

## 지표수와 지하수의 연계운영

최윤영 (경북도립 경도대학 토목환경학과 교수)

### 1. 서론

인류의 문명이 대하천을 끼고 발원·발전하였듯이 하천은 생활용수의 공급원이자 우리의 삶터로서 늘 곁에 있어 왔으며 사회가 발전하면서 하천을 이용하고 관리하는 방법도 변천하여 왔다. 농경시대 하천의 이용과 관리는 우리나라의 전형적인 배산임수의 부락 모습과 운영에서도 보여준 것과 같이 우리의 생활은 물을 중심으로 이루어져 보를 만들고 수로를 정비하여 공동의 협동심을 이루도록 하여 왔다. 이와 같이 하천은 용수공급원이자 생활공동체로서의 기능을 함유하고 있었으나 사회가 도시 및 산업화로 발전하면서 하천은 자연적·심미안적인 공감대를 상실하고 산업화의 생산요소로서 기능을 전락하게 되었으며 용수의 공급원 및 산업활동 후 배출되는 폐수 및 생활하수의 수송기능으로 전락하였다. 또한 한정적인 수자원은 생활수준의 향상과 경제활동의 증가로 인한 물 수

요의 급증으로 물부족 사태는 전세계에서 매년 심각한 경제·사회적 문제로 대두되고 있는 것이 현실이다. 이러한 시점에서 우리나라도 예외가 될 수 없는 현실에 직면하게 되었고 한정적인 수자원을 더욱 효율적으로 관리하는 체계가 절실히 요구되고 있는 실정으로 발전하였다. 따라서 수자원의 효율적인 관리를 위해서는 수자원으로서 지표수 및 지하수의 정성적·정량적 분석이 무엇보다 필요하다. 이를 위해서는 먼저, 연 평균 강수량을 고려하지 않을 수 없는데 우리나라 연평균 총강수량은 1,274mm로서 세계평균 970mm의 1.3배로 비교적 풍부한 것으로 나타나고 있다. 하지만, 연간 1인당 강수량으로 환산해볼 경우 약 2,900톤으로 세계평균 34,000톤의 약 9%에 불과하며(표 1. 참조) 인구를 대비한 수자원 보유량은 상대적으로 빈약한 실정이다. 더구나 우리나라의 강수량은 연도별, 계절별 및 지역별 편차가 심하여 수자원 관리체계에 많은 어려움을 주고 있다.

표 1. 세계의 강수량 현황

구분	인구 (만명)	면적 (1,000km <sup>2</sup> )	년강수량 (mm/년)	강수총량 (억 m <sup>3</sup> /년)	1인당 강수총량 (m <sup>3</sup> /년.인)
미 국	21,361	9,363	760	71,159	33,313
프 랑 스	5,291	551	750	4,133	7,811
스 위 스	640	41	1,470	306	9,422
필 리 핀	4,183	299	2,360	7,056	16,868
이 란	3,301	1,648	250	4,120	12,181
쿠웨이트	89	22	120	26	2,653
일 본	11,193	377	1,750	6,579	5,500
한 국	4,300	99	1,274	1,267	2,935
세 계	389,000	135,830	973	1,321,626	33,975

※ 1977년 UN 물회의자료, 인구는 1975년 기준, 한국자료는 1991년 자료임.

다음으로, 계절적 강수분포 변화를 보면 6~9월까지 4개월간의 강수량이 1년 총강수량의 2/3이상에 해당하여 집중적으로 내리는 반면, 갈수기인 10~3월까지는 1년 강수의 20%에 불과하여 계절적 편차가 심하며 홍수기에 수해의 위험성이 크나 평상시에는 유하량이 적어 용수공급에 어려움이 있다. 이러한 계절적 불균형은 하천의 최대유량과 최소유량의 비인 하상계수가 300이상으로 나타나 통상 100 이하인 외국 하천(표 2. 참조)에 비해

표 2. 국내외 주요 하천의 하상계수

하천	하상계수	하천	하상계수
한강(인도교)	580(170)	세느강(프랑스)	34
낙동강(진동)	360(180)	라인강(독일)	16
금강(공주)	540(300)	미조리강(미국)	75
형진강(송정)	510(330)	나일강(이집트)	30
영상강(나주)	330(170)	대정천(일본)	110

주 : · 국외하천의 하상계수는 주요 댐 건설 이전의 자연 상태 값임.

· ( ) 다목적댐 건설후.

자료 : 하천환경관리 기본조사·연구(건설부 1991).

수자원 관리상에 불리한 조건으로 작용하고 있다.

마지막으로, 지역별 강수분포특성을 살펴보면, 섬진강을 중심으로 한 남해안 일대가 강수량이 제일 많은 반면에 낙동강 유역의 강우량이 가장 적으나 한강을 중심으로 한 5대강 유역(전 국토 70%)의 하천 유출량은 비교적 풍부하며 이 외(전 국토 30%)지역에서는 하천 유출수에 의한 혜택을 충분히 받지 못하고 있어 물부족에 대한 용수공급 체계가 절실히 요구되고 있다. 따라서 시·공간적 변동이 심한 상태에서 장래의 원활한 용수공급을 위해서는 수자원으로서 지표수의 정량적 증가를 위한 확보방안과 동시에 지표수의 효율적인 이용방안이 병행되어야 할 것이다. 또한, 무엇보다 유동체계가 안정된 지하수 장기개발과 지표수의 막대한 손실량을 지하수 체계로 조화시키는 연계운영 등이 시급히 이루어져야 할 것이다.

본고에서는 우리나라의 수자원에 대한 편중된 지역적·계절적 특성과 부존량 및 용수이용량을 살펴보고 부족한 수자원을 확보하는 한 방안으로써 지하수 개발 및 지표수와 지하수의 연계운영에 대한 필요성을 제시하는데 도움이 되고자 한다.

## 2. 수자원 부존량 및 이용현황

### 2.1 지표수 부존량

우리나라의 수자원 부존량은 연평균 1,267억톤이며 이 중 45%에 해당하는 570억톤은 증발 및 지하침투로 손실되고 55%인 697억톤만 하천으로 유출되고 있으나 이중 467억톤(37%)은 홍수기인 6~9월에 집중적으로 유출되고 있다. 또한, 평상시 유출은 18%인 230억톤에 불과하고 총부존량 1,267억톤 가운데 공급 가능량은 지하수이용량 26억톤(2%), 댐공급량 126억톤(10%) 및 하천취수량 172억톤(14%)으로써 총 324억톤(26%)에 불과한 실정이다(표 1.).

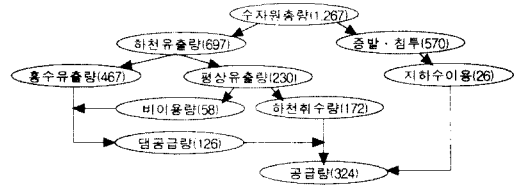


그림 1. 수자원 부존 현황 (단위 : 억톤)

중적으로 유출되고 있다. 또한, 평상시 유출은 18%인 230억톤에 불과하고 총부존량 1,267억톤 가운데 공급 가능량은 지하수이용량 26억톤(2%), 댐공급량 126억톤(10%) 및 하천취수량 172억톤(14%)으로써 총 324억톤(26%)에 불과한 실정이다(표 1.).

### 2.2 지하수 부존량

다음의 표 3.과 표 4.에는 우리나라의 지하수 부존량과 채수가능 지하수량을 각각 나타내었다. 표 3.에서 우리나라의 지하수부존량은 32,275억m<sup>3</sup>으로 우리나라의 연평균 수자원총량 1267억m<sup>3</sup>(건설부, 1998)의 약25배이고 연 평균 하천유출량 697억m<sup>3</sup>의 약 46배에 달하며 표 4.에서 우리나라의 채수가능 지하수량은 18,676억m<sup>3</sup>으로 연 평균 평상시 하천유출량 230억m<sup>3</sup>의 약80배에 달한다. 그리고 우리나라의 연 평균 지하수 함양량은 연 평균 수자원 총량의 16%에 해당하는 약 205억m<sup>3</sup>(김, 1995)으로 추정되고 있다. 따라서, 우리나라의 지하수 부존량은 연 평균 지하수 함양량의 약 157배이고 채수 가능 지하수량은 연 평균 지하수 함양량의 약 91배에 해당되고 있다.

### 2.3 용수수요 및 공급현황

우리나라는 국토종합개발계획, 수자원 종합개발계획 등을 통하여 신규 수자원개발을 지속적으로 추진해 왔으나 인구증가와 급속한 도시화 및 산업화로 인한 용수수요의 급격한 증가추세로 인하여 가까운 장래에 수자원 부족현상이 초래할 것으로 추정되고 있다. 1970년대의 1인 1일당 급수량이 200l 수준에서 1990년대에는 2배인 400l 이상, 수자원 장기종합계획에 의하면 2011년에는 1인 1일당 물 소비량이 480l로 늘어날 전망이며 급수보급율도 82%에서

95%로 약 13%의 증가와 더불어 공업단지 면적은 250km<sup>2</sup>에서 669km<sup>2</sup>로 확장, 수리안전담의 비율은 72%에서 84.7%로 약 13%정도 향상될 것으로 보고

있다. 여기서 전국 용수공급 현황을 총량적으로 볼 때 연간 용수 수요량은 2001, 2006 및 2011년에 각각 337억, 350억 및 367억m<sup>3</sup>으로써 평균 5%정도의 증

표 3. 우리나라의 지하수 부존량

유역	지질종류	총적층(km <sup>3</sup> )	풍화층(km <sup>3</sup> )	화성암류(km <sup>3</sup> )	변성암류(km <sup>3</sup> )	퇴적암류(km <sup>3</sup> )	계(km <sup>3</sup> )
한 강		13.5	21.6	225.1	345.8	199.3	805.3
낙동강		16.1	21.6	111.6	124.0	687.9	961.2
금 강		8.1	6.5	138.0	100.9	19.4	272.9
영산강		2.6	3.2	50.4	3.1	36.0	95.3
섬진강		1.8	4.3	51.1	53.3	35.8	146.3
안성천		2.0	2.0	30.1	11.7	3.0	48.8
만경강		2.0	1.4	28.8	8.9	5.2	46.3
속교천		1.9	1.4	27.8	13.2	0.0	44.3
동진강		1.8	1.0	28.3	0.0	1.2	32.3
형산강		0.9	1.0	10.3	0.3	35.3	47.8
제주도		1.4	1.8	45.3	0.0	0.0	48.5
기 타		17.0	17.3	163.8	173.1	307.3	678.5
계		69.1	83.1	910.6	834.3	1330.4	3227.5

표 4. 우리나라의 채수가능 지하수량

유역	지질종류	총적층(km <sup>3</sup> )	풍화층(km <sup>3</sup> )	화성암류(km <sup>3</sup> )	변성암류(km <sup>3</sup> )	퇴적암류(km <sup>3</sup> )	계(km <sup>3</sup> )
한 강		4.99	8.40	117.04	179.83	132.54	442.80
낙동강		5.94	8.40	58.01	64.48	468.35	605.18
금 강		2.97	2.52	71.77	52.44	13.22	142.92
영산강		0.95	1.26	26.20	1.59	24.51	54.51
섬진강		0.65	1.68	26.56	27.72	24.38	80.99
안성천		0.72	0.76	15.65	6.10	2.02	25.25
만경강		0.75	0.55	14.96	4.60	3.52	24.38
속교천		0.72	0.55	14.47	6.86	0.00	22.60
동진강		0.66	0.39	14.70	0.00	0.80	16.55
형산강		0.35	0.39	5.36	0.17	24.03	30.30
제주도		6.25	6.72	85.18	90.00	209.25	397.40
기 타		6.25	6.72	85.18	90.00	209.25	397.40
계		25.46	32.31	473.43	433.79	902.62	1867.63

\* 배상근, 한국의 지하수 부존량(1990).

표 5. 장래 용수 수요현황

(단위 : 백만 m<sup>3</sup>/년.(%))

구 분	94	2001	2006	2011	비 고
용수수요량	30,144(100)	33,662(100)	35,014(100)	36,673(100)	
- 생활용수	6,209(20.5)	7,435(22.1)	8,073(23.1)	8,706(23.7)	
- 공업용수	2,582(8.5)	3,873(11.5)	4,074(11.6)	4,544(12.4)	
- 농업용수	14,877(49.5)	15,027(44.6)	15,226(43.5)	15,150(41.3)	
- 유지용수	6,476(21.5)	7,327(21.8)	7,641(21.8)	8,273(22.6)	

가 추세를 보이고 있다(표 5.).

한편, 용수 수요량은 인구증가와 산업화의 고도성장으로 집중화, 대량화되면서 급격히 증가할 전망이다. 용수공급량 능력은 기존의 취수시설 및 기개발된 댐에서의 공급량을 근간으로 하여 현재 개발중인 댐의 공급능력을 고려하여도 다음의 표 6.에서와 같이 2000년 초에는 부족량이 예상된다. 그러나 단계적인 수자원 개발을 통하여 2011년까지 51억톤을 확보할 방침이다(유영창, 1997). 하지만 신규 수자원 51억톤은 댐에 의한 확보이며 하천수는 94년 172억톤(53%)에서 점차 감소하여 2011년에는 169.5억톤(48.9%), 지하수의 개발에 따른 수자원 확보는 약 8%로 거의 변동이 없음을 알 수 있다.

### 3. 지표수와 지하수의 연계운영

#### 3.1 지표수(댐) 확보

##### 3.1.1 개발상의 문제점

수자원 확보에 따른 용수공급의 증가를 위해 다목적댐과 광역상수도를 지속적으로 건설하여 왔으나 국지적인 물부족 현상은 국민생활과 경제활동에 상당한 지장을 초래하였다. 용수확보차원에서 지표수 저류와 홍수통제를 위한 댐 건설은 계획에서 설계 및 완공에 이르기 까지 약 10여 년이라는 장기간이 소요되며 물 부족현상이 발생되면 단기간에 대처하기가 불가능하다. 수자원개발 여건을 보면 60년 대 이후 지속적인 댐 개발로 수계의 주요지점에 대용량의 다목적 댐 건

설이 대부분 완료되었고 중·소규모의 댐 개발로 전환하고 있으나 댐개발 적지의 감소와 개발단가 및 용지보상비(표 7.) 등에 따른 문제점들이 수자원 개발 여건을 갈수록 악화시키고 있는 것이 현실이다. 예를 들어 1973년 준공된 소양강댐의 경우 용수 1톤당 개발단가가 3.3원이었던 것이 1992년 임하댐의 경우 약 41원, 1996년 횡성댐의 경우 약 102원으로 30배 정도 증가하였다. 또한, 댐개발에 따른 수몰지역과 개발지역이 서로 달라 지역 이기주의가 점차 팽배해지고 있으며 지방자치제 실시 이후 수자원에 대한 중요성이 점차 깊이 인식되면서 수자원을 확보하기 위한 분쟁은 더욱 가속화되고 있는 실정이다. 우리는 이제 산업입지나 광역권 개발계획에 따른 용수공급에 차질이 있을 경우 국가 경쟁력마저도 상실된다는 우려감을 가져야 한다.

##### 3.1.2 수질상의 문제점

수자원 확보에 있어 수량 못지않게 중요한 문제가 수자원의 유지관리 기능인 수질문제이다. 우리나라의 수량부족현상과 수질악화로 인한 물문제는 근본적으로 하천오염에서 기인된 것이다. 국지적으로 가뭄이나 용수의 도수로 인한 수량자체가 부족하여 문제가 되고 있는 곳도 있겠지만 광역적으로 보면 하천에 물이 있어도 용수로서 사용할 수 있는 물이 부족한 실정이다. 우리나라의 주요하천은 대부분 오염원이 중류와 상류에 편중되어 있어 도시화 및 산업화의 진전에 따라 물 수요량이 점차적으로 증가되어 총강우량의 약 24%를

표 6. 장기 용수공급 계획

(단위 : 백만 m<sup>3</sup>/년, (%))

구분	94	2001	2006	2011	비고
용수공급량	32,463(100)	34,364(100)	34,607(100)	34,662(100)	전국
- 하천수	17,221(53.0)	17,093(49.7)	16,997(49.1)	16,953(48.9)	
- 지하수	2,571(8.0)	2,709(8.0)	2,808(8.1)	2,907(8.4)	
- 댐공급량	12,671(39.0)	14,562(42.3)	14,802(42.8)	14,802(42.7)	
· 기존댐	12,671	12,671	12,671	12,671	
· 건설중	-	1,891	2,131	2,131	

표 7. 다목적댐 용지 보상비의 비중

구분	소양강댐	안동댐	충주댐	임하댐	횡성댐
비율	24.2%	34.3%	49.4%	60.8%	69%

사용하고 있으나 갈수기에는 하천수의 47%가 생활하수 및 산업폐수로 구성되어 있는 등 환경여건이 매우 열악한 실정이다(백, 1997). 이와 같이 생활하수, 공장폐수 등과 같은 점원오염 및 농업용 비료, 축산폐수 등의 비점원 오염은 현실적으로 규제 및 정화가 매우 어려운 실정일 뿐만 아니라 하천의 자정능력과 수질개선에 막대한 비용을 초래하고 있다. 이것은 결국 국민들의 수질에 대한 불만을 팽배시켜 국민 대다수가 수돗물을 끓여서 먹고 약수와 먹는 샘물의 이용이 증가시키게 되는 요인으로 작용하고 있는 것이다.

한편, 현재 우리나라는 하수처리장 등 환경기초 시설들의 부족과 운영, 관리가 미흡한 상태이고 기존 시설도 연결 하수관의 미비, 관리·운영의 미숙으로 오염물질이 효율적으로 처리되지 못하고 있는 실정이다. 또한, 하천을 관리하는 부서가 다양하여 수량개발 부서는 하천 수질문제를 도외시한 수량확보에만 치우친 수자원 개발위주의 시책을 추진, 수질관리부서는 수량과 관계없이 처리시설 설치위주의 시책을 추진하는 등의 난맥상을 보이고 있다.

우리나라 4대 강은 본류 수질오염은 1988년을 정점으로 1994년부터 다시 악화하고 있으며 낙동강과 영산강에서 국지적으로 3급수의 수질을 초과하고 있는 실정이다. 또한 계절·지역적 강우분포의 편중은 하천의 유지용수에 대한 부족으로 말미암아 하천의 수질오염을 더욱 가중시키고 있으며 이는 용수공급의 능력이 직접적으로 경제에 영향을 미치는 오늘날의 현실을 감안하면 시급한 대책이 강구되어야 하는 것은 당연한 이치이다.

### 3.2 지하수 확보의 필요성

지하수는 인류가 향유하고 있는 귀중한 자원으로써 지반을 구성하는 토지환경자원과 수자원으로서의 성

격을 겸하고 있다. 수자원으로서의 지하수는 지표수에 비해서 매우 안정된 성격을 가지고 있다. 인류는 지표수를 이용하기 위해 여러 가지 노력을 반복해 왔으며 지표수를 통제하고 이를 이용하기 위해서 강력한 공권력이 필요했고 이는 과학이 급속히 진전된 오늘날에도 변함이 없다. 나라와 나라의 전쟁에서 지역과 지역의 팽배한 이기주의로 까지 발전했음을 누구도 부인할 수 없다. 이에 반해 지표수와 달리 그 중요성이 크게 인식되지 않고 있는 지하수에 대하여 다시 한번 음미할 필요가 있으며, 지하수의 이용상에 따른 장점은 많은 이·공학자들이 열변하였지만 다음과 같은 점은 공통의 인식이라 사료된다. 첫째, 지하수는 지표수에 비해 양호한 수질을 확보할 수 있으며 둘째, 수자원으로서 개발에 따른 투자비가 지표수에 비해 적게 든다(Koenig, 1963). 표류수를 수원으로 하는 수리시설물은 비교적 대규모이고 공공투자라고 하는 설치형태를 취할 수 밖에 없는데 반해 지하수의 경우에는 이용자와 수원이 매우 근거리에서 연결되기 때문에 시설은 양수기능이 있는 우물과 상수관만이 필요하다. 또한, 수리시설의 위치에서도 지표수의 경우에는 취수시설이 하천에 따라 점적 또는 선적인 제약을 받으나 지하수의 경우에는 면적으로 우물의 위치를 선택할 수 있다. 셋째, 지하수의 이용에 있어 유동방향과 함양량 및 유출량의 관계가 명확히 파악되면 양수량을 자연적인 유출량의 아래로 억제함으로써 지하수를 영구적인 수자원으로써 이용할 수 있다. 또한, 지표수의 연계운동을 통한 지하수 인공함양 등 적극적인 지하수량의 강화는 지하수 유출량의 증대를 가져와 양수량의 증가를 도모할 수 있다.

### 3.3 연계운영상의 필요성

현재 국내 수자원확보에 따른 문제점들을 고려할

표 8. 4대강 유역의 수질현황 (BOD)

(단위 : ppm)

구분	90	91	92	93	94	95	96
한강(팔당댐)	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
낙동강(물금)	3.0	4.0	3.3	3.4	4.6	5.1	4.8
금강(공주)	3.2	3.1	3.3	3.1	3.7	4.8	3.8
영산강(나주)	6.7	5.6	5.6	4.5	7.3	7.0	5.6

때 수량면에서 많은 문제가 제기되고 있지만 수질적인 문제도 수량적 문제만큼 중요한 요소로 대두되고 있다. 따라서, 지표수와 지하수의 연계운영방안의 필요성에 대해서는 수량적인 측면과 수질적인 측면으로 구분할 수 있다.

### 3.3.1 수량적 측면

수량적인 측면에서 수자원의 계절적, 지역적 편차성 및 장기적인 가뭄에 종합적으로 대처하기 위해서는 여러 방법들이 제시될 수 있으며 양적인 해결측면에서 보면 다목적댐 건설도 효과적인 방법임에는 틀림없다. 하지만 이를 위해 현재 건설되고 있는 댐 이외에 지속적인 신규댐 건설은 경제적, 사회적 및 시간적 관점에서 많은 문제점들을 내포하고 있는 것은 사실이다. 이에 댐에 의한 용수 확보 방안이 대체되는 수자원으로서의 지하수 개발을 살펴보면, 우리나라 지하수 총 부존량은 심층지하수를 포함하여 32,275억톤(표 3.)으로 추정되고 있으며 지하수 채수 후 재충전이 가능한 실질적인 채수가능량은 18,676억톤(표 4.)으로 추정된다(배, 1990). 또한, 지하수 개발가능량은 양수로 인한 지반침하, 지하수 장애발생 등 부작용이 없는 범위안에서 국지적인 지질특성, 유동특성을 고려하여야 하지만 전체적인 지역 관점에서 볼 때 연간 강수에 의한 지하수 함양량인 205억톤의 70%에 해당하는 약 143억톤/year로 추정되고 있다. 따라서, 현재 수자원으로서의 지하수 이용실태를 보면 지하수 조사연구(한국 수자원공사, 97년)에서 나타난 연간 26억톤의 이용은 지하수 개발가능량의 약 20%에도 미치지 못하는 것이다. 하지만 지하수의 개발은 적정양수량의 산정을 위한 지하수 조사가 반드시 필요하며 무분별한 개발로 야기되는 지하수 재해는 규모면에서 피해가 클 뿐 아니라 회복속도가 느리기 때

문에 재해가 발생되지 않도록 체계적인 관리가 필요하다. 제주도 성산포 일대의 해수침입 확산이나 부산 신평공단의 지하수 오염 등이 좋은 예라 할 수 있다.

### 3.3.2 수질적 측면

한편, 수질적인 측면에서 보면 전절에서 언급한 것과 같이 양질의 지하수 확보는 상수원으로, 지표수는 농업용수원 등으로 사용할 수 있다. 국내의 주 용수 공급원인 하천으로부터 직접 취수하는 방식에서 수질은 많은 문제점을 야기한 바 있는데 저질화된 지표수를 직접 취수하여 정수하는 방법 대신에 하천연변에 널리 분포된 충적 대수층 내에 채수정을 설치하고 펌프를 이용하여 채수정의 물을 강제 배수하면 상당한 양의 저질화된 지표수가 충적층을 관류하면서 양질의 수질로 개선된다. 이것은 오염물질을 함유한 지표수가 대수층으로 유입되어 지하수와 혼합한 후 대수층을 유동할 때 오염물질이 대수층의 구성물질과 흡착, 분해되면서 혼합수내에서 제거되는데 지하수가 존재하는 대수층을 일종의 여과장치로 이용한 방법 중의 하나이다. 그리고 갈수시 또는 수질오염 사고에 신속히 대처하기 위해서는 국내에서 농업, 생활 및 농업용수를 공급할 목적으로 설치된 중소규모 댐이나 저수지 등의 인근에 분포된 대수층으로부터 개발 가능한 지하수자원의 부존특성과 개발 가능량 등을 규명함으로써 비상시 보조 및 예비수원으로 활용할 수 있도록 해야 할 것이며 신규 댐의 경우 예비 타당성 조사 단계부터 인근 지역에 분포된 지하수자원의 개발 가능성 조사를 의무화 하여야 한다. 한편, 이러한 연계운영에 따른 경제성을 검토해 보면 미호천에서 저질의 지표수를 직접 취수하여 정수하는 방법인 직접취수법과 인근에 분포된 투수성 충적퇴적층 내에 집수정을 설치하여 정수하는 경우의 간접취수법에 대한 개략공

표 9. 공사비와 개발단가의 비교

구 분	용량방식	5,000톤/Day		10,000톤/Day		30,000톤/Day	
		직접취수	간접취수	직접취수	간접취수	직접취수	간접취수
	총공사비(백만원)	6,856	5,758	8,989	7,555	14,589	12,308
	개발단가(원/CMD)	1,371	1,152	899	756	486	410

\* 한국수자원공사(1995)

사비와 용수개발단가를 서로 비교한 결과(표 9.) 수질의 개선과 더불어 공사비와 개발단가가 약 20% 정도 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

### 3.4 연계운영 방향

지표수와 지하수의 연계운영에 대한 목적은 장래에 증가할 수자원의 확보를 위해 양자의 특징을 상호보완적으로 조정함으로써 지표수와 지하수의 용수공급량을 늘이는데 있다.

지표수와 지하수의 연계운영에 다음과 같이 소극적 운영과 적극적 운영으로 분류해 보면 먼저, 소극적 운영에는 현재의 지표수와 지하수에 대한 양적인 증가보다는 질적인 관점에서 감시하고 관리하는 것이다. 정부에서는 각 시와 도에 존재하고 있는 하천과 지하공(우물, 관측공)들의 규모와 상태를 먼저 파악하고 무분별한 개발과 이용으로 대상유역에 미치는 영향이 기준치를 넘지 않도록 통제하고 보존해야 할 것이며, 개발유역에 있어 개발에 필요한 자료의 축적을 위하여 체계적이고 합리적인 방향을 유도해야 한다. 다음으로, 적극적 운영에는 지하수의 인공함양이나 지하댐 건설 등과 같은 지하수를 증량시키는 방법으로써 지하수의 수질개선, 염수침입, 지반침하의 방지 등으로 지하수량의 증가와 보존을 위한 것이다. 자연함양량을 상회하는 지하수 양수로 인해 발생하는 지하수 재해를 방지하면서 적극적으로 지하수를 이용하기 위해서는 지하수의 수량 증가가 반드시 필요하다. 하지만 지하수량의 증가를 위한 인위적인 방법을 도입할 때는 무엇보다도 지역의 특성을 고려하여야 하며 자연유역, 도시유역 및 도서유역 등과 같이 용수공급의 장래 수요량이나 지하수 부존 특성이 상이한 지역에서는 인공적인 함양방법에도 차이를 가져올 수 밖에 없는 것이다. 우리나라의 수자원총량 100%에서 공급량이 약 26%인 점을 고려해볼 때 74%의 수자원이 직·간접적으로 이용되지 못하고 손실된다. 결국 강우의 시·공간적 분포특성상 지표수는 홍수량으로서 인적·재정적으로 막대한 피해를 입히며 단시간에 유출을 이루는데 이러한 홍수량을 지하수로 인공함양한다면 그 피해를 줄임과 동시에 수량확보도 이를 수

있을 것이다. 여기서, 도시유역에서는 지표면의 형태를 불침투면에서 침투면으로 변형하거나 침투능의 증가를 위해 다공성 포장, 투수성이 높은 배수구나 측구 설치, 평탄부에서 홍수량을 배분하여 지하저류하는 등의 방법이 제시될 수 있다. 또한, 우리나라의 대표적 도서유역인 제주도의 경우에 연강우량은 우리나라에서 가장 많으나 편중된 강우분포로 인하여 평상시에는 다공질 매체인 토양의 특성상 약 80% 정도의 침투율을 보이고 있다. 하지만 폭우시에는 평균경사가 급하여 일시에 홍수를 이루어 단시간에 바다로 유출되므로 막대한 손실 유량을 사전에 하천에서 일정량이 단계적으로 저류될 수 있도록 수공구조물(보) 등을 설치한다면 홍수량의 감소와 함께 지하 침투량을 증가시킬 수 있을 것이다.

## 4. 결론

우리나라의 수자원은 그 특성상 댐공급량이나 하천 취수량이 주된 용수공급체계로 이루어져 있고 지하수는 지표수의 개발공급조건이 열악하거나 대규모 지하수층이 존재하는 지역등에서 대체 용수원으로 활용되고 있는 실정이다. 하지만 구미의 여러나라 등에서는 용수시기와 공급체계관리 등 여러 제반사항에 따라 지표수와 지하수를 연계하여 계획적으로 운영관리함으로써 용수공급의 안정성과 효율성을 도모하고 있다. 물론, 우리나라는 외국에 비해 대규모 대수층의 부존과 지하수 개발을 위한 기본자료의 축적이 상대적으로 낮은 실정이나 적극적인 개발의지만으로도 이러한 문제점들은 충분히 해결될 것이다.

지하수의 합리적 이용은 수자원의 총량확보, 용수공급의 효율성 증대 차원에서 다루어져야 하며 이를 위해서는 수량 뿐만 아니라 수질의 안정성, 치수와 이수의 개념이 포함된 지표수와 연계운영 그리고 경제성 및 시설의 효율성 증대를 위한 운영관리 측면 등이 함께 고려되어야 할 것이다. 우리나라 실정을 감안할 때 지표수와 지하수의 연계운영은 이론과 실용적인 측면에서 충분한 타당성이 있는 것으로 판단된다. 심부 지하수에 비해 강수에 의한 지하수 함양이 원활

하고 대용량의 채수가능성 및 대수층 고유의 여과기능을 이용한 현저한 수질개선 효과를 거둘 수 있는 층적층의 발달과 불투수 면적의 증가로 인한 도시구역에서의 침투유량 증가를 억제하기 위한 투수면적의 확대 및 지하저류 방안과 도시구역의 다공질 매체의 특성을 이용하여 홍수시 하천에 단계별로 유량을 저류시키기 위한 수공구조물 설치 등은 이수와 치수의 양 측면에서 효율성을 감안하면 지표수와 연계한 지하수 개발의 필수적인 사항이라 할 수 있다. 한편, 지표수와 연계된 지하수를 개발 이용하는 것은 우리 모

두가 추구하는 궁극적인 목표이면서 반드시 실행하여야 할 사항들이지만 이 모든 측면을 완벽하게 고려하여 개발 이용과 보존 관리를 동시에 수행한다는 것으로 참으로 어려움이 많을 것이다. 하지만 환경적 측면, 자연 생태계적 측면 및 수자원적 측면에서 지하수의 그 중요성은 누구도 부정할 수 없으며 단계적으로 현실에 맞게 개발하고 실패에 따른 좌절을 슬기롭게 극복한다면 지하수 개발과 보존은 결코 어려운 과제만은 아닐 것이다. ●

〈참고 문헌〉

건설교통부(1995,1996, 1997, 1998), 지하수 조사년보.  
 김남중(1995), 국내지하수 현황과 이용관리 방향, 한국수자원학회지, Vol. 28, No. 4, pp. 28~36.  
 김창세(1995), 지하수법 시행과 지하수 관리대책, Vol. 28, No. 4, pp. 9~18.  
 배상근(1990), 한국의 지하수 부존량, Keimyung university, Vol. 13-1.  
 배상근(1999), 수자원확보를 위한 지하수 이용방안, 한국수자원학회지, Vol. 32, No. 5, pp. 158~165.  
 백규석(1997), 우리나라 하천의 수질현황 및 문제점, 한국수자원학회지, Vol. 30, No. 4, pp. 11~15.  
 선우중호(1996), 지하수개발·이용에 따른 바람직한 지하수 기초조사와 영향평가 방안, Vol. 29, No. 6, pp. 58~61.  
 이규환(1997), 세계 물의 날 기념 물 문제 심포지움, 대한토목학회, pp. 34~59.  
 유영창(1997), 우리나라의 물 수요전망과 개발계획, 한국물 학술단체 연합회, 한국수자원공사, pp. 161~207.  
 한정상(1998), 지하수환경과 오염, pp. 978~997.  
 Koenig, L. (1963), Economics of Groundwater Utilization. Journ. AWWA, 55.  
 Soki Yamamoto(1983), 지하수조사법, PP. 713~730.