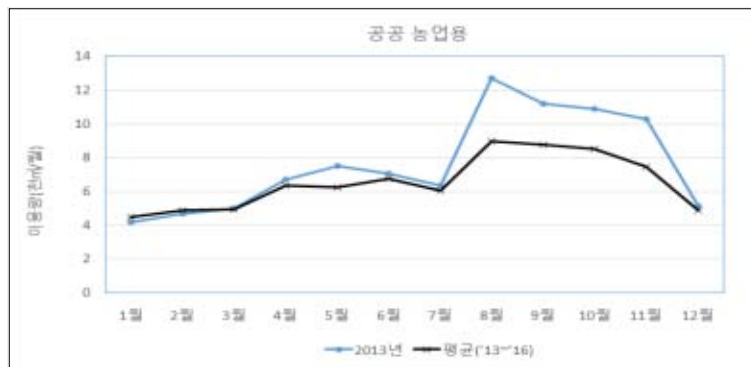
공공 농업용 지하수인 경우에는 [그림 3]에 나타낸 바와 같이 8월 이후부터 11월까지 지하수를 많이 이용하는 것으로 나타났으며, 특히 2013년 가뭄이 발생함에 따라 이용량이 2배 이상 급증하고 있다. 이와 같이 제주도에서는 가뭄이 발생하는 시기와 농작물에 물을 많이 필요로 하는 시기가 일치함에 따라 서부지역 일부 해안지대에서는 지하수과다 취수에 의한 수위하강이나 해수침투 등이 문제가 발생하고 있다(박원배 외, 2018).

따라서 현재 지하수에 의존하는 농업용수 공급시스템을 빗물이나 용천수 등 대체수자원을 이용하여 지하수 이용량을 감소시키는 것이 필요하다.

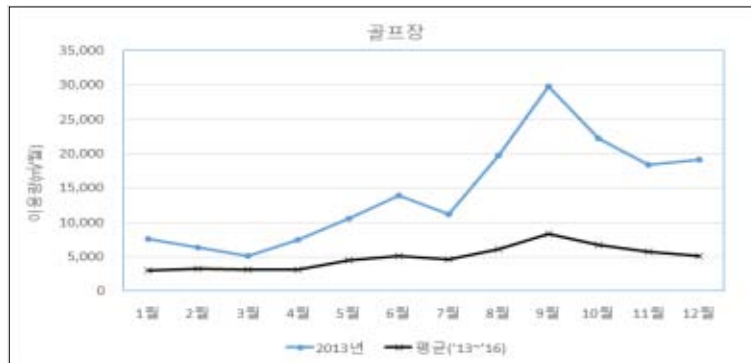
골프장인 경우에는 가뭄 시 잔디 생육에 막대한 지장을 주게 되므로 지하수를 많이 이용하게 되는데, 2013년의 경우에는 가뭄이 시작

제주지역 지하수 적정허가량의 합리적 산정방안

되는 6월부터 9월까지 큰 폭으로 증가하고 있다. 특히, 골프장은 저류지의 빗물도 함께 이용하고 있으나 가뭄이 발생하는 시기에는 빗물 사용 또한 어렵기 때문에 그만큼 지하수를 많이 취수하게 됨에 따라 이용량 또한 증가하는 현상을 뚜렷하게 보이고 있다.

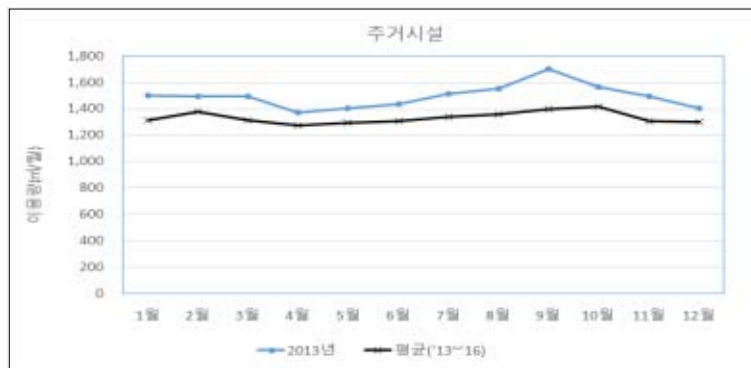


[그림 3] 공공 농업용 지하수 월별 이용특성

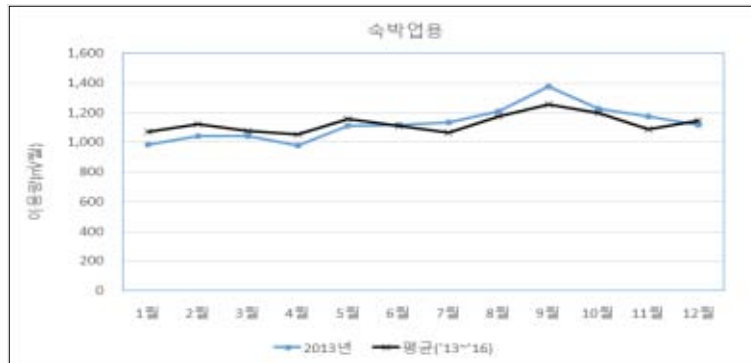


[그림 4] 골프장용 지하수 월별 이용특성

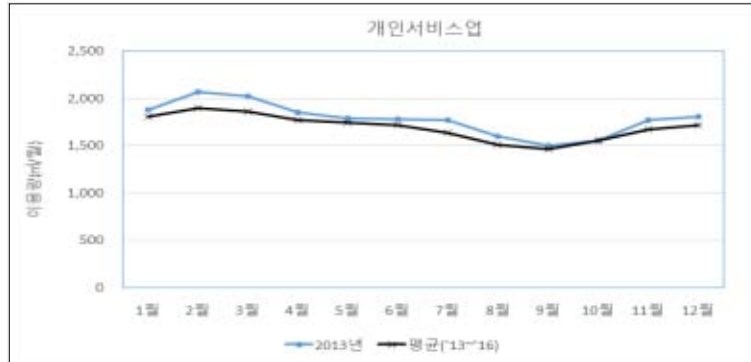
주거시설은 다소 가뭄의 영향을 받는 것으로 나타나고 있으나, 큰 증가현상은 보이지 않고 있다. 숙박업용과 목욕장 등은 가뭄에 따른 영향은 거의 없으나 8월~10월 사이에 지하수 이용량이 증가하고, 개인서비스업은 겨울철에 이용량이 증가하는 것으로 나타나고 있다.



[그림 5] 주거시설용 지하수 월별 이용특성



[그림 6] 숙박업용 지하수 월별 이용특성



[그림 7] 개인서비스업 지하수 월별 이용특성

IV. 업종별 지하수 허가량 산정 방안

본 연구에서는 지하수 적정관리를 위해 2013~2016년까지 4년간 지하수 이용량 검침 자료를 분석한 후, 지하수 이용량이 많은 주요 업종인 골프장, 숙박업, 개인서비스업, 주거시설을 대상으로 적정 지하수 허가량 산정방안을 제시하였다.

데이터 분석은 IBM SPSS Statistics 버전 25를 사용하여 신뢰수준 95%에서 상관관계, 신뢰도분석, 회귀분석을 수행 했으며, 추정식을 얻기 위한 회귀곡선은 MS Office 365 EXCEL 16을 활용하였다.

1. 골프장

골프장의 지하수 허가량은 지하수 개발·이용허가시 지하수영향조사서 심사에서 용수 이용계획량에 대한 전반적인 검토와 심의를 거쳐 산정하고 있다.

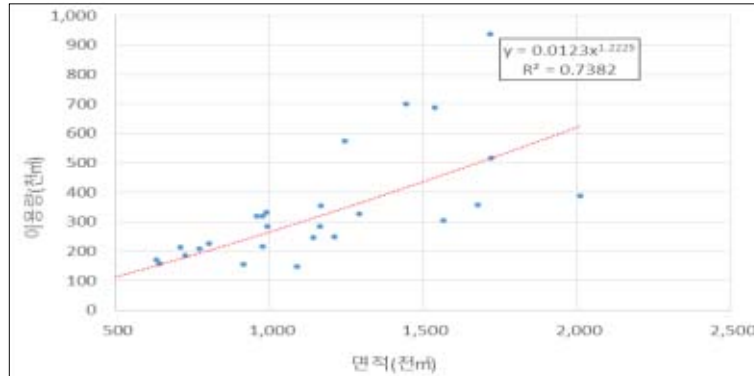
허가량 산정에 있어 제주도의 지역별 강수량 차이나 잔디 종류 등

의 요인에 의해 물 이용량이 달라질 수 있다. 특히, 골프장인 경우 총 용수 이용량의 40% 이상 빗물을 의무적으로 사용하도록 하고 있어 지하수 허가량과 이용량과의 관계나 골프장 면적과 허가량과의 상관관계가 매우 낮게 나타나고 있는데 이는 박원배, 양성기, 김봉석, 문덕철(2011) 결과와 유사하게 분석되었다.

또한, 골프장의 경우 강수량과 기온에 따라 지하수 이용량에 큰 차이가 있어서 어느 시점의 이용량을 적용하느냐에 따라 상관관계가 달라질 질 수 있다.

따라서 본 연구에서는 지하수 이용량과 빗물이용량을 합산한 이용량으로 면적과의 상관관계를 분석하였다.

분석결과 최적 추정식은 95% 신뢰구간에서 [그림 8]과 같이 지수함수 형태로 나타나고 있으며 결정계수 R^2 가 0.7382로 나타났다.



[그림 8] 골프장 면적과 총 용수 이용량과의 관계

$$\begin{aligned}
 &\therefore \text{골프장 적정 지하수 허가량 추정식} \\
 &\quad - \text{지하수 허가량(m}^3\text{/일)} \\
 &\quad \quad = \text{총용수이용량(m}^3\text{/일)} - \text{기타용수량(m}^3\text{/일)} \\
 &\quad - \text{골프장 총 용수 이용량(m}^3\text{/일)} \\
 &\quad \quad = 0.0123 \times \text{골프장면적(m}^2\text{)}^{1.2225} \\
 &\quad - \text{기타 용수량(m}^3\text{/일)} \\
 &\quad \quad = \text{빗물이용량(m}^3\text{/일)} + \text{하수처리수재이용수량(m}^3\text{/일)} \\
 &\quad - \text{상관계수(R) 0.859, 결정계수(R}^2\text{) 0.738}
 \end{aligned}$$

따라서 골프장의 적정 지하수 허가량은 골프장 면적과 빗물 저류지의 빗물 이용현황, 자체 하수처리시설 처리수의 재이용 여부 등을 감안하여 적정 지하수 허가량을 산정하는 것이 바람직하다.

2. 숙박업

숙박업은 객실 수라는 명확한 변수가 있어 사업계획 수립 시, 대부분 객실 수를 기준으로 용수 이용량을 산정하고 있다. 특히, 강수량 영향도 거의 없고 일정한 이용 경향을 보이기 때문에 허가량과 이용량과의 관계도 일정하게 나타나는 것으로 분석되었다.

따라서 숙박업용인 경우 허가량 산정은 객실 수와 이용량을 이용하여 추정한 결과 [그림 9]와 같이 2차식이 최적으로 나타났다.

그리고 추정식을 단순화하여 1차식으로 추정한 결과도 [그림 10]에 나타낸 바와 같이 결정계수 R^2 가 0.83으로 나타나, 2차식 결정계수 0.84와 크게 차이가 없어 행정 실무에 적용하더라도 큰 문제가 없을 것으로 판단된다. 다만 이 식은 객실 수가 50실 이상의 시설에 적용하는 것이 타당하며, 소규모 시설을 적용하려면 다소 상관성이 하락하지만 잔차항을 0으로 하여 적용하는 것이 필요하다.

∴ 숙박업 적정 지하수 허가량 추정식

① 2차식 : 지하수 허가량(m³/일)

$$= 0.0009 \times \text{객실수}^2 + 0.8137 \times \text{객실수} - 12.536$$

- 상관계수(R) 0.917, 결정계수(R²) : 0.840

- 잔차를 0로 할 경우:

$$\text{허가량은} = 0.0013 \times \text{객실수}^2 + 0.591 \times \text{객실수}$$

(결정계수 R² : 0.835)

② 1차식 : 지하수 허가량(m³/일)

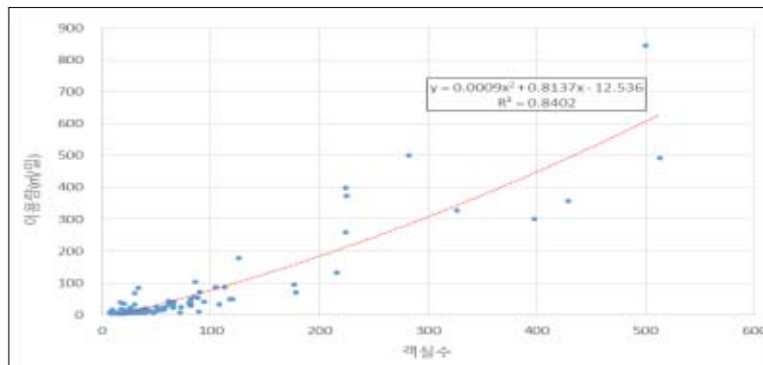
$$= 1.1634 \times \text{객실수} - 23.682$$

- 상관계수(R) 0.912, 결정계수(R²) : 0.831

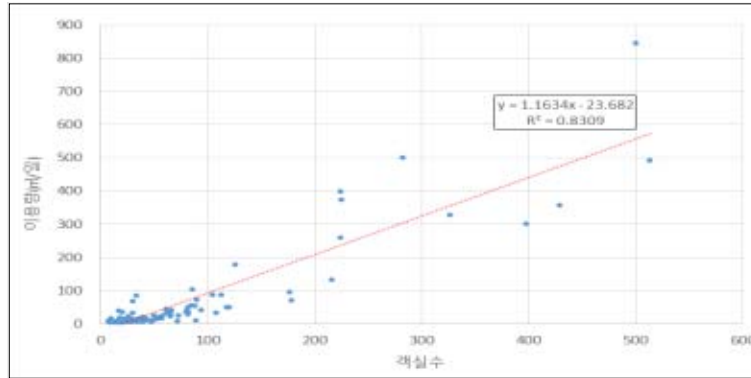
- 잔차를 0로 할 경우:

$$\text{허가량은} = 1.0253 \times \text{객실수}$$

(결정계수 R² : 0.794)



[그림 9] 숙박업 객실 수와 이용량과의 관계(2차 함수)



[그림 10] 숙박업 객실 수와 이용량과의 관계(선형)

3. 개인서비스업

목욕장업이 주된 업종인 개인서비스업의 경우 업종 특성상 영업장에서 서비스를 받는 인원과 지하수 이용량과의 상관관계를 분석하는 것이 타당하나 현실적으로 각 업소별 이용객 수를 파악할 수 없어 영업장 면적으로 분석하였다.

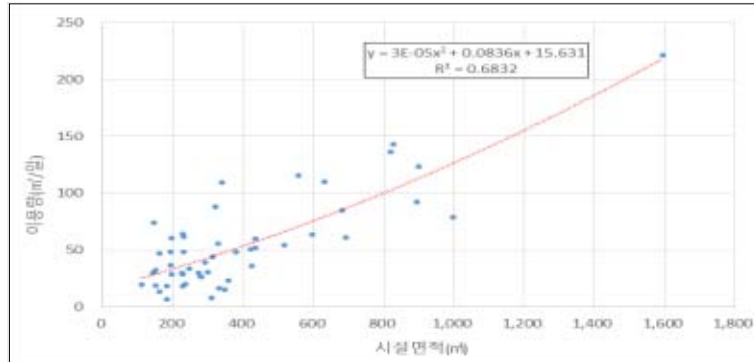
개인서비스업의 적정허가량 산정은 영업장 면적과 이용량과의 관계를 분석한 [그림 11]을 보면, 2차 함수의 경향을 보이고 R² 값은 0.68 수준으로 비교적 높은 연관성을 보이고 있어 시설면적과 이용량을 적용하여 산정해도 바람하다고 사료된다.

∴ 개인서비스업 적정 지하수 허가량 추정식

- 지하수 허가량(m³/일)

$$= 3E-05 \times \text{면적}^2(\text{m}^2) + 0.0836 \times \text{면적}(\text{m}^2) + 15.631$$

- 상관계수(R) 0.826, 결정계수(R²) 0.683



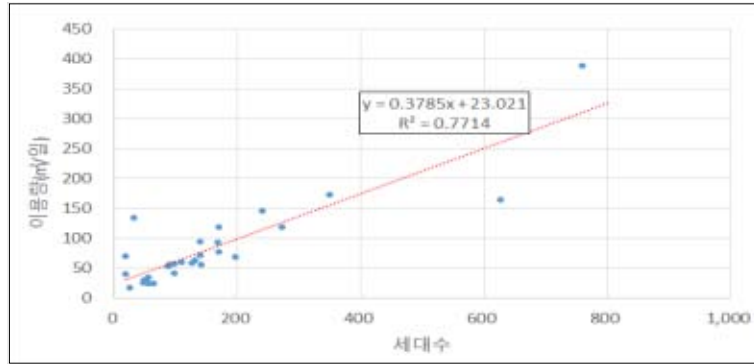
[그림 11] 개인서비스업 영업장 면적과 이용량의 관계

4. 주거시설

공동주택·빌라 등의 주거시설도 세대수라는 확실한 변수가 있어 세대수와 지하수 이용량을 이용하여 분석하였다.

주거시설의 세대수와 이용량의 상관관계는 [그림 12]에 나타낸 바와 같이 1차식 R^2 0.771로 나타나고 있어 1차식인 선형함수를 적용하는 것이 가능하다.

- ∴ 주거시설 적정 지하수 허가량 추정식
- 지하수 허가량($m^3/일$)
 - = $0.3785 \times \text{세대수} + 23.021$
 - 상관계수(R) 0.878, 결정계수(R^2) : 0.771



[그림 12] 주거시설 세대수와 지하수 이용량의 관계

V. 결론 및 제언

2013~2016년 동안 지하수 허가량 대비 실 이용량을 분석한 결과를 보면, 상수도용 지하수인 경우 허가량이 456천m³/일인데 반해, 이용량이 309천m³/일로 67.8%의 이용률을 나타내고 있으며, 월별 이용특성을 보면, 2013년 가뭄 시에는 허가량에 근접하는 가동률을 보이고 있다.

지하수 개발·이용 시설이 가장 많은 농업용(축산·어업용 제외)인 경우에는 허가량이 904천m³/일인데 비해 이용량은 200천m³/일로 22.1%로 나타나 실 이용량은 많지 않았으나, 8~9월에 이용량이 급증하고 있는데, 이 시기는 제주도에서 가뭄이 발생하는 시기와 일치하고 있어 지하수 과다 및 집중 취수로 인해 서부 일부 해안지역에서 수위하강, 해수침투 등의 발생하고 있다.

따라서, 가뭄 시 안정적인 농업용수 공급과 해수침투 등을 예방하기 위해서는 지하수 이용량을 감소시키기 위해서는 박원배, 강봉래, 김민철, 신윤경(2018)이 연구에서 제시한 시설하우스에 내린 빗물을

이용한 대형 빗물 이용시설을 설치하고, 대형 빗물이용시설을 농업 용수 공급관로를 연결하여 공급하는 용수공급체계 개선이 필요하다.

지하수 적적 허가량을 산정하기 위해, 2013~2016년까지 4년간 지하수 실 이용량을 분석하여 골프장용, 숙박업용, 목욕장 등 개인서비스업용, 주거시설용 지하수 개발이용허가 및 유효기간 연장허가 시 실무에 활용할 수 있을 수준의 추정식을 산정하였다.

1. 골프장 : $R^2 = 0.738$
 - 지하수 허가량($m^3/일$)
 - = 총 용수 이용량($m^3/일$) - 기타 용수량($m^3/일$)
 - 골프장 총 용수 이용량($m^3/일$)
 - = $0.0123 \times \text{골프장면적}(m^2)^{1.2225}$
 - 기타 용수량($m^3/일$)
 - = 빗물 이용량($m^3/일$) + 하수처리수 재이용수량($m^3/일$)
2. 숙박업 : $R^2 = 0.831$
 - 지하수허가량($m^3/일$) = $1.1634 \times \text{객실수} - 23.682$
3. 개인서비스업 : $R^2 = 0.683$
 - 지하수 허가량($m^3/일$)
 - = $3E-05 \times \text{면적}^2(m^2) + 0.0836 \times \text{면적}(m^2) + 15.631$
4. 주거시설 : $R^2 = 0.7714$
 - 지하수허가량($m^3/일$) = $0.3785 \times \text{세대수} + 23.021$

특히, 본 연구에서 개발된 지하수 허가량 추정식은 사실 지하수를 대상으로 이루어졌으며 공공 지하수인 경우에는 허가량 대비 이용량 비율이 높아 허가량 추정식을 산정하지 않았다.

상수도용 지하수와 농업용 지하수인 경우에는 가뭄이 발생할 경우 이용률이 허가량에 근접하게 가동하고 있는 것으로 분석되었다. 따라서 향후 가뭄 등 수자원 환경 변화에 대비하기 위해서는 상수도와 농업용수 공급시설에 대한 전반적인 검토를 수행하여 상수도와 농업용수를 통합하여 운영하는 수자원 통합관리 체계로 전환하는 것이

필요하다고 사료된다.

지하수 이용량이 허가량의 30% 미만인 시설 중에 식품접객업 등 지하수가 꼭 필요로 하지 않은 시설에 대해 원상복구를 유도하는 것도 필요하다. 다만, 이러한 정책을 추진하기 위해서는 지하수를 원상복구하면 일정 기간 동안 상수도 요금을 감면시켜 주는 인센티브 제도를 도입할 필요가 있다.

또한, 지하수 원수대금 부과체계를 개선하여 상수도 이용이 더 경제적으로 이익이 될 수 있도록 기본요금을 인상하는 방안도 함께 고려할 필요가 있다. 현재 지하수 개발·이용자가 부담하도록 되어 있는 원상복구 비용을 제주도가 지원할 수 있도록 제도개선을 통해 지하수 원상복구 비용 부담을 경감시킴으로서 적극적인 참여를 유도할 필요가 있다.

지하수를 비롯한 수자원은 주변 환경에 민감하게 반응하므로 이와 같은 변화를 사전에 모니터링 할 수 있도록 시스템 확대가 필요하다. 현재 지하수 이용량 모니터링은 주로 생활용수 위주로 되어 있고, 농업용 지하수인 경우 원격검침 시스템 구축이 아직 미흡하기 때문에 정확한 이용량 파악이 어려운 실정이다. 따라서 지하수 이용량 모니터링뿐만 아니라 수자원 모니터링 시스템 구축을 확대하고 통합 관리 하는 것이 바람직하다.

참고문헌

- 김기표, 김수정, 강봉래, 문덕철, 김봉석, 2009, 「지하수 취수 허가량 산정 기법」, 『환경자원연구원보』 20, 131-159.
- 박원배, 양성기, 김봉석, 문덕철, 2011, 「골프장 관개용수 원단위 산정에 관한 연구」, 『한국환경과학회지』 20(6), 775-782.
- 박원배, 강봉래, 김민철, 신윤경, 2018, 『빗물이용시설 적정 규모산정 방안 연구』, 제주연구원, 57-58.
- 박원배, 강봉래, 박윤석, 2018, 『지하수자원특별관리구역 확대지정에 따른 기초조사』, 제주연구원, 11-12, 25-29.
- 박원배, 강봉래, 김민철, 김기표, 박윤석, 2018, 「제주지역 지하수 적정허가량의 합리적 산정방안」, 『한국환경과학회 정기학술대회 발표논문집』, 27, 117.
- 제주도, 1999, 『제주의 물, 용천수』, 20-41.
- _____, 2003, 『제주도 수문지질 및 지하수자원종합조사(Ⅲ)』, 한국수자원공사, 150-151.
- 제주특별자치도, 2013, 『도정백서』, 1022-1023.
- _____, 2013, 『제주특별자치도 수자원관리종합계획』, 한국수자원공사, 95-102.

Abstract

A Study to examine effective methods of proper groundwater permission quotas in Jeju

Park, Won-Bae* · Kang, Bong-Rae**

Jeju has introduced a groundwater-intake permit system since 2007 in order to systematically manage the groundwater permission volume. As the end of the December 2016, the admitted groundwater permits amounted to 1,563 thousand m³/day, which reached 88% of Jeju's total sustainable use of 1,768 m³/day. However, until recently, the estimation of proper groundwater permission was calculated according to situations such as the amount of sewage sludge generated at the development site or area. There are 2-3 times the difference in each place of business.

In this study, we analyzed the groundwater usage data over 4 years from 2013 to 2016, to estimate proper groundwater permission volume in four major industries with the largest amount of groundwater use, golf courses, lodging industries, personal service industries and residential facilities.

As a result, in this study, we have developed an equation for estimating the permissible volume of groundwater for golf

* Jeju Research Institute

** Jeju Research Institute

courses, residential facilities, individual service industries such as bathrooms and lodging businesses. This equation can be used in granting permission for groundwater development, use, and extension.

However, groundwater wells for public-waterworks and agriculture- are analyzed to operate more than 90% of the allowed amount when drought occurs. If a drought continues more than 3 months, it is expected that there will be a problem in the supply of water. Therefore, improvement of the water supply system should be made first.

Keywords : groundwater permission volume, sustainable use of groundwater, proper groundwater permission volume

교신 : 박원배 63147 제주특별자치도 제주시 아연로 253,
제주연구원 환경도시연구부
(E-mail : gwaterpark@jri.re.kr)

논문투고일 : 2019. 01. 14

심사완료일 : 2019. 01. 25

게재확정일 : 2019. 01. 28