

# 갑천 유역의 지하수 이용 특성 분석

## Analysis of Groundwater Use in Kap-cheon Basin

홍성훈\* / 김정곤\*\*

Hong, Sung-Hun / Kim, Jeongkon

### Abstract

The purpose of this study is to analyze the features of groundwater use to utilize as basic information for water-cycle analysis system development and effective groundwater management in the Kap-cheon basin. The cumulative relationship between groundwater use and the number of wells was analyzed to estimate the representative total groundwater use and the number of wells for the Kap-cheon basin. Then, the spatial distribution of groundwater use in the basin were figured out using the detailed information on groundwater use in each well. Finally, the reasonability of groundwater resources management in Kap-cheon basin was evaluated by comparing groundwater recharge and groundwater use in sub-basins and major stream basins. The results of the analysis showed about 25% of the total wells could represent 90% of groundwater use (37,923,516 m<sup>3</sup>/year) in the Kap-cheon basin. A detailed analysis on the groundwater uses in the vicinity of down-town areas of Daejeon metropolitan city showed high groundwater uses (1.4~11.1 times) compared to the groundwater recharge previously estimated using the rainfall-runoff model. The ratio of groundwater use and groundwater recharge for the major river basins in Kap-cheon basin ranged from 1.9 to 2.3 indicating that more sustainable groundwater management should be exercised. The results of this study can be used as basic information in evaluating the change of groundwater flow, stream flow and water-cycle for various groundwater uses in the Kap-cheon basin.

**keywords** : Kap-cheon Basin, Groundwater Use Characteristics, Groundwater Resources Management

### 요 지

본 연구의 목적은 갑천 유역의 물순환 분석 시스템 구축 및 효과적인 지하수 관리에 활용하기 위하여 지하수 이용량을 분석하고 그 특성을 파악하는 것이다. 이를 위하여 지하수이용실태조사 자료를 토대로 관정개수와 이용량의 누적밀도에 의해 형성되는 관계를 분석하고, 유역을 대표할 수 있는 총 이용량 및 관정 개소수를 파악하였다. 추출된 관정의 이용량 세부정보들에 따라 이용량의 공간적 분포 특성을 파악하고, 유역별 함양량과 지하수 이용량을 비교함으로써 갑천 유역의 지하수자원 관리의 적정성을 평가하였다. 평가결과에 따르면, 약 25%의 관정이 전 지하수 이용량의 90%를 대표하는 것으로 나타났다. 또한, 대전 도심지 소유역의 지하수 이용량은 유역 유출 모형에서 평가된 해당 유역의 지하수 함양량보다 1.4배~11.1배 상회하고 있으며, 주요 하천 유역별로는 대전천 및 유등천이 갑천 유역의 함양량 대비 이용량 비율이 1.9배~2.3배 높아 이들 지역의 지하수 적정관리가 시급한 실정으로 평가되었다. 본

\* 건설교통부 낙동강 홍수통제소, 시설연구사, 공학박사

Researcher, Nak-Dong River Flood Control Office, Ministry of Construction & Transportation, Busan, Korea

\*\* 한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원, 공학박사

Principal Researcher, Korea Institute of Water and Environment, Korea Water Resources Corporation, Daejeon, Korea

(Corresponding Author, e-mail: jkkin@kwater.or.kr)

연구 결과들은 향후 갑천 유역의 지하수 이용량에 따른 지하수 유동 체계, 하천 유출량 그리고 물순환 변화에 대한 분석에 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

**핵심용어** : 갑천유역, 지하수 이용특성, 지하수자원 관리

## 1. 서론

지하수자원을 평가하고 관리함에 있어 지형지질, 수리·수문, 대수층 구조 및 수리지질 특성 등의 정보들도 중요하지만, 관정의 위치, 지하수위 변화 그리고 양수량 등과 같은 지하수 이용량 정보들은 지하수 유동 및 환경 평가와 지하수자원 관리에 직접적으로 활용되는 기초자료들이다. 이런 중요성으로 지하수 이용 및 시설현황, 이용특성, 수질현황 등의 국내 지하수 자료들을 종합적으로 관리·제공하기 위하여 1995년부터 지하수 조사연보가 매년 발간되고 있으며(한국수자원공사, 2006), 1993년~1994년 지하수 정보관리사업에 대한 기본구상에 따라 2000년 지하수 인터넷 정보 서비스가 개시되고 2004년부터 국가지하수정보센터가 운영되고 있다(국가지하수정보센터, 이후 GIMS, [www.gims.go.kr](http://www.gims.go.kr)). 또한 지하수 이용량 추정의 정확도를 높이기 위해 지하수 업무수행 지침서에는 다양한 방법들이 제시되며 이들 방법들에 의하여 추정된 지하수 이용량은 지역개발 행정시스템 및 시군구 행정정보 DB와 연계되어 국가지하수정보센터로 집계된다.

지하수 이용량 관련 자료들은 사용자의 목적과 방법 그리고 관심 지역(유역)의 규모 및 고려해야하는 관정의 개수에 따라 이들 자료의 수집 범위 및 활용방법이 상이할 수 있다. 예를 들어, 지역(유역) 내 지하수 및 수자원의 총량적인 관리라면, 관정의 위치정보나 일 이용량 등과 같은 상세정보보다는 행정구역별, 유역별 총 이용량, 이용밀도, 관정밀도 등이 관심사항일 것이다. 하지만 지하수 유동 및 환경 평가나 유역 물순환 관리라면, 총량적인 정보 이외에도 이들의 위치 및 용도별 일사용량 등과 같은 관정별 상세정보가 요구된다. 요구되는 이들 정보의 상당 부분은 지하수조사연보, 국가지하수정보센터, 지하수 이용실태조사, 지하수기초조사 그리고 국가수자원관리시스템(이후 WAMIS, [www.wamis.go.kr](http://www.wamis.go.kr)) 등에서 쉽게 찾아 활용할 수 있다.

그러나 정보의 사용자 입장에서 지하수 이용량 관련 자료를 지하수 유동 평가 및 유역단위 지하수자원 관리에 활용하기에는 개별관정의 위치정보가 항상 고민이 된다. 지하수조사연보에는 이용량 관정들에 대한 위치

정보 대신 관정이 위치한 읍면동 정보만이 제공된다. 그리고 지하수 기초조사에는 조사지역의 기본 관측망, 장기자동수위 관측망, 국가지하수 관측망 등의 위치정보가 제공이 되나, 기초조사 특성상 관정개수 및 개별 이용량 자료가 제한적이며 지자체별로 조사되기에 유역단위 지하수자원 관리에는 활용성이 떨어진다. 그런데 시군구 행정종합정보시스템과 연계되어 작성되는 지하수 이용실태조사의 내용은 비록 자료가 행정구역별로 집계되어 있지만 상기 자료들에서 제한적이던 위치정보 및 이용량 자료가 조사되어 활용성이 기대된다.

따라서 본 연구의 목적은 연구 대상지역인 갑천 유역의 지하수 유동 평가 및 지하수자원 관리에 활용하기 위하여 지하수 이용실태조사 결과를 이용하여 유역 기반의 지하수 이용량 및 그 특성을 파악하는 것이다. 이를 위하여 관정개수와 이용량의 누적밀도에 의해 형성되는 관계를 분석하고, 유역을 대표할 수 있는 총 이용량 및 관정 개소수를 파악하였다. 추출된 관정의 이용량 세부정보들에 따라 이용량의 공간적 분포 특성을 파악하고, 유역별 함양량과 지하수 이용량을 비교함으로써 갑천 유역의 지하수자원 관리의 적정성을 평가하였다.

## 2. 유역 현황

갑천 유역은 대권역인 금강 권역의 12개 중권역 중의 하나로 유역면적이 648.3 km<sup>2</sup>이며 연평균 강수량은 1,354 mm로 국내 연평균 강수량 1,245 mm(건설교통부, 2006a)에 비해 약 8.8% 상회하고 있는 지역이다. 또한 유역 내에는 2개의 국가하천인 갑천과 유등천 그리고 지방1급 하천인 대전천이 주요 하천으로 형성되어 있으며, 29개의 지방 2급 하천이 이들 3개 주요 하천을 따라 형성되어 있다(홍성훈과 김정곤, 2007). 주요 하천들의 중·하류인 유역 남쪽은 대전광역시 5개구(대덕구, 유성구, 서구, 중구, 동구)가 소재하고 상류인 유역 북쪽은 충청남도 논산시, 금산군 및 충청북도 옥천군 일부가 갑천 유역에 예속된다(Fig. 1). 행정구역 정보 및 지하수 이용실태조사 결과(2005년 12월말 기준)를 이용하여 이들 지역의 개략적인 지하수 이용 특성을 분석하였다. 총 관정 개소수는 22,509개이며, 연간 지하수 이용량은 49,878,674 m<sup>3</sup>이다. 이 중에서 대전 지역의 관정 개소수

및 이용량 비율이 각각 약 78.9%와 75.7%이며, 충청도 지역은 각각 약 21.1%와 24.3%로서 대전지역에 대부분의 관정들 및 이용량이 집중되어 있음을 알 수 있다 (Table 1).



Fig. 1. Map of Kap-cheon Basin Showing Administrative Zones and Major Streams

### 3. 지하수 이용량과 관정 개소수의 상관관계 분석

상기하였듯이, 조사된 22,509개의 관정 정보들은 개별 관정들의 정확한 좌표 정보가 아닌 읍면동별 행정구역 정보에 의하여 분류된 것이기에 관정 및 이용량의 공간적인 분포 특성을 반영하기에는 한계가 있다. 또한 관정들의 개별 좌표를 생성하기에는 많은 자료들이다. 따라서 본 연구에서는 먼저 각 행정구역별 지하수 이용량 및 관정 개소수의 표준화된 누적밀도를 도시화하여 조사 지역의 지하수 총 이용량을 대표할 수 있는 최대 누적 양수량 및 이에 해당되는 최소 누적 관정 개소수를 추정하였다. 그리고 선정된 최소 관정들의 주소 및 지번 정보에 의해 제시되는 경위도 좌표를 통하여 갑천 유역을 대표할 수 있는 지하수 이용 정보들을 추출하였다.

Fig. 2는 대전광역시 및 충청도의 이용량 및 관정 개소수의 표준화된 누적밀도를 각각 보여주고 있다. 유역 내 도심지인 대전지역의 경우 유성구를 제외한 4개구는 해당 지역 전체 관정의 20%~30%가 전체 이용량의 85%~95%를 차지하는 것으로 분석되었다(Fig. 2(a)). 즉 이는 해당 지역 전체 관정의 20%~30%만으로도 전체 이용량의 85%~95%에 해당하는 양을 대표할 수 있는 것으로 추정된다. 또한 역으로 해당 지역 전체 관정의 70%~80%가 해당 지역의 평균 이용량에 비하여 소규모로 이용되는 것으로 추정된다. 그리고 유역 남쪽에 위치한 충청도의 경우는 대전지역에 비하면 전체 이용량의 85%~95%를 반영할 수 있는 관정 개소수의 비율 25%~70%로 변화 폭이 큰 것으로 분석되었다(Fig. 2(b)).

Table 1. GW Use and Number of Wells in Each Administrative District

Administrative Names	Administrative zones	Total Num. of Wells	Total GW Use (m/year)
Daejeon Metropolitan City	Daeduk-gu	1,725	1,794,920
	Dong-gu	4,671	11,391,838
	Seo-gu	3,756	11,520,186
	Yusung-gu	3,989	5,127,139
	Jung-gu	3,624	7,913,827
	Sub-total	17,765	37,747,910
Chung-cheong Province	Gyeryong city	396	381,789
	Gongju city	361	558,218
	Geumsan county	2,075	7,645,168
	Nonsan city	1,662	3,213,907
	Okcheon county	250	331,682
	Sub-total	4,744	12,130,764
Kap-cheon Basin	Total	22,509	49,878,674

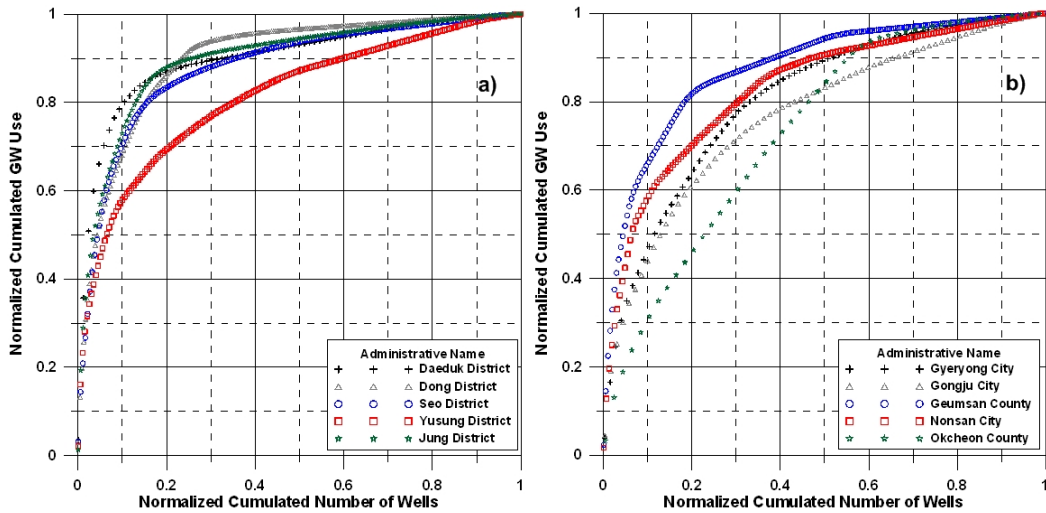


Fig. 2. Normalized Cumulated GW Use vs. Normalized Cumulated Number of Wells:  
a) Daejeon Metropolitan City and b) Chungcheong Province

행정구역별 지하수 총 이용량의 80%, 90%, 95%를 반영하는 관정 개소수를 분석하였다. 각각의 비율에 해당하는 관정 개소수 비율은 총 관정 개수의 약 20.6%, 37.6%, 57%인 4,630개, 8,470개, 12,841개로 조사되었다. 비록 총 이용량의 대표성과 좌표 생성에 필요한 비용을 고려하기 위하여 대표 값에 대한 적정성 평가가 필요하지만 지하수 이용 총량 기준으로 평가할 때 총 이용량의 90%가 적절하다고 판단하여 이에 해당하는 관정 개소수 비율 0.3763(8,470개)을 선정하였다. 실제 유역 밖이나 읍면동별 행정구역의 일부가 갑천 유역에 포함되어 집계되었던 관정들을 정리하기 위

하여 선정된 이들 관정들의 주소 및 지번 정보를 이용하여 정확한 좌표를 생성하고 유역 내 정보를 추출하였다. 즉, 행정구역 정보에 의하여 집계된 총 이용량의 90%를 대표하는 관정 정보 중에서 실제 갑천 유역 내 존재하는 대표 관정 개소수는 6,706개이며, 지하수 연간 총 이용량은 37,923,516 m<sup>3</sup>(103,900 m<sup>3</sup>/일)으로 조사되었다(Figs. 3 and 4). 이는 지하수조사연보(한국수자원공사, 2006)에서 산정한 갑천 유역의 연간 지하수 이용량(42,690,448 m<sup>3</sup>)의 90%가 38,421,403 m<sup>3</sup>(105,264 m<sup>3</sup>/일)임을 감안할 때 본 연구에서 수행한 선정방법이 적절함을 보여준다.

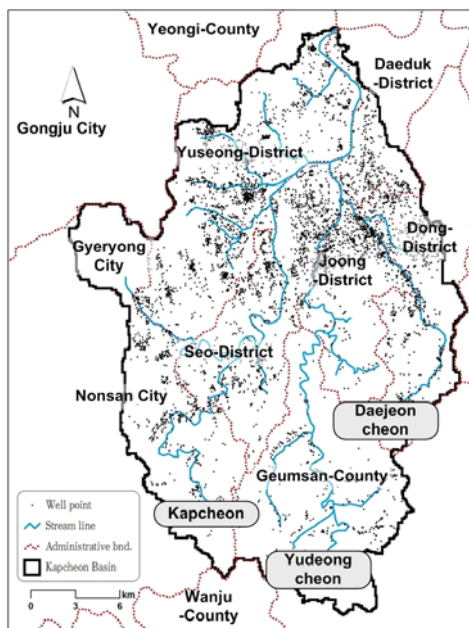


Fig. 3. Distribution of Wells in Administrative Zones

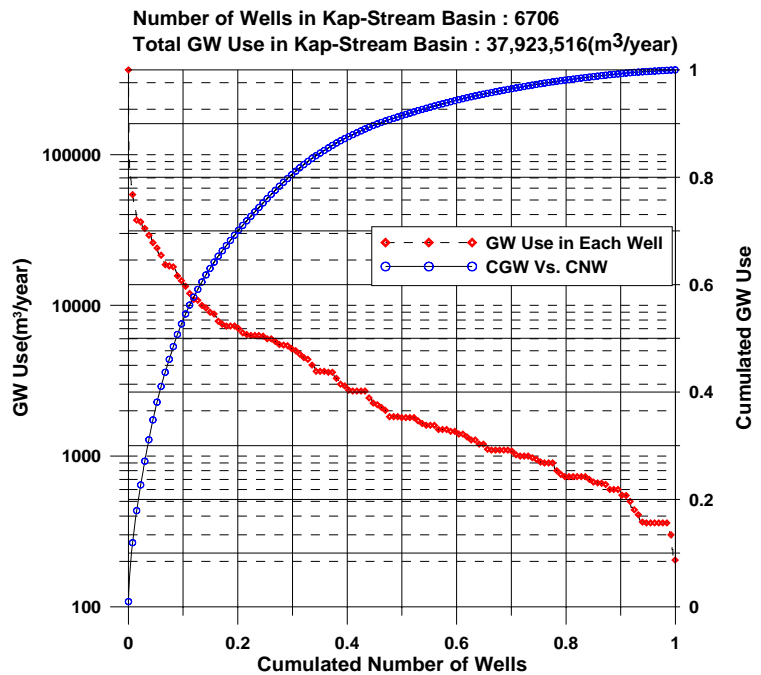


Fig. 4. Features of GW Use in Kapcheon Basin

Table 2. GW Use and Number of Wells According to the Ranges of GW Use in Each Well

Range of GW Use in Each Wells (m <sup>3</sup> /well/day)	GW Use		Wells	
	m <sup>3</sup> /year	Ratio (%)	numbers	Ratio (%)
X>150	4,473,885	11.8	50	0.7
100<X≤150	2,354,799	6.2	52	0.8
30≤X≤100	15,548,362	41.0	745	11.2
10≤X<30	9,945,673	26.2	1,579	23.5
X<10	5,600,797	14.8	4,280	63.8
Total	37,923,516	100.0	6,706	100.0

조사된 관정들 중 공당 최대 이용량 365,000 m<sup>3</sup>/년 (1,000 m<sup>3</sup>/일), 최소 이용량 192 m<sup>3</sup>/년(0.526 m<sup>3</sup>/일), 평균 이용량은 5,655 m<sup>3</sup>/년(15.49 m<sup>3</sup>/일)이다(Fig. 4). 이는 2005년 12월 말 기준 대전광역시 1인 1일당 상수도 급수량 0.362m<sup>3</sup> 및 1가구 2~3인 거주를 고려하였을 때 갑천 유역에서 실제 사용되는 지하수 이용량이 대부분 반영되고 있음을 알 수 있다. 또한 갑천 유역 지하수의 용도별 이용 특성은 생활용수가 약 72%(이용량 27,729,877 m<sup>3</sup>/년, 개소수 4,547), 농업용수가 약 23%(이용량 8,633,671 m<sup>3</sup>/년, 개소수 1,950)로 전국 대비 이용량 비율(한국수자원공사, 2006)에 비하여 생활용수는 1.5배 높고, 농업용수는 2배 정도 낮은 비율이다. 그리고 Table 2는 갑천 유역 지하수 관정들의 공당 이용량 분포를 나타낸 것이다. 이용량 분포 범위는 지하수 관정의 용도별 허가·신고 기준(건설교통부, 2006b)을 참조하였다. 즉, 신고·허가 여부 기준인 생활용수 및 공업용수 100 m<sup>3</sup>/일, 농·어업용수 150 m<sup>3</sup>/일, 지하수보전구역 30m<sup>3</sup>/일과 갑천 유역의 경우 소규모 이용이 많기에 추가로 10 m<sup>3</sup>/일을 추가하였다. 이에 따른 특성은 30 m<sup>3</sup>/공/일~100 m<sup>3</sup>/공/일 분포가 대표 이용량의 41% 비율을 차지하며, 10 m<sup>3</sup>/공/일 이하의 역시 41%를 차지한다. 그리고 10 m<sup>3</sup>/공/일로 이용되는 관정 개소수가 87.3%를 차지한다(Table 2). 따라서 갑천 유역 지하수는 생활용수로 주로 이용이 되고 있으며, 100 m<sup>3</sup>/공/일 이하의 소규모로 개발·이용되고 있는 것으로 조사되었다.

#### 4. 지하수 이용 특성 분석

##### 4.1. 소유역별 특성

소유역별 이용량 분석의 주요 목적은 향후 지하수 유동 평가 및 유역단위로 평가되는 물순환 분석과 연계되어 갑천 유역의 수자원관리를 위한 기초자료로 활용하기 위함이다. Fig. 5는 조사된 갑천 유역의 지하수 관정의 소유역별 분포도이다. 소유역은 주요 하천 유역의

경계 및 8개 수위 관측 지점을 중심으로 구분된 22개 소유역(김정곤 등, 2006b)을 반영하였다.

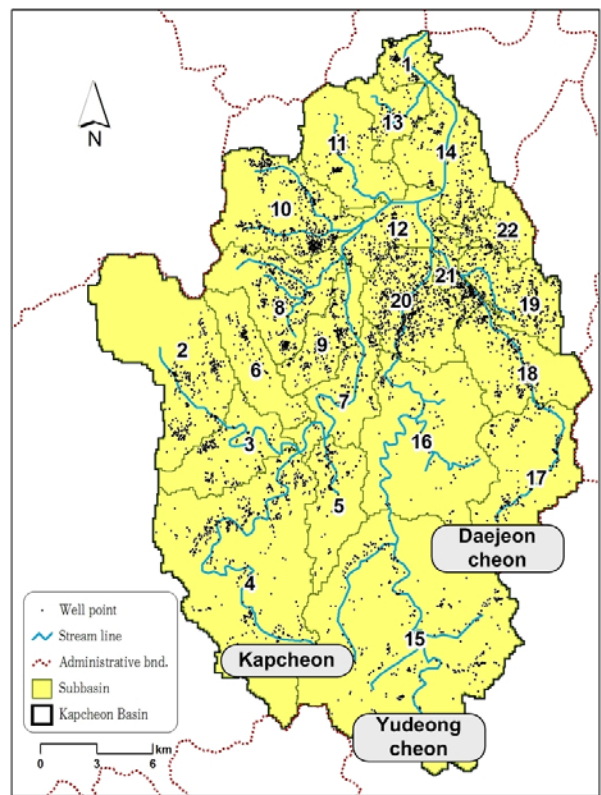


Fig. 5. Distribution of Wells in Sub-Basin Zones

소유역별 관정 개소수는 10번 소유역이 12%(806개)로 가장 많고, 20번 소유역이 11.8%(791개), 8번 소유역이 8.5%(572개), 4번 소유역이 7.8%(522개), 15번 소유역이 6.2%(413개) 등이다. 그러나 이용량 비율은 20번 소유역이 16.1%(6,098,769 m<sup>3</sup>)로 가장 많으며, 15번 소유역이 9.8%(3,699,723 m<sup>3</sup>), 19번 소유역이 9.1%(3,439,549 m<sup>3</sup>), 4번 소유역이 8.9%(3,357,214m<sup>3</sup>) 등이다(Table 3).

20번 소유역의 경우 대전광역시의 중심지인 서구, 동

Table 3. GW Use and Number of Wells in Sub-Basins

Sub-Basin	Area (km)	Municipal		Industrial		Agricultural		Other		Total	
		Well	Use	Well	Use	Well	Use	Well	Use	Well	Use
R1	7.092	115	264,484	16	197,130	25	68,255	0	0	156	529,869
R2	47.743	125	157,199	2	2,790	235	601,396	0	0	362	761,385
R3	19.602	44	123,076	0	0	115	461,308	0	0	159	584,384
R4	78.638	184	1,952,427	11	56,070	325	1,339,592	2	9,125	522	3,357,214
R5	17.744	118	481,613	0	0	18	205,654	0	0	136	687,267
R6	16.744	48	134,383	0	0	76	180,350	0	0	124	314,733
R7	18.086	142	608,891	0	0	32	241,321	0	0	174	850,212
R8	25.178	364	552,984	4	4,445	204	361,817	0	0	572	919,246
R9	15.581	301	1,572,939	0	0	11	32,973	0	0	312	1,605,912
R10	30.784	593	900,428	18	61,290	184	323,817	11	91,550	806	1,377,085
R11	23.782	99	523,242	6	27,050	48	128,650	0	0	153	678,942
R12	15.775	208	2,612,402	8	45,590	13	14,060	0	0	229	2,672,052
R13	10.991	47	124,983	1	800	45	55,190	0	0	93	180,973
R14	24.631	169	447,338	20	200,716	81	93,833	0	0	270	741,887
R15	112.320	129	1,669,559	21	296,095	263	1,734,069	0	0	413	3,699,723
R16	52.816	76	588,588	7	31,521	61	573,593	0	0	144	1,193,702
R17	33.631	108	658,121	1	18,000	89	1,004,275	0	0	198	1,680,396
R18	24.458	219	2,138,736	12	80,244	68	583,013	0	0	299	2,801,993
R19	17.316	272	2,771,024	4	67,200	50	539,325	2	62,000	328	3,439,549
R20	25.196	744	5,826,452	41	178,947	5	62,710	1	30,660	791	6,098,769
R21	6.120	270	2,547,074	16	87,453	2	28,470	0	0	288	2,662,997
R22	10.696	172	1,073,934	5	11,292	0	0	0	0	177	1,085,226
Total	634.924	4,547	27,729,877	193	1,366,633	1,950	8,633,671	16	193,335	6,706	37,923,516

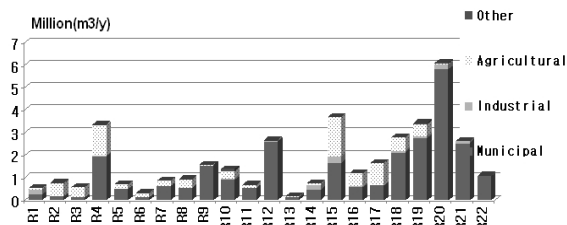


Fig. 6. GW Uses and Types in Sub-Basins

구, 중구의 교차지역으로 인하여 이용량 비율이 높은 것으로 추정되며, 19번 소유역의 경우는 상대적으로 공당 이용량이 큰 것에 기인하는 것으로 판단된다. 또한 10번 및 8번 소유역의 경우 공당 이용량이 적은 소규모 개발이 많이 진행되고 있는 것으로 추정된다. 하지만 4번 및 15번 소유역의 경우는 충청남도 논산시 및 금산군으로서 유역 면적과 농업용수 이용량에 의하여 전체 이용량 비율이 높은 것으로 판단된다(Figs. 6 및 6).

22개 소유역별 유역 크기가 상이하기에 동일한 조건에서 소유역별 지하수 이용 밀도를 평가하기 위하여 단위 면적(km<sup>2</sup>)당 지하수 이용량을 비교하였다. 21번, 20번, 19번, 12번, 9번 소유역 등 대전 도심지에 해당하는 유역의 이용량 밀도가 타 지역에 비하여 높은 것을 알 수

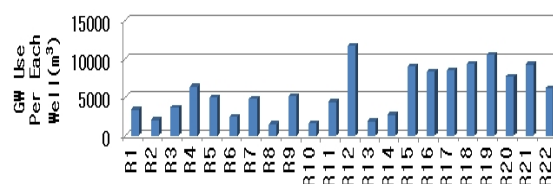


Fig. 7. GW Use Per Each Well in Sub-Basins

있다(Figs. 8 and 9(a)). 22개 소유역에 대한 전체 지하수의 단위 면적당 평균 이용량은 59,729 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/년이며, 생활용수는 43,674 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/년으로 전체 이용량의 72%가 생활용수를 반영하듯이 소유역별 전체 및 생활용수 이용량의 추이는 유사함을 알 수 있다(Figs. 9(a) and 9(b)). 농업용수의 단위 면적당 평균 이용량은 13,598 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/년이며, 소유역별 이용량 추이와는 달리 대전광역시 외곽과 유역 남쪽의 충청남도 지역이 대전광역시 도심지보다 상대적으로 높은 편임을 알 수 있다(Fig. 9(c)). 따라서 향후 지하수 유동 평가 및 물순환 분석에 유역별 이용용도 패턴을 정확히 고려해야 할 것으로 판단된다.

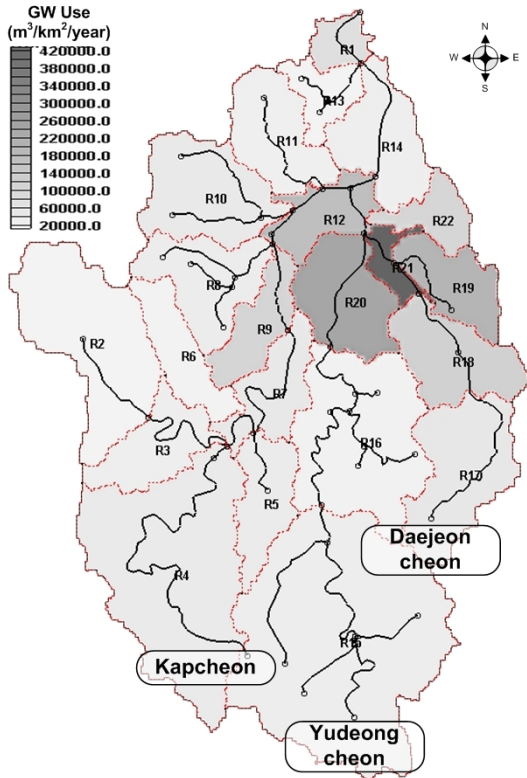


Fig. 8. GW Use Per Unit Area in Sub-Basins

#### 4.2. 평균 함양량 대비 이용량

소유역별 지하수 이용량 현황에서 대전광역시 도심 지역의 경우 지하수 이용량이 타 소유역에 비하여 높은 편으로 조사되었다. 유역의 지하수자원 관리 측면에서 현 지하수 이용량의 적정개발 여부를 판단하기 위하여 검·보정된 준분포형 유역 유출 모형(SWAT, 김정근 등 2006a, b) 및 지하수 유동 모형인 MODFLOW)에 의하여 평가된 지하수 평균 함양량(PercQ)과 비교하였다(홍성훈과 김정근, 2007). 비교 결과, 불투수 면적 증가 등의 도시화 영향을 많이 받아 상대적으로 함양량이 감소한 대전광역시 도심지 소유역들(R12, R19, R20, R21)은 함양량에 비하여 지하수 이용량이 1.4배~11.1배 정도 높은 것으로 평가되었다(Figs. 10 및 11). 따라서 비록 유역 내에서 발생하는 지하수 함양량의 시간적인 변동성과 타 소유역으로부터 지하수 유동 체계에 의하여 유입되는 지하수 유입량에 대한 분석(홍성훈과 김정근, 2007)을 고려하여 해당 유역 지하수 이용 관리의 적정성을 평가해야 하겠지만, 분명한 것은 이들 소유역들은 지하수자원 관리의 시급성이 요구되는 지역으로 판단된다.

#### 4.3. 하천유역별 특성

갑천 유역에는 2개의 국가하천과 1개의 지방 1급

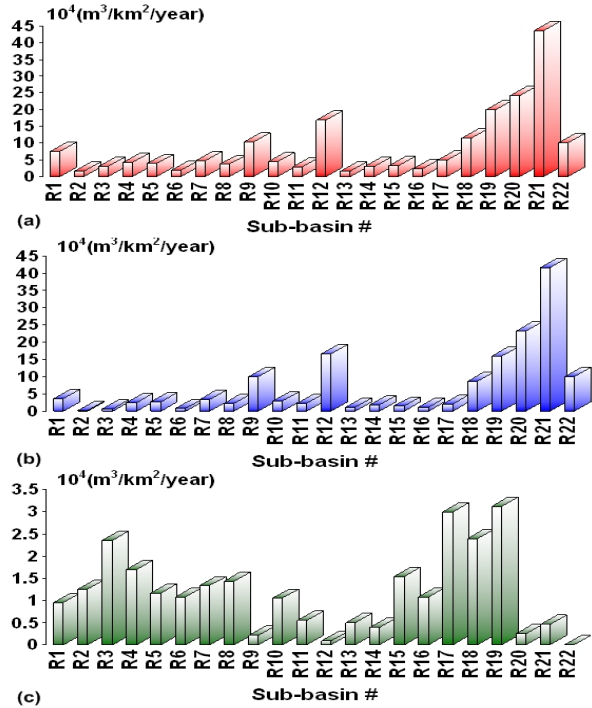


Fig. 9. GW Use Per Unit Area in Sub-Basins:  
a) Total, b) Municipal, and c) Agricultural Uses

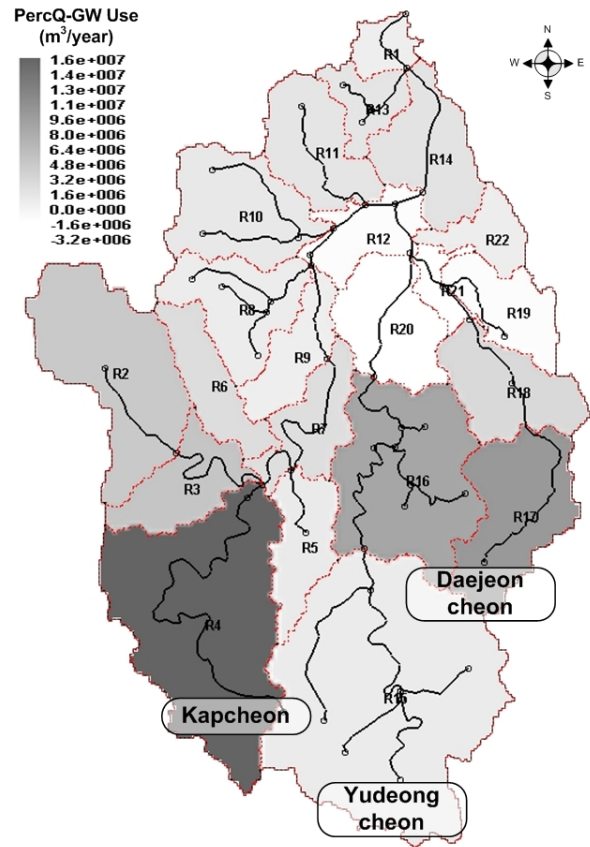


Fig. 10. GW Recharge Vs. GW Use in Sub-Basin Zones

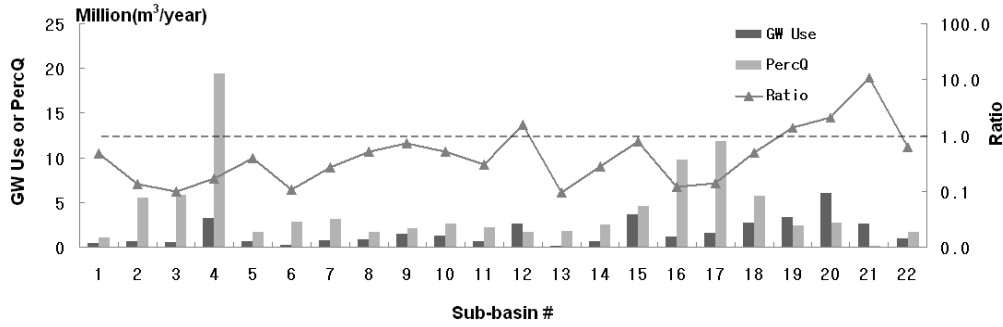


Fig. 11. Ratio of GW Use and GW Recharge(PercQ)

Table 4. GW Use and Number of Wells in Major Stream Basins

Stream	Area (km <sup>2</sup> )	Sub-basins	Num.of Wells	GW Use-① (m <sup>3</sup> /year)	GW Recharge-② (m <sup>3</sup> /year)	②-① (m <sup>3</sup> /year)	Ratio (①/②)
Daejeon	92.2	R17~R19, R21~R22	1290	11670161	22181368	10511207	0.53
Yudeong	190.3	R15~R16, R20	1348	10992194	17397922	6405728	0.63
Kap	352.4	R1~R14	4068	15261161	55076300	39815139	0.28
Kap_total	634.9	R1~R22	6706	37923516	94655589	56732073	0.40

하천 그리고 29개의 지방 2급 하천이 소재하는데, 이 중에서 지하수 유동 모형 구축에 필요한 하천 속성정보가 가용한 24개 하천(국가-2, 지방1-1, 지방2-21)이 선정되었는데(홍성훈과 김정곤, 2007), 본 연구에서도 이를 토대로 하천유역별 지하수 이용 특성을 파악하였다. 갑천 유역 전체의 지하수 이용량(37,923,516 m<sup>3</sup>/년)은 산정된 지하수 함양량(94,655,589 m<sup>3</sup>/년, 산정기간 평균 강수총량 대비 10.8%)의 40% 수준으로 조사되었다(Fig. 12).

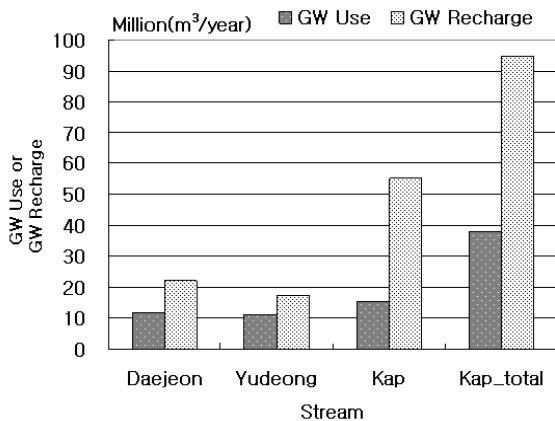


Fig. 12. GW Recharge Vs. GW Use in Major Stream Basins

주요 하천 중에서 대전천 유역은 지하수 이용량이 함양량의 53%, 유등천 유역은 63%, 갑천 유역은 28%

로 조사되었다(Table 4). 이는 소유역별 지하수 함양량과 이용량 비교에서처럼 대전천 및 유등천이 대전 도심 지역의 대부분 포함하고 있기에 갑천 유역보다 함양량 대비 이용량 비율이 각각 1.9배, 2.3배 높은 것으로 추정된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 갑천 유역의 물순환 분석 시스템 분석을 위한 지하수 유동 평가 및 지하수자원 관리에 필요한 해당 유역의 지하수 이용 특성을 분석하였다. 유역 단위 지하수 이용 특성 분석에 있어 직면하는 문제점들을 제시하고 이를 해결하기 위한 방법론을 제시하였다. 그리고 소유역 및 주요 하천 유역별 지하수 이용 특성 및 함양량과의 비교 분석을 통하여 갑천 유역의 지하수자원 관리가 시급한 지역을 제시하였다. 본 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

- 1) 유역 면적이 넓고, 고려해야할 관정 개소수가 많은 연구 지역의 지하수 이용 특성 분석을 위하여 관정 이용량 및 관정 개소수에 대한 표준화된 누적밀도를 활용하는 방법을 제시하였다. 이 방법을 통하여 해당 유역 총 이용량을 대표하면서 고려해야할 관정의 수를 감소시켜 과업 진행의 효율성을 높일 수 있었다.



- 2) 상기 방법에 의하여 파악된 갑천 유역 총 이용량의 90%에 해당하는 대표값은 약 25%의 관정에서 이용되는 37,923,516 m<sup>3</sup>/년이고, 생활용수는 총 이용량의 약 72%인 27,729,877 m<sup>3</sup>/년, 농업용수는 약 23%인 8,633,671 m<sup>3</sup>/년으로 평가되었다.
- 3) 소유역별로 단위면적당 이용량 특성을 분석한 결과 총 이용량의 평균값은 59,729 m<sup>3</sup>/year/km<sup>2</sup> 이고, 생활용수는 43,674 m<sup>3</sup>/year/km<sup>2</sup>, 농업용수는 13,598 m<sup>3</sup>/year/km<sup>2</sup> 이었다. 생활용수는 도심지역 소유역이 타 소유역에 비하여 월등히 높았으며, 농업용수는 도심 외곽지역 및 유역 남쪽의 충청남도 지역이 높은 것으로 분석되었다.
- 4) 소유역별 평균 함양량과 지하수 이용량을 비교한 결과 도심 밀집 지역 소유역들은 해당 유역 내 평균 함양량보다 지하수 이용량이 1.4배에서 최고 11.1배 높아 이 지역의 지하수자원의 적정관리가 시급한 실정으로 분석되었다.
- 5) 주요 하천 유역별 평균 함양량과 지하수 이용량 비교 분석한 결과 대전 도심지역을 포함하는 대전천 및 유등천 유역의 함양량 대비 이용량 비율이 갑천 유역 보다 각각 1.9배와 2.3배 높았다. 그리고 갑천 유역 전체 이용량은 함양량 대비 40%로 조사되었다.

본 연구를 통하여 유역 면적이 넓고, 고려해야할 관정 개소수가 많은 경우, 이용량과 관정개소수의 표준화된 누적밀도 분석 방법이 지하수 이용량 분석의 효율성을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 갑천 유역의 지하수 이용량 분포와 용도별 특성이 공간적으로 크게 상이하므로 이런 특성을 고려하여 향후 지하수 유동 평

가 및 지하수자원 관리에 활용해야할 것이다. 또한 향후 지하수 이용량이 함양량을 초과한 지역에 대해서는 지하수 이용량에 따른 지하수 유동 체계, 하천 유출량 그리고 물순환 변화에 대한 정밀 분석 등 지표수와 지하수를 고려한 적정 개발가능량 제시 및 지속가능한 유역 수자원 관리가 필요할 것으로 판단된다.

## 사사

본 연구는 수자원공사 수자원연구원 연구과제(과제번호 : KIWE-WRE-07-16)에 의해 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- 건설교통부 (2006a). **수자원장기종합계획(2006~2020)**.  
 건설교통부 (2006b). **지하수 업무수행 지침**, 발간등록번호 11-1500000-000270-4.  
 김정곤, 손경호, 노준우, 장창래, 고익환 (2006a). "SWAT 모델을 이용한 갑천 유역에 대한 수문 특성 분석 및 도시화 영향 평가." **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제39권, 제10호, pp. 881-890.  
 김정곤, 손경호, 노준우, 장창래, 고익환 (2006b). "갑천 유역을 대상으로 SWAT 모형의 다 변수 및 다 지점 검·보정." **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제39권, 제10호, pp. 867-880.  
 한국수자원공사 (2006). **지하수조사연보**, 행정간행물 등록번호 11-1500000-000020-10, 건교부  
 홍성훈, 김정곤 (2007). "갑천 유역의 지하수 유동 평가." **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제40권 제6호, pp. 431-446

(논문번호:07-85/접수:2007.08.29/심사완료:2008.03.14)