

# 지표수-지하수 연계 이용을 위한 적지분석 시스템 개발

## Development of Site Analysis System for Conjunctive Use of Surface and Ground water

이상일\*, 이상신\*\*  
Sang Il Lee, Sang Sin Lee

### 요 지

지하수를 이용한 물 문제 해결 방법은 여러 수공학자들에 의해 연구되어 왔고 많은 성과를 이루었다. 하지만, 과도한 지하수 개발은 새로운 공학적 문제를 야기하게 되어 각 수자원에 대한 개별적인 분석 단계를 지나 여러 수자원을 연계하여 이용할 수 있는 기법들이 연구되고 있다. 이 방법 중 하나로 지표수와 지하수를 연계 이용하는 방법이 연구되었고, 개발 대상 지역에 대한 우선순위 결정을 위해 계층분석과정(Analytic Hierarchy Process, AHP)이 적용되었다. 이러한 적지 분석을 위한 시스템(SASCU)을 GIS와 연계하여 개발함으로써 개발 가능 후보지에 대한 개발 우선순위 결정에 도움이 될 것으로 사료된다.

**핵심용어** : 연계이용, 적지분석, 계층분석과정, 지하댐, 강변여과수, GIS

### 1. 서 론

우리나라는 지속적인 인구증가와 산업 활동의 증가로 1990년대에 이미 물부족 국가로 분류되었으며 앞으로, 더 많은 물부족이 예상된다. 이러한 장래 물부족에 대처하기 위해 신규수자원확보가 절실한 실정이다. 과거 국내 수자원의 개발방향은 치수적 측면에서의 개발이 주로 이루어져 하천정비와 대규모댐 개발에 집중되어진 실정이나 이에 따른 추가 수자원 확보에 한계를 나타내고 있다. 따라서, 신규수자원 확보를 위한 효율적인 이용을 위한 다양한 방법 중 지표수-지하수를 연계하여 이용하는 이수적 측면의 접근이 필요할 것이다.

신규수자원 확보를 위한 지표수-지하수 연계 이용 방법으로는 지하댐(underground dam)을 이용한 방법과 강변여과수(bank filtration)를 이용한 방법, 인공함양(artificial recharge) 등이 있다. 본 연구에서는 연계이용에 필요한 지하댐과 강변여과수의 개발 가능한 지역들의 적지분석을 실시하여 개발 우선 순위 결정에 필요한 시스템 개발에 목적을 두고 있다.

### 2. 지표수-지하수 연계이용

지표수와 지하수 연계이용은 수자원 개발이 한계에 도달하거나 시공간적으로 수자원의 수요, 공급의 불균형이 심한 지역에서 유역내 지표수와 지하수를 단일 체계로 통합하여 계획적으로 운영함으로써 수자원의 가용량 증대와 용수공급의 안정성을 확보하는 방법이다.

연계이용의 방법으로는 전통적인 우물에 의한 지하수 개발을 비롯하여 인공함양에 의한 지하수 보충, 강변여과에 의한 지표수 취수, 지하댐에 의한 지하수 확보 등을 들 수 있다.

지하댐이란 지하수가 흐르고 있는 대수층에 인공적인 물막이벽을 시공하여 지하수를 대수층내에 저류 또는 함양시키고, 이를 관정 등의 시설을 이용하여 취수하여 사용하기 위한 지하 저류지를 말한다. 지하댐의 국내 사례는 표 1에 나타내었다(이상일과 김병찬, 2003).

\* 정희원 · 동국대학교 토목환경공학과 부교수 · E-mail: islee@dgu.ac.kr

\*\* 정희원 · 동국대학교 토목환경공학과 박사과정 · E-mail: sinslee@magicn.com

표 1. 지하댐의 국내외 사례

국가	시업지구	목적	유역면적(ha)	준공년도	댐길이(m)	저수량(m <sup>3</sup> )
일본	樺島	생활(상수)	60	1980	59	9,300
	常神	상수	-	1985	200	74,000
	砂川	농업	720	1992	1,835	9,500,000
	福里	농업	12,400	1998	1,720	10,500,000
	慶座	농업	120	2001	955	389,000
중국	富平	농업, 공업	15,600	2001	3,850	500,000,000
	大連	농업, 염해방지	9,780	건설 중	1,200	16,827
인도	Palghat Gap	농업	10	1964	130	15,000
		농업	20	1979	150	15,000
Ethiopia	Bombas	생활	-	1981	-	-
	Gursum	생활	-	1981	-	-
브라질	Pernambuco State	생활, 농업, 염해방지	-	1999	-	-
한국	경북 상주(이안)	농업	2,130	1983	230	4,143
	경북 영일(남송)	농업	15,300	1986	89	4,017
	충남 공주(옥성)	농업	27,500	1986	482	2,850
	전북 정읍(우일)	농업	2,200	1986	778	2,457
	전북 정읍(고천)	농업	2,700	1986	192	1,534
	강원 속초(쌍천)	생활	6,533	2000	800	-

강변여과는 지하수 인공함양의 간접방식 중의 하나로서 하천 인접부에 수직 또는 수평 정호를 설치하여 하천 인접 대수층의 수위강하를 발생시켜 주변의 지하수와 대수층으로 유입된 하천수를 취수하는 방식이다. 하천 주변의 충적층을 통과하면서 1차적인 수질개선이 수행되며, 또한 충적 대수층의 저류 공간을 활용한 수 자원 저장효과를 도모할 수 있는 장점이 있다. 표2와 표3에 강변여과수의 국내외 사례를 나타내었다.

표 2. 강변여과수 국내 사례

위치	취수정갯수	취수량 (×1,000 m <sup>3</sup> /day)	대상하천	비고
충남 연기군 남면	-	-	미호천	타당성 조사
충남 부여군 부여읍	-	-	금강	타당성 조사
경남 함안군 칠서면	5	5	낙동강	타당성 조사
경남 김해시 상동면	6	5	낙동강	타당성 조사
경남 창원시 북면	2	9.7	낙동강	실제 적용
경남 창원시 대산면	2	7.2	낙동강	실제 적용

### 3. 계층분석 과정(AHP)

계층분석과정은 여러 인자들을 계층적으로 분류하여 각 인자의 중요도를 파악하여 최적 대안을 선정하는 기법으로 Saaty에 의해 개발되었다.

어느 지역이 지표수-지하수 연계이용에 적합한가에 관한 의사결정은 많은 인자가 고려되어야 하는 복잡한 의사결정과정이며, 가능한 한 최대한 많은 인자를 포함시켜서 지역 간 우선순위를 결정해야 하는데, 계층 분석과정은 이러한 특성을 잘 반영할 수 있는 기법으로 판단된다. AHP 알고리즘은 그림 1과 같다.

표 3. 강변여과수 외국 사례

국가	사업지구	취수정갯수	취수량 (×1,000 m <sup>3</sup> /day)	대상하천
미국	Cincinnati, Ohio	10	151.2	Great Miami
	Columbus, Ohio	4	151.2	Scioto/Big Walnut
	Kalama, Washinton	1	9.9	Missouri
	Kansas City, Kansas	1	151.2	Columbia
	Kennewick, Washington	1	11.32	Columbia
	Lincoln Nebraska	2(H)+44(V)	132.2 <sup>2)</sup>	Platte
	Sacramento, California	1	37.8	Sacramento
	Terre Haute, Indiana	1	45.4	Wabash
	Louisville, Kentucky	1+1	75.6	Ohio
슬로베니아	Maribor	13	64.8	Drava
헝가리	Csepel Island, Budapest	280(total)	299.8	Danube
독일	Mockritz	74	108.9	Elbe
	Torgau	42	150.1	Elbe
	뒤셀도르프 정수장	70	33.6	라인강
		18	324.6	
	에센 정수장		134	라인강
오스트리아	비엔나 정수장		40	
프랑스	Le Pecq-Croissy 정수장		320	세느강
네델란드	암스테르담 정수장		250	라인강

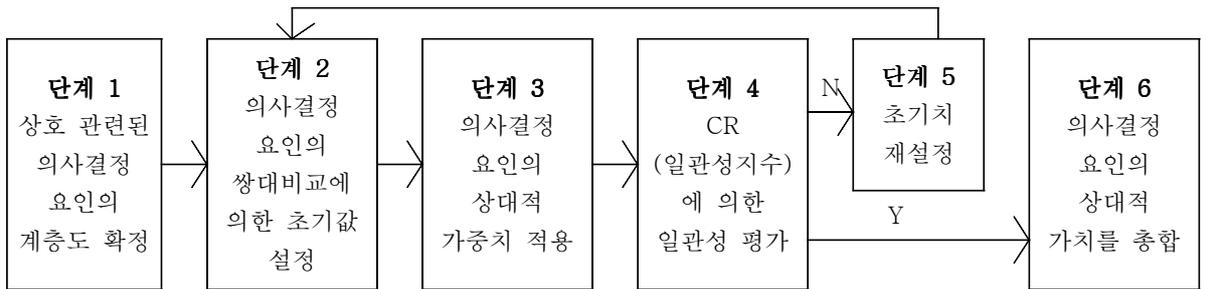


그림 1. AHP 알고리즘

#### 4. 적지분석 시스템 개발

지표수-지하수 연계 이용 적지분석 시스템(SASCU)은 국내 개발 가능한 유역에 대한 적지분석을 계층분석 과정(AHP) 기법을 이용, 적합도를 계산하여 개발 우선순위 선정을 주요 목표로 한다. 부가적인 기능으로 대상 유역이나 지형 지물의 효율적인 관리를 위하여 대상에 대한 도형, 속성자료의 조회 및 질의가 가능한 GIS 시스템으로 설계하였다. 시스템의 개발 전략 및 구현방안은 표 4와 같다.

표 4. 개발전략 및 구현방안

개발전략	구현방안
- 유역의 개발 우선 순위 지정의 편리성	- 유역 평가 지표 제시 및 산정
- 유역의 부가 정보 제공	- 자료 조회가능
- 확장성	- 신규 지역 추가가능
- 편리한 사용자 환경	- 편리한 사용자 인터페이스

본 시스템은 Windows를 기반으로 하여 ArcView와 Visual Basic으로 구축되며, AHP 모형이 데이터베이스

스로 저장된 도형정보와 속성정보를 활용하고 적지분석시 고려될 인자들을 각 단계별로 입력받아 적합도를 계산한다.

시스템 구성은 대상에 대한 도형데이터베이스와 속성데이터베이스를 가지며, 정보검색시스템에 의해 데이터베이스가 조회된다. 또한, AHP 모형 시스템은 구축된 데이터베이스와 적지분석시 고려될 인자들을 입력받아 적합도를 계산하고 적지분석 결과를 출력할 수 있도록 한다.

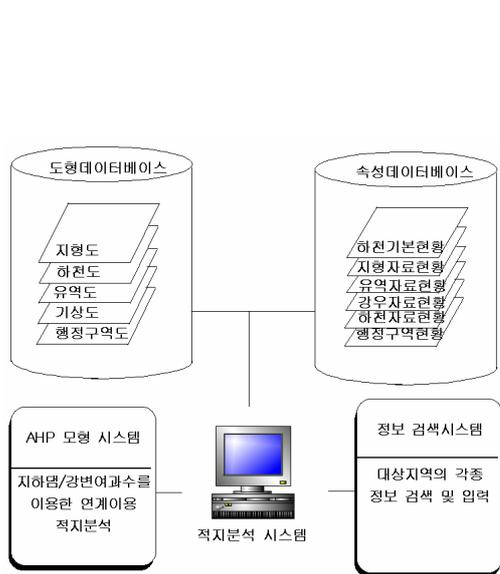


그림 2. 시스템 구성



그림 3. 시스템 메뉴 구성도

본 시스템은 적지분석기능, 부가기능, 시스템관리기능으로 구성된다. 적지분석기능은 지하댐/강변여과수 조회와 대상 지역에 대한 적지분석 및 그 결과 조회로 구성된다. 부가기능은 GIS 기능을 이용한 도형정보와 속성정보에 대한 조회 기능을 가지고 있다. 시스템 관리 기능은 시스템의 초기화, 범례편집, 지하댐/강변여과수 추가 삭제 기능이 있다. 본 시스템에서 고려되는 인자는 표 5와 같다.

표 5. 지하댐, 강변여과수 인자 비교

적지분석인자		지하댐	강변여과수	적지분석인자	지하댐	강변여과수		
수리지질학적조건	지질	지질	○	생활환경조건	용수부족율(2011년 기준)	○		
		대수층 두께	○		가뭄피해	○		
		충적층 분포면적	○		연평균강수량	○		
		투수계수	○		지표수 수질	○		
		저류계수	○		하천오염피해	○		
		지하수함양량	○		접근성	○		
		비산출률	○			적정개발량	○	
		수리진도도	○			유역경사	○	
		개발가능량	○		댐(하천제방) 길이	○		
		가뭄시 유출량	○			비용조건	부지면적	○
		투수량계수	○				토지이용현황	○
		수위변화량	○		배후지가옥현황		○	
	하도변경 가능성	○	접근성		○			
	지하수 수질	수질등급	○		용수단가	○		
		주요 10개 항목 오염부하량	○		이수조건	기존시설연계성	○	
수질관리 45개 항목		○	수요지	○				
		시설물설치조건	○					
			하천개수 여부	○				

