

## 제주도 중산간지대 지하수의 수리특성

진 기 옥\* · 양 성 기

\*제주시청 건설과, 제주대학교 해양토목공학과

### Studies on Hydraulic Characteristics of Groundwater in Middle Area of Halla Mountain in Jeju Island

Ki-Ok Chin\* and Sung-Kee Yang

\*Construction Affairs, Jeju City, Jeju-Do, 690-701, Korea

Department of Ocean Civil Engineering, Cheju National University, Jeju-Do, 690-756, Korea

As the quality of life and tourism have improved, various facilities have been established on hillsides which have excellent views and consequently development of groundwater has been promoted. At present the number of developed groundwater wells the in Jeju island is around 5,100 and 245 of them are located in the mountainous area whose altitude varies from 200 m to 600 m.

Since the development and usage of groundwater on hillsides have started activated, the detailed investigation of groundwater characteristics, such as the distribution of geologic stratum, understanding of hydraulic properties, the content and the amount of gainable groundwater, has been investigated required. In this study, the hydraulic characteristics are examined through the evaluation of drawdown and transmissibility based on the distributive type of geologic stratum in the mountains.

Classes of 201 ~ 300 m, 301 ~ 400 m, 401 ~ 500 m and 501 ~ 600 m show transmissivities of 183.5 m<sup>2</sup>/d, 41.11 m<sup>2</sup>/d, 631.02 m<sup>2</sup>/d and 1,162.65 m<sup>2</sup>/d respectively, which means that transmissivity increases as elevation grows. Their average value is 292.19 m<sup>2</sup>/d, higher than 201.8 m<sup>2</sup>/d that is estimated from data of 279 wells which have developed in lowlands until 1998.

**Key words** : hydraulic characteristics, groundwater well, geologic stratum, transmissivity, hydraulic properties

### 서 론

지하수는 수량과 수질면에서 지표수보다 대체로 안정성을 지니고 있기 때문에 세계 각국들은 오래 전 부터 음용수 및 농공용수 등으로 널리 이용되고 있는 귀중한 수자원이다.

제주도는 절해고도로서 수자원의 90%이상을 지하

수에 의존하고 있어 5,100여 개에 달하는 관용관정 및 사설관정이 개발되어 있다. 제주도의 강우량이 전국 평균 1.5배에 달하는 연평균 1,872 mm를 보이며 이 많은 강우량은 신생화산도의 특징으로 인해 매우 양호한 투수성을 보여 다량의 지하수체를 확보할 수 있는 수문지질학적 특성을 가지고 있다.

1970년대부터 개발되기 시작한 지하수 관정이 최

근에는 무분별하게 이루어져 온 결과 지하수자원의 보전과 관리가 현안문제로 대두되고 있는 실정이다. 또한 수년 전부터는 지하수의 수량확보 보다는 양호한 수질확보를 위해 오염방지를 위한 그라우팅 문제에 중점을 두기 시작하였으며, 과잉채수로 인한 지하수 수자원의 이용 및 관리방안이 강구되고 있다. 그리고 취락구조 및 상가가 형성되어 있는 저지대 및 해안지대에는 과잉개발 및 오염방지를 포함한 지하수 관리의 필요성을 인식하기 시작하여 지하수자원의 공개념이 도입되고 있는 실정이다.

1990년대에 들어서면서부터 제주도 지하수에 대한 많은 연구조사가 이루어졌다. 이들 연구들은 주로 저지대에 국한한 지하수의 부존형태와 수위변동, 지하수자원의 개발가능량, 화산도서의 지하수 유동, 해안대수층에서의 담·염수 경계 및 염수 침입 등에 관한 것이었다(최, 1998 ; 고, 1993 ; 박, 1993 ; 한, 1998).

그러나 이제부터는 중산간지대 이상의 지하수개발에도 관심을 가져야 할 것이다. 주택가 및 상가는 형성되지 않더라도 대규모 관광단지 및 골프장 등이 조성되면서 300 m 이상의 지대에도 개발과 함께 지하수 개발이 급증하고 있는 추세이다. 1970년대에서부터 지하수관정 개발이 시작되었음에도 불구하고 1990년대에 와서야 체계적인 관리를 하므로서 많은 문제점들이 노출되는 것처럼 중산간지대의 개발에 대한 규제 및 관리가 개발 이전에 선행되어야 할 필요성이 절실히 요구되고 있다(변 등, 1999). 종전에는 고지대 개발에 따른 비유부담, 수량부족 및 오염원 유도 등의 문제가 우려되어 저지대 개발만 활발하게 이뤄졌으나, 골프장 및 대규모 관광지구가 고지대에 계획·조성되어 지면서 지하수개발 또한 불가피한 실정이다.

이런 실정에도 불구하고 중산간지대의 지하수 개발에 대한 방안 및 연구자료는 현재 미비한 상태이며, 기 연구·발표된 논문들 또한 제주도 저지대 지하수를 동-서-남-북으로 구분시키면서 지역별 특성을 검토한 것은 많으나 중산간지대에 대한 자료는 불충분한 것이 사실이다. 제주도 내에 개발되어 있는 지하수관정은 총 5,100여 공이며, 이들 중 해발 200~600 m 구간의 중산간지대에 분포되는 공은 245공에 달하고 있다. 제주도(1997)에서는 제주도 지하수와 관련하여 부존현황, 산출특성, 용천수현황, 오염원조사 등의

내용을 다루면서 대부분 200 m 이하의 저지대를 중심으로 연구·조사대상으로 하고 있다. 이는 1995년 말까지 개발된 관정을 대상으로 하고 있으며, 200 m 이상의 중산간지대에 개발되어 있는 관정은 20여 개에 불과하여 자료가 한정적이므로 종합검토 할 만한 대상물이 없었다는 것을 의미하고 있다. 또한 이들 관정 대부분도 주로 300 m 이하의 지대에 해당되므로 표고 200~600 m의 중산간지대를 대표하여 해석하는데는 많은 무리가 따른다. 그러나, 중산간지대에 대규모 골프장시설사업 및 관광지구 개발사업 활성화에 따라 1999년까지 표고 200 m 이상에 개발된 관정은 245 개이고, 그 중 300 m 이상에는 80개의 관정이 개발되어있다. 이 연구에서는 중산간지대의 지하수개발이 급증하고 있음에 따라 현재 개발·이용되고 있는 중산간지대(표고 201 m~600 m 지대)의 지하수 개발자료와 양수 시험자료 및 투수량계수 등으로부터 제주도 중산간지대 지하수의 수리적 특성을 파악코져 한다.

## 자료 및 연구방법

이 연구에서는 1999년 말까지 제주도에서 개발된 5100여 개의 관정 자료 중 표고 200 m 이상의 중산간지대에 분포하는 245개 공의 자료를 이용하여 이 지대 지하수의 개발현황과 수리특성을 파악하였다. 이들 관정 중 1970년대부터 개발이 시작된 지하수공들에 대하여는 직접적으로 이용하기 어려우므로 자료의 신뢰성을 높이기 위하여 주로 농어촌진흥공사(현 농업기반공사)에서 개발한 관용관정을 대상으로 하였으며, 표고 301~400 m, 401~500 m, 501~600 m 지대에서는 농업용수·공업용수 축산용수 등을 목적으로 개발된 관용관정이 각각 10개 미만(501~600 m 지대는 없음)으로 극소수에 불과하여 관광사업 시행에 따라 생활용수로 개발된 사설관정의 자료를 참조하여 양수 시험 자료 등을 취합하여 분석·검토하였다.

200 m 이하의 저지대 및 해안지대에서는 기저퇴적층의 분포 및 염수침입 정도, 수위변동 특성에 따라 동서남북 방향으로 구분한 수계별로 차이를 보이고 있으나, 중산간지대에서는 상위지하수체로서 수계별 또는 지역별에 의한 구분보다는 소화산체(제주의 오

제주도 중산간지대 지하수의 수리특성

름) 형성에 의해 각각 개별적으로 분포된 지층특성 및 대수층·저투수층의 연계 또는 지하수함양에 양호한 지질특성 등이 중요한 요인으로 작용하므로 표고별로 투수량계수를 산정하여 중산간지대의 수리특성을 검토하였다.

지하수의 투수량계수를 산정하는 방법은 Geraghty & Miller사에서 개발하여 범용되고 있는 AQTESOLV를 이용하였다. AQTESOLV 프로그램에 입력되는 인자는 양수정의 대수층 두께(b)·케이싱반경( $r_c$ )·정호반경( $r_w$ )·양수량(Q) 그리고 양수정에서 관측공까지의 거리(r)·시간경과에 따른 관측공의 수위강하 등이며, 이를 사용하여 투수량계수 K값을 산정한다.

기본원리는 양수정에서 Pumping시 일정한 거리에 떨어져 있는 관측공에 나타나는 수위강하를 이용하는 것이다. 단지 개발공의 수리특성을 관측할 목적으로 또 다른 관측공을 굴착하는 것은 현실적으로 어려움이 있고, 기 개발된 공을 관측공으로 이용 시, 개

발공과의 거리차 및 공에 따라 형성된 대수층이 동일하지 않는 등의 이유로 오차가 크게 발생할 우려가 있다. 따라서, 이 조사에서는 관측공이 양수정과 접해 있다고 가정하고, 양수정의 양수자료(시간경과-수위강하)를 관측공에 나타난 것으로 하여 양수정에서 관측공까지 거리를 1m로 가정한다. 이를 전산프로그램에 적용시켜 투수량계수를 구하였으며, 실제적으로 현재 제주도 내에 개발된 공에 대한 투수량계수의 산출·이용은 이와 동일한 방법으로 이뤄지고 있다.

결과 및 고찰

저지대 지하수의 수리특성

중산간지대 지하수의 특성을 비교 검토하기 위하여 저지대(표고 200m 이하)에 개발된 지하수공의 수

Table 1. Analysis result of hydrologic parameters by area(1993~1995)

	Altitude (m)	Depth of well(m)	Data	Pumping rate( $m^3/d$ )	Hydrologic coefficient			
					SPC	T	S	K
Eastern area	0~50	-30	1	800	880	4.010	-	182.0
	50~100	-10~-30	14	813	955	2.010	0.0006	81.4
	100~150	-10~-40	10	860	337	456	0.1	24.3
	150~200	-5~-20	1	800	989	131	-	2.8
	200 >	-35	1	600	235	162	-	2.5
Western area	0~50	-20~-80	12	890	955	1.760	0.1	54.5
	50~100	-20~-25	4	900	615	1.150	0.000005	36.0
	100~150	-50~-80	2	600	49.5	141	0.02	1.6
	150~200	20~-25	2	700	61.5	156	0.0004	3.8
	200 >	-10	1	600	23.8	5.430	-	64.6
Southern area	0~50	-50	1	700	80.6	151	-	2.6
	50~100	-55	1	500	70.3	232	-	3.7
	100~150	-10~-55	6	800	738	1,540	0.0002	24.7
	150~200	10~-20	6	780	126	320	0.01	5.7
	200 >	50~-30	7	670	64.3	101	0.01	4.4
Northern area	0~50	-35	1	800	960	2,360	-	50.1
	50~100	20~-40	2	900	560	442	0.1	12.9
	100~150	-20	1	1,000	185	552	-	13.6
	150~200	-20~-30	3	740	96.3	189	0.000001	3.8
	200 >	5~-40	12	785	176	372	0.01	5.6

리특성을 파악해야 하며, 제주도에서 실시한 중산간 지역 종합조사서(1997)에 의하면 Table 1과 같이 지역별로 수리특성을 분석하였다.

분석자료에 의하면 동·서·남·북 지역으로 구분하여 각 지역별로 0~50 m, 50~100 m, 100~150 m, 150~200 m, 200 m 이상으로 세분하여 검토되었으며, 그 결과 저지대의 각 공에서 취수되는 양의 범위는 500~1,000 m<sup>3</sup>/일이고, 평균 공당 채수량은 800 m<sup>3</sup>/일로 산정되었다. 투수량계수(T)는 최소 101 m<sup>3</sup>/일 ~ 최대 5,430 m<sup>3</sup>/일로 매우 다양하게 나타나며, 표고가 높을수록 다소 감소하는 경향을 보인다. 본 분석결과도표에 포함된 것 중 중산간지대에 해당되는 표고 200 m 이상의 자료는 총 21개 공에 불과하여 자료수가 적을 뿐만 아니라, 이 들은 대부분 300 m 이하에 개발된 것으로 표고 200~600 m에 해당되는 중산간지대의 대표값으로 적용시키는 데는 다소 무리가 따를 것으로 판단된다.

중산간지대의 개발이 저조하였던 1995년까지의 200 m 이상의 한정적인 자료에 대해서도 대수성시험의 전문해석프로그램인 AQTESOLV(Gerraghty and Miller Inc. 1995)를 이용하여 산정한 결과 투수량계수는 100~400 m<sup>3</sup>/일로서 저지대에 비해 절반 이하의 저조한 값을 나타내고 있었다.

Table 1에 나타난 자료는 각 지역에 따라 표고별로 세분한 것에 반하여, Table 2는 제주도(2000)가 저지대의 지하수 특성을 동·서·남·북 지역을 수역별로 세분하여 나타난 것이다. 또한 대수층의 수리상수를 분석하기 위하여 표고 200 m 이하의 지대에 분포한 279공을 대상으로 조사한 기존의 결과보다 양적으로 훨씬 많은 자료를 이용한 것은 자료의 신뢰성을 높여 줄 수 있다. 여기에 279공을 분석하여 산출한 지역별 수역별 수리상수(제주도, 2000)는 Table 2에 나타냈다.

Table 2. Distribution of average hydrologic parameters by area and waters

Area	Water area	Data	Specific capacity(m <sup>3</sup> /d)	Transmissivity (m <sup>3</sup> /d)	Storativity
Eastern area	Jochun	22	162.5	92.6	0.099
	Gugwa	12	706.8	465.7	0.101
	Sungsan	14	682.1	551.9	0.120
	Pyosun	19	465.8	331.2	0.149
	Namwon	22	376.3	247.1	0.100
	Mean	89	435.2	304.3	0.113
Western area	Daejung	31	99.1	60.1	0.138
	Hangyung	33	116.4	70.3	0.094
	Hanrim	37	316.0	202.2	0.121
	Mean	101	184.2	115.5	0.117
Southern area	Dongseogwui	15	152.2	97.3	0.086
	Junseogwui	11	65.4	39.0	0.047
	Seoseogwui	8	103.5	64.5	0.127
	Anduck	6	38.6	24.9	0.080
	Mean	40	101.6	63.8	0.083
Northern area	Aewol	29	689.7	480.2	0.114
	Dongjeju	10	306.0	193.8	0.131
	Junjeju	6	83.7	50.9	0.147
	Seojeju	4	83.7	55.4	0.078
	Mean	49	488.2	334.5	0.119
Total	Mean	279	306.0	201.8	0.115

표고별 지하수의 동수위 변동

중산간지대에 개발된 지하수관정 245개 중 135개의 관정을 대상으로 표고에 따라 동수위변화(수위강하: 자연수위-안정수위)를 검토하였으며, 표고별 안정수위의 형성 높이와 공별 수위강하의 변화그래프를 Fig. 1과 Fig. 2에 각각 나타내었다.

수위강하는 양수량에 비해하고 대수층의 투수량계수와 저유계수에 반비례한다. 즉, 투수량계수나 저유계수가 적은 대수층일수록 수위강하가 많이 일어난다. 일반적으로 저지대에 비해 중산간지대는 저투수층위에 떠있는 부유지하수체로 채수 시 수위강하량이 매우 크며, 표고가 높아짐에 따라 비례적으로 자연수위와 안정수위와의 변화폭이 클 것으로 예상되어

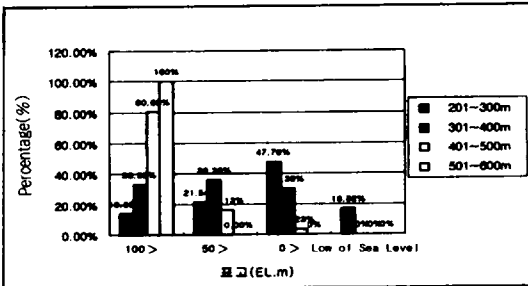


Fig. 1. Pattern of stable groundwater level for altitude.

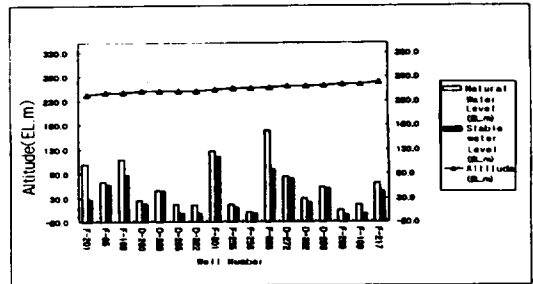


Fig. 2c. Variation of groundwater level in pumping for level 200~300 m(III).

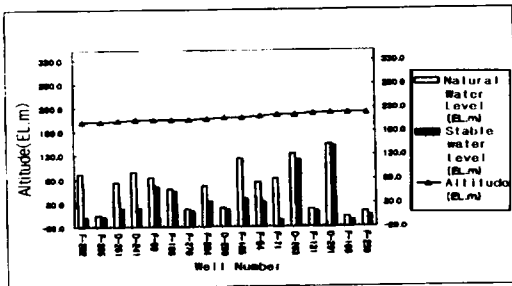


Fig. 2a. Variation of groundwater level in pumping for level 200~300 m(I).

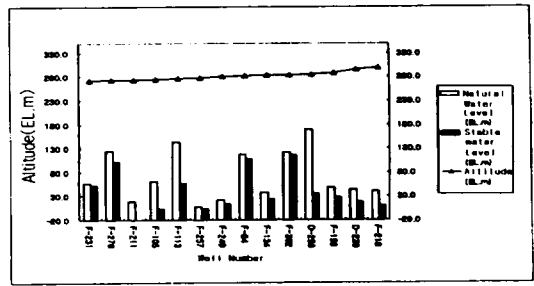


Fig. 2d. Variation of groundwater level in pumping for level 200~300 m(IV).

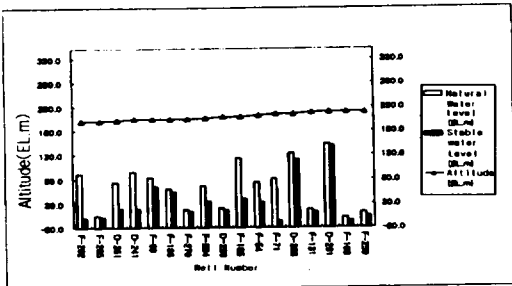


Fig. 2b. Variation of groundwater level in pumping for level 200~300 m(II).

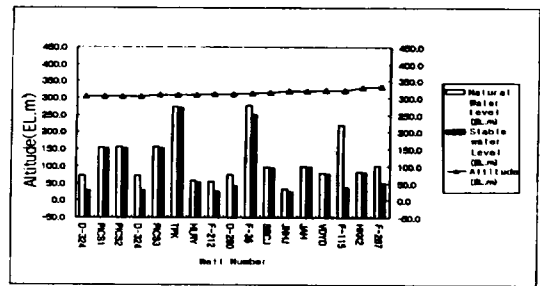


Fig. 2e. Variation of groundwater level in pumping for level 300~400 m(I).

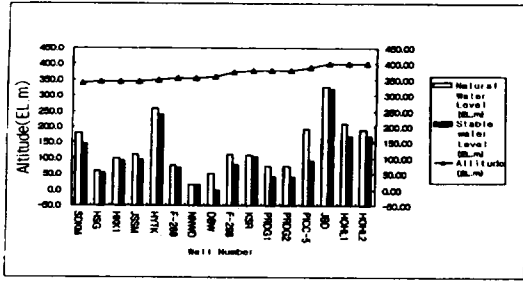


Fig. 2f. Variation of groundwater level in pumping for level 300~400 m (II).

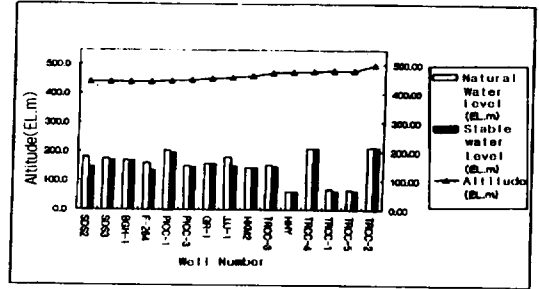


Fig. 2h. Variation of groundwater level in pumping for level 400~500 m (II).

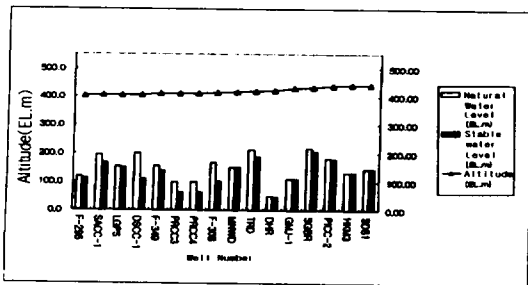


Fig. 2g. Variation of groundwater level in pumping for level 400~500 m (I).

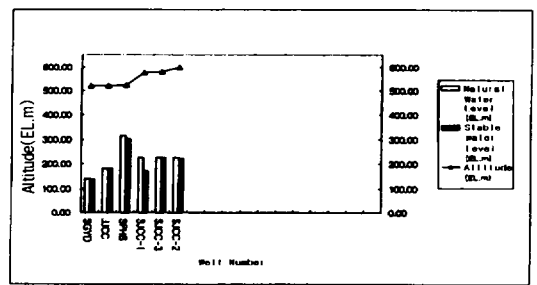


Fig. 2i. Variation of groundwater level in pumping for level 500~600 m (I).

지나 검토되어진 결과에 의하면 다소 상이한 양상을 보인다. 전체적으로 보면 자연수위 및 안정수위의 절대적 심도는 고지대로 갈수록 큰 폭으로 깊어지나, 채수 시 수위강하량은 중산간지대 각 구간에 따라 각각 25.8 m, 24.63 m, 13.8 m, 12.5 m의 값으로 감소하는 경향을 나타낸다. 이는 저지하수에 비해서 상위지하수체가 수위강하량이 크지만, 중산간지대의 상위지하수체에서 표고와 수위강하량은 비례하지 않음을 뜻한다. 즉, 고지대에서 함양된 지하수가 저지대로 이동되더라도 고지대에서 또한 화산퇴적층에 의해 단속적으로 형성된 지하수체 규모가 채수가능한 안정적인 형태를 하고 있다는 것이며, 양수량에 따라 그만큼의 지하수 공급이 원활히 이뤄지고 있다는 것을 나타내고 이는 곧 함양량의 높음을 보여준다고 할 수 있다.

수위강하량은 대수층 능력 외에 양수량에 따라 차이가 있으며, 본 연구에 참조된 자료는 각 개발공마다 양수량이 다르므로 수위강하량의 절대값만으로 지

하수공의 양수능력을 판단할 수 없으며, 이는 투수량 계수를 산정함으로써 검토되어질 수 있다. 개발공에 따른 상대적인 수위변화량 외에 해수면을 기준으로 한 절대적 안정수위의 측면에서 검토하면 Table 3에 나타나는 것처럼 대부분 해수면기준 50 m 상부에 안정수위가 형성됨을 알 수 있다. 201~300 m 구간의 경우 EL.0~50 m 구간이 총 65공 중 31공으로 가장 많고, 301~400 m 구간은 EL.50~100 m에 형성되는 것이 가장 많이 나타나나 그 차이는 소소한 것으로 EL.0~100 m 이상에 고루 분포되고 있다. 401~500 m 및 500~600 m 구간은 안정수위가 대부분 EL.100 m 이상에 형성되고 있음이 확인되며 그 비율은 Fig. 1에 나타내었다. 또한, 안정수위가 해수면이하로 내려가는 것은 201~300 m 구간에 11공으로 적용구간의 13.85%에 해당되며, 그 이상의 고지대(301~600 m)에서는 확인되지 않는다. 이는 고지대로 갈수록 상위지하수체에 형성된 자연수위가 높다는 것과, 자연수위에서 양수시 수위강하량이 고지대로 갈수록 크게 나

타나지 않는 것을 나타낸다.

Table 3. The drawdown and stable groundwater level by altitude

		201~ 300 m	301~ 400 m	401~ 500 m	501~ 600 m
Number of well		65	33	31	6
Mean variation of groundwater level (m)		25.8	24.63	13.8	12.5
Stable level (EL.m)	100 >	9	11	25	6
	50 >	14	12	5	-
	0 >	31	10	1	-
	Lower of sea level	11	-	-	-

지하수의 투수량계수 산정

양수시 측정되는 수위강하량은 양수량에 따라 크게 좌우된다. 따라서, 양수시험결과 측정된 수위강하의 절대값으로 개발공의 수리특성을 단정짓기 어려우며, 이에 따라 양수량·수위강하량·대수층 두께 등을 주요 인자로 하는 투수량계수의 산출이 필요하다.

1. 수리상수

일반적으로 대수층의 산출특성과 수리특성을 나타내는 수리상수는 저류계수(storativity : S), 투수량계수(transmissivity : T), 수리전도도(hydraulic conductivity : K), 비양수량(specific capacity : SPC) 등으로 정량화하고 있다.

전형적인 투수계수의 크기는 최대  $10^{+2}$  cm/sec, 최소  $10^{-8}$  cm/sec로 그 변화폭이 매우 크다.

대수층의 투수성은 투수계수(k)와 투수층 두께(D)에 비례하므로 그 곱(k·D)을 투수량계수(T)로 나타내며 투수성의 척도로 하는 것이 합리적이다. 이에 따라 여러가지 수리상수 중에 투수량계수에 대해 중점적으로 검토되어졌다.

투수량계수는 '단위수두구배(unit hydraulic gradient)에서 단위 면적당 단위 시간에 투과되는 물의 양'으로 정의(지질학사전, 양승영)되며, 이들 수리상수를 구하는 방법으로는 개발공에서 양수시험을 실시하여 경과시간에 따른 수위강하를 측정된 결과를 바탕으로 하였다.

2. 적용인자

개발관정 중 투수량계수를 직접 산출하여 검토된 공은 총 102개로 본 연구논문에 수록하기에는 분량이 너무 많아 각 표고에 따른 구간별로 최대·최소값 및 평균값에 해당되는 것에 한하여 다음 Fig. 3에 나타내었다. 투수량계수 산출 시, 양수시험시간은 대부분 720분으로 통일시켜 조건을 동일 시 하여 절대값을 비교하였고, 입력자료는 본 조사를 위하여 실질적으로 양수시험을 실시한 것이 아니라 지하수개발보고서 및 이용허가 시 제출된 시험자료를 그대로 적용시켰다. 이들 중 대수층두께는 정확하게 판단하기 어려워 제주도내 지하수공의 투수량계수 산정 시 일반적으로 적용되는 동일한 방법인 지하수위 하부구간으로 정하였고, 굴착공경이 대부분 200 m, 250 m, 300 m로 상부는 다소 크게 하부구간은 구경을 축소시켜 개발되어 지므로 본 프로그램에서는 정호반경(rw)을 최소치인 0.1m를 적용시켰으며 동일 조건에서 반경 0.05 m 차이에 따라 투수량계수는 1 m<sup>3</sup>/d 이내의 값밖에 차이를 나타내지 않으므로 대부분 최소값을 그대로 적용시켰다. 이런 방법으로 하여 산출되어진 중산간지대 개발관정의 표고별 투수량계수 평균값은 Table 4와 같고, 각 공별 투수량계수값은 Table 6에 나타내었다.

Table 4. Transmissivity of wells in middle area of Halla Mt.

	201~ 300 m	301~ 400 m	401~ 500 m	501~ 600 m
Well number	65	10	23	4
Mean Transmissivity (m <sup>3</sup> /d)	216.06	154.29	791.10	1.55.83

표고 501~600 m의 경우는 SJCC3(서제주 C.C 3

호공)이 3,883.9 m<sup>3</sup>/d로 아주 급격히 높은 값을 갖는데 따른 과대값으로 판단되며 최대·최소값을 제외한 값의 평균값에 따라 재검토하면 각 구간별로는 183.5 m<sup>3</sup>/d, 41.11 m<sup>3</sup>/d, 631.02 m<sup>3</sup>/d, 1,162.65 m<sup>3</sup>/d, 평균값은 292.19 m<sup>3</sup>/d로 이는 98년까지 개발된 저지대의 지하수관정 279공을 대상으로 산정한 평균값 201.8 m<sup>3</sup>/d (2000. 제주도 지하수 보전·관리계획 보고서)보다 높은 수치이다.

산정된 투수량계수를 표고별 외에 지역별로 검토할 필요가 있으나 15개의 수역별로 구분시켜 검토하기에는 각 수역별 대상공이 소수에 불과하여 시·군별로 구분하면 다음의 Table 5와 같다.

총 102공을 대상으로 검토한 결과, 지역별로는 큰 차이를 보이지 않는다. 북제주군·제주시가 높고, 남제주군·서귀포시가 낮게 나타나, 제주도를 북부·남부로 나누었을 때, 북부권역이 대체로 높은 투수량계

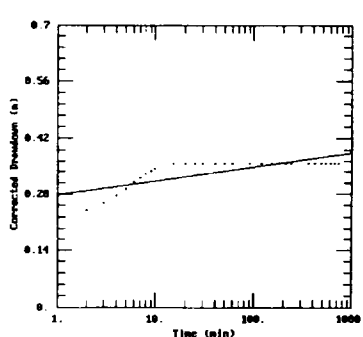
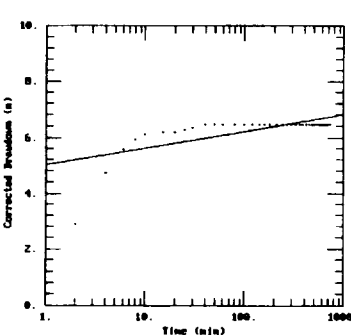
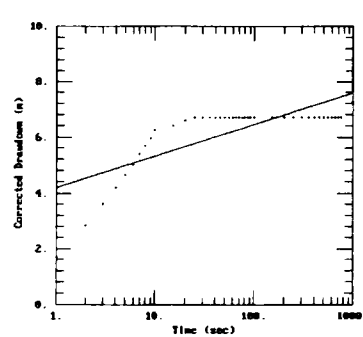
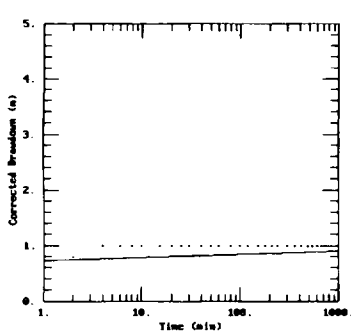
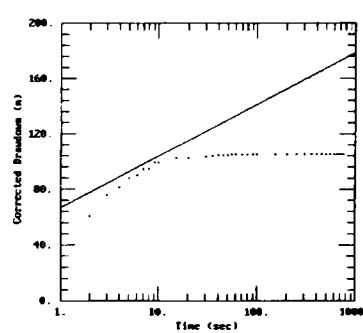
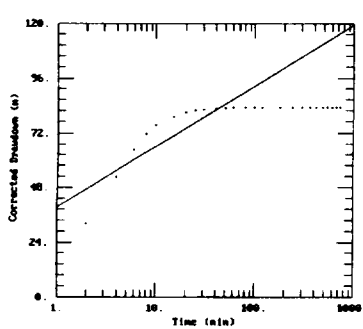


Fig. 3a. Map of transmissivity calculation at elevation 200~300 m.  
(upper: Min., middle: Max., lower: Ave.)

Fig. 3b. Map of transmissivity calculation at elevation 300~400 m.  
(upper: Min., middle: Max., lower: Ave.)



제주도 중산간지대 지하수의 수리특성

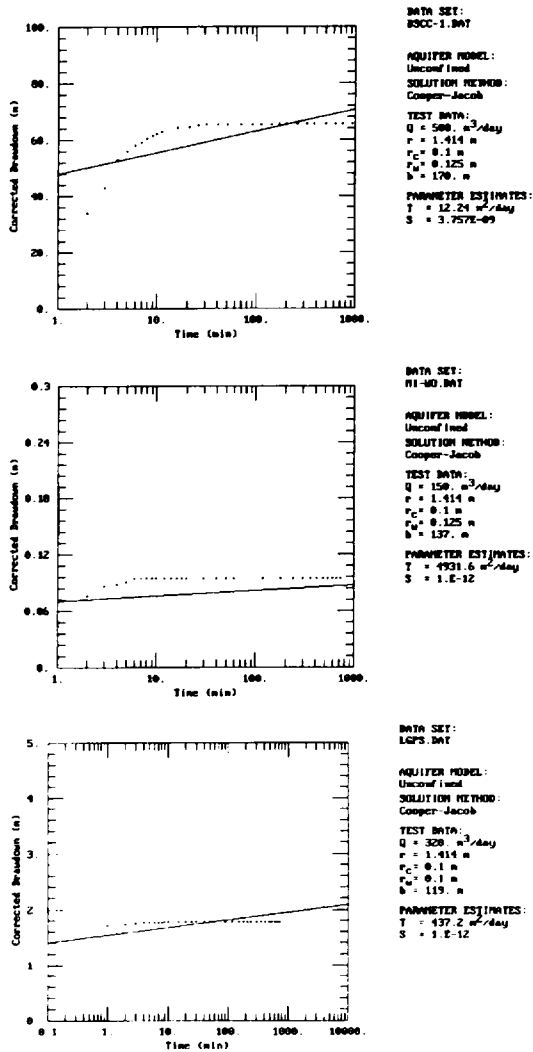


Fig. 3c. Map of transmissivity calculation at elevation 400~500 m. (upper: Min., middle: Max., lower: Ave.)

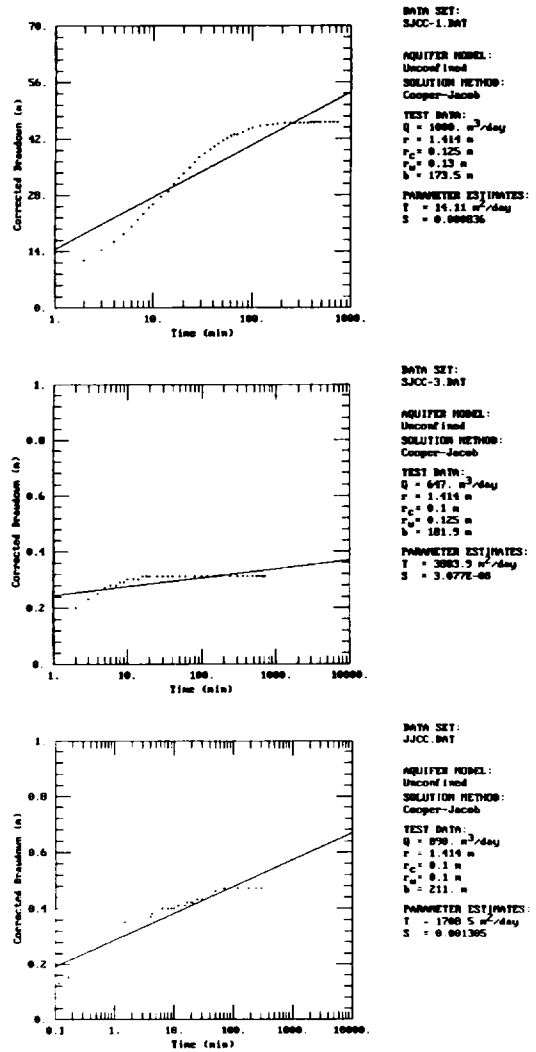


Fig. 3d. Map of transmissivity calculation at elevation 500~600 m. (upper: Min., middle: Max., lower: Ave.)

Table 5. Transmissivity by area in middle area of Halla Mt.

	Jeju city	Seogwipo city	Namjeju county	Bukjeju county
Well Number	23	23	10	46
Mean Transmissivity (m <sup>2</sup> /d)	448.71	262.19	129.05	494.88

수를 나타냄을 알 수 있다.

검토대상공이 다소 부족하긴하나 조사결과에 따르면 표고에 따른 비례-반비례식은 찾을 수 없다. 표고가 높아짐에 따라 단속적으로 형성된 상위지하수의 부유수체 규모가 작아지고 채수가 가능한 지하수량이 줄어들며 투수량계수가 감소할 것으로 예상되거나 오히려 400~600 m의 고지대로 갈수록 높은 값을 보여준다. 물론 501~600 m의 구간에서는 검토대상공

Table 6a. List of transmissivity calculation for wells in middle area of Halla Mt.(201~300 m)

Well	Position	Altitude (EL.m)	Depth (m)	Variation of water level(m)	Water head(m)	Pumping rate ( $\text{m}^3/\text{d}$ )	Transmissivity ( $\text{m}^2/\text{d}$ )
F-202	Changchun	201	230	90	120	700	18.66
F-265	Daeheul1	201	240	3	44	1,000	335.0
D-261	Jungsil4	202	240	55	112	1,000	20.72
D-241	Hawon	205	230	76	120	700	5.702
F-99	Seogwang	205	220	19	99	800	135.8
F-186	Sinrael-1	205	230	6	86	700	354.4
F-284	Sumang	206	220	33	81	600	53.83
F-54	Yongheung	210	230	41	91	700	55.66
D-299	Bongsung	210	240	4	51	900	485.5
D-263	Topyung	215	192	13	110	700	50.52
F-71	Waheul	215	250	63	116	600	15.61
D-291	Hoesu	220	240	33	172.5	500	49.95
D-249	Ara	235.9	250	6	77	1,000	417.1
D-250	Seo	285	290	135	175	600	4.132
D-254	Sunindong	230	285	37	53	700	24.58
D-260	Yonggang	250	270	7	45	700	215.4
D-265	Sangduckchun	230	270	3	66	600	218.5
F-66	Bonggae	237	265	10	55	800	175.0
D-272	Odeung	260	265	5	80	800	428.6
F-79	Hawon	237	185	10	38	700	131.8
D-285	Myungdoam	250	290	18	56	600	39.39
D-286	Wolpyung	262	260	2	50	800	1,640.3
D-288	Youngpyung	250	290	1	85	800	2,479.3
D-293	Yongheung	240	270	38	143	700	14.36
D-297	Gwangryung	233	240	15	43	600	117.2
D-302	Gumduck	260	280	10	50	900	109.6
F-84	Odeung	282	300	10	135	800	240.9
F-85	Haeon	247	290	5	105	700	419.3
F-86	Haechun	230	230	28	93	800	58.59
D-318	Odeung	231	268	45	123	800	43.72
D-319	Dongheung	235	243	94	162	600	8.489
D-322	Yusuam	250	260	18	25	700	147.6
F-152	Geumduck	235	250	22	33	600	53.12
F-153	Sogil	288	300	20	60	800	46.43
F-168	Daeheul1	220	230	6.5	11.5	700	210.6
F-185	Harae2	210	230	83	143	1,000	10.37
F-209	Eoeum2	265	292	10	32	700	198.5
F-211	Waheul	274	310	40	55	600	35.64
F-255	Eoeum2	255	294	6	55	800	90.03

제주도 중산간지대 지하수의 수리특성

Table 6a. Continued

Well	Position	Altitude (EL.m)	Depth (m)	Variation of water level(m)	Water head(m)	Pumping rate (m <sup>3</sup> /d)	Transmissivity (m <sup>2</sup> /d)
F-256	Napeub	230	232	3	48	1.200	207.4
F-108	Jungsil	247	270	31.6	131.6	700	29.25
F-201	Sangchang	242	265	72	122	600	9.365
F-217	Wolpyung1	269	292	17	74	600	51.72
F-218	wolpyung2	300	320	30	60	600	30.11
F-226	Hogeun3	226	254	47	205	500	28.79
F-231	Seohong	272	296	5	81	600	440.8
F-239	Guemak	240	250	17	57	900	73.44
F-249	Gwangrung2	280	310	9	52	500	122.3
F-257	Naeub1	278	291	4	20	800	232.7
F-258	Sigil	256	272	3	17	800	759.3
F-259	Yusuam	220	240	7	32	1.000	319.0
F-270	Sungæub2	205	230	3.5	42.5	700	472.9
F-276	Sinrael	273	280	24	132	600	24.13
F-301	Ora	253	272	11	145	800	102.5
F-302	Bangsun	284	300	6	138	838	76.92
F-303	Topyung2	226	230	2	202	820	573.0
F-304	Sangrae	224	240	2	147	1.052	705.1
F-306	Hawon2	257	232	79	143	734	29.82
F-329	Sungheul2	221	260	7.5	47.5	1.200	490.1
F-105	Haechun1	275	275	57.6	60.6	600	5.308
F-109	Yonggang	265	282	20	34	500	46.61
F-113	Seoho	276	290	88	158	600	21.8
F-131	Dongmyung	218	243	5	43	800	291.9
F-134	Geumak	283	310	15	65	800	117.0
D-230	Geumak	295	320	26	68	800	22.92

Table 6b. List of transmissivity calculation for wells in middle area of Halla Mt.(301~400 m)

Well	Position	Altitude (EL.m)	Depth (m)	Variation of water level(m)	Water head(m)	Pumping rate (m <sup>3</sup> /d)	Transmissivity (m <sup>2</sup> /d)
D-324	Songdang	305	320	44	89	800	29.31
F-115	Seohong	323	315	184	214	500	2.445
F-212	Wasan	311	310	30	75	600	78.36
F-267	Wasan	333	340	51	110	900	39.32
NNWD	Eoem	355	375	0.4	36.2	230	1.211.6
F-298	Yonggang	375	380	32	116	602	11.2
PICC-1	Sangchun	388	400	40.3	189	578	11.85
JSSM	Houchun	340	360	18	126.5	309	35.51
F-268	Sunheul2	355	360	7	82	600	97.83

Table 6c. List of transmissivity calculation for wells in middle area of Halla Mt.(401~500 m)

Well	Position	Altitude (EL.m)	Depth (m)	Variation of water level(m)	Water head (m)	Pumping rate (m <sup>3</sup> /d)	Transmissivity (m <sup>2</sup> /d)
SACC-1		404.0	415.0	25.8	204.4	550	36.37
DSCC-1		405.0	375.0	88.4	170	500	12.24
F-308	Jungmun2	412	400	66	156	600	58.18
MNWD		415.0	400	0.1	137	150	4.931.6
GMJ-1		430.0	450.0	0.5	131	500	2.802.3
SGBR		432.5	330.0	10.6	116.7	500	118.5
PICC-2		438.0	430.0	0.5	174.1	560	3.001.3
BGH-1		440.4	437.0	0.5	164.8	500	2.312.5
F-264	Daeheul2	442	330	23	48	500	58.37
PICC-1		443.0	430.0	6.4	188.2	560	214.5
PICC-3		447.0	400.0	2.9	103.4	550	226.6
PICC-4		457.0	426.0	26	162.2	515	19.66
GR-1		452.0	400.0	0.8	105.4	200	434.3
JJJ-1		454.9	403.0	28.5	127.0	500	18.59
TRCC-3		472.3	434.5	6.1	116.0	540	218.5
TRCC-4		475.6	415.0	1.1	150.8	550	1.288.7
TRCC-1		478.5	433.0	6.5	25.9	500	126.0
TRCC-5		479.5	480.0	3.6	69.5	547	374.9
TRCC-2		498.0	405	0.9	119.4	550	1.171.4
TRD		417.0	430.0	23.19	226	504	48.74
LGPS		404.0	370.0	1.8	119	320	437.2
F-349		409.0	360.0	17	107	850	26.68

Table 6d. List of transmissivity calculation for wells in middle area of Halla Mt.(501~600 m)

Well	Position	Altitude (EL.m)	Depth (m)	Variation of water level(m)	Water head (m)	Pumping rate (m <sup>3</sup> /d)	Transmissivity (m <sup>2</sup> /d)
JJCC	Youngpyung	520.0	550.0	0.5	211.0	890	1.708.5
SJCC-1	Bongsung	577.3	525.0	54.46	173.5	1,000	14.11
SJCC-3	Bongsung	579.2	535.0	0.28	181.9	647	3.883.9
SJCC-2	Bongsung	598.1	550.0	3.9	178.8	900	616.8

이 극소수인데다 특정공의 매우 높은 값에 의해 평균치가 높게 나타났으나, 이들 고지대에서도 투수량계수가 3,000 m<sup>3</sup>/d 이상으로 높게 산출됨을 주시할 필요가 있다. Fig. 3에서 보여지는 것처럼 투수량계수는 수위강하가 어느 정도 일어나느냐에 따라 그 값이 크

게 변화한다. 또한 수위강하가 급격하게 일어나더라도 채수량에 따라 즉시 지하수가 공급되어 안정수위 도달시간이 어느 정도 단축되느냐에 따라 투수량계수의 값이 높게 나타나고 있다.

## 요약

생활수준 향상 및 관광산업의 활성화에 따라, 입지가 좋은 중산간지대에 많은 시설물이 설치되고 있고, 이에 따른 지하수개발이 급증하고 있는 실정이다. 이렇듯 중산간지대의 지하수개발·이용이 활성화됨에 따라, 지층분포 및 수리특성 파악, 함양량, 채수가능량 등의 지하수 관련 특성에 관한 세밀한 검토가 필요한 실정이다. 이 연구에서는 1999년 말까지 제주도 내 중산간지대에 기 개발된 지하수관정 자료를 이용하여 중산간지대의 투수량계수를 산정하여 이지역의 수리특성을 파악하였다.

제주도 내에 개발되어 있는 지하수관정은 총 5,100여 공이며, 이들 중 해발 200~600 m 구간의 중산간지대에 분포되는 공은 245공에 달하고 있다. 이들 관정 중 135개를 대상으로 동수위변화 특성을 그리고 102개의 공을 대상으로 투수량계수를 산정하여, 중산간지대의 표고별 지하수의 수리학적 특성을 분석한 결과는 다음과 같다.

개발된 지하수공의 투수량계수의 산출은 양수시험시 측정된 경과시간에 따른 수위강하량을 이용하여 조사한 결과, 양수량·수위강하량 외에 대수층 두께 및 정호경 등이 적용인자로 작용하였으나 산출된 투수량계수는 자연수위-안정수위에 따른 수위강하량의 절대값에 대한 검토보다는 좀더 세밀한 조사와 분석이 요구되었다.

중산간지대는 상위지하수로서 저지대에 비해 수량이 적을 뿐만 아니라, 수위강하량이 많아 투수량계수가 낮을 것으로 예상되나, 본 연구에서 검토된 결과 201~300 m, 301~400 m, 401~500 m, 501~600 m 구간별로 183.5 m<sup>3</sup>/d, 41.11 m<sup>3</sup>/d, 631.02 m<sup>3</sup>/d, 1,162.65 m<sup>3</sup>/d의 값을 나타내어 오히려 표고가 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였다.

이들 평균값은 292.19 m<sup>3</sup>/d로 98년까지 개발된 저지대의 지하수관정 279공을 대상으로 산정한 평균값은 201.8 m<sup>3</sup>/d로서 기존의 조사보다는 높은 수치이다. 지역별로 투수량계수는 최저치가 129.05 m<sup>3</sup>/d(남제주군), 최고치가 494.88 m<sup>3</sup>/d(북제주군)로서 큰 차이를 보이지 않는다. 중산간지대 지하수의 투수량계수는 북제주군·제주시를 포함하는 북부권역의 높은 수치를 보이고 있다.

## 참고 문헌

- 건설부·제주도·한국수자원공사, 1993. 제주도수자원 종합개발계획수립보고서, VII 3-126.
- 박원배, 1993. 제주도 지하수의 수위변동에 관한 연구, 제주대학교 석사학위논문, 49 pp.
- 변창구·김재철·양성기, 1999. 제주도 수자원의 효율적인 이용방안 연구, 제주대학교 해양연구논문집, 23: 161-163.
- 최순학, 1989. 제주도의 형성과 지하수 특성.
- 한정상, 1998. 지하수환경과 오염, 박영사, pp. 75-96.
- 제주도, 1997. 제주도 중산간지역 종합조사.
- 제주도·농업기반공사, 1990-1998. 각 연도별 제주도 지하수개발보고서, 65 pp.
- 제주도, 1998. 제주·애월도폭 지질보고서, pp. 211-212.
- 제주도, 2000. 제주도 지하수 보전·관리계획 보고서, 60 pp.
- 건설부, 1993. 제주도 표고별 연평균 강우량분포.
- 고기원, 1997. 제주도의 지하수 부존특성 서귀포층의 수문지질학적 관련성, 부산대학교 박사학위논문, 325 pp.
- 이문원·한규언, 1977. 제주도의 지질과 지하수의 연구(1), 제주대학교 논문집, 8: 23-29