

## 계층분석과정에 의한 지표수-지하수 연계이용 적지분석

손상철 · 이상일

동국대학교 토목환경공학과

poseidon4729@hanmail.net · islee@dgu.ac.kr

### 요 약 문

최근 물부족 현상은 심각한 사회·환경적 문제가 되고 있으며, 이에 대처하기 위한 방안의 하나로 지표수-지하수 연계이용이 대두되고 있다. 지표수와 지하수 연계이용은 수자원을 수문학적 순환 사이클의 관점에서 파악하고 상호보완적 이용을 도모하는 통합적인 방안이다. 본 연구는 계획 수립단계에서 연계이용의 가능성, 시급성 측면에서 최적의 대상지역을 선정하기 위한 체계적인 적지분석 방법론을 제시한다. 이를 위해 복잡한 의사결정 문제를 계층적으로 나누어 분석하는 기법(AHP)이 적용되었다. AHP를 통해 분석에 필요한 의사결정인자를 도출하였고, 그 상대적 중요도를 정량화 하였다. 입지인자의 중요도를 바탕으로 가상의 지역에 대한 각 측면의 적합도를 산정하였고, 비중을 달리함으로써 얻어지는 다양한 대안에 대하여 최종적인 적합도가 산정되었다. 이러한 방법론에 의거한 분석자료는 최종적인 의사결정을 위한 기초정보를 제공할 것이며, 지역 간 연계이용 우선순위를 평가하는데도 활용될 수 있을 것이다.

**key word** : 지표수, 지하수, 연계이용, 적지분석, 계층분석과정

### 1. 서론

최근의 지역 간 수자원의 불균형 및 지역 내 물부족 현상을 타개하기 위하여 지하수-지표수 연계이용이 유망한 대안으로 등장하고 있다. 본 연구는 연계이용 계획의 수립단계에서 최적의 지역 선정 및 연계이용 우선순위를 결정하기 위한 체계적인 적지분석 방법론의 제시를 목적으로 하였다. 이를 위해 지표수-지하수 연계이용 적지분석을 위한 입지선정인자를 도출하였으며, 인자들간의 상대적 중요도와 지역 적합도를 산정하기 위한 기법으로서 계층분석방법(Analytic Hierarchy Process, AHP)을 적용하였다. AHP는 1960년대에 개발된 복잡한 의사결정문제를 다단계로 나누어 분석하는 기법이다. 최근에는 지리정보시스템(GIS)과 연계되어 매립지 등의 시설물 적지분석에도 많이 이용되고 있다(Siddiqui et al., 1996; 배민기와 장병문, 1998; 이진덕 등, 2000).

### 2. 분석절차

#### 1) 의사결정인자의 선정

지표수-지하수 연계이용에 고려하여야 할 결정인자를 크게 가능성, 시급성 측면으로 구분하고, 결정인자의 속성을 <표 1>과 같이 총 4단계로 세분화하였다.

<표 1> 지표수-지하수 연계이용에 고려할 입지선정인자

단계 1	단계 2	단계 3	단계 4
가능성	지질	투수계수	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>10^{-8} \sim 10^{-6} \text{cm/sec}</math> (불투수)</li> <li>• <math>10^{-6} \sim 10^{-3} \text{cm/sec}</math> (투수불량)</li> <li>• <math>10^{-3} \sim 10^2 \text{cm/sec}</math> (투수양호)</li> </ul>
	수문	연평균강수량	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1,000 mm/y 이하</li> <li>• 1,000~1,200mm/y</li> <li>• 1,200~1,400mm/y</li> </ul>
시급성	물부족	2011년 수요기준 용수부족률	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -20~-40 %</li> <li>• 0~-20 %</li> <li>• 확보지역</li> </ul>

2) 입지선정인자간의 상대적 중요도 결정

입지선정인자간의 상대적 중요도를 산정하기 위해서는 인자들간의 선호도를 계량화된 수치로 표현하기 위한 척도가 필요하며, 본 연구에서는 <표 2>와 같이 설정하였다.

<표 2> 입지선정인자간의 선호도를 계량화된 수치로 나타내기 위한 척도

상호 연관성을 가지는 속성 및 인자에 대한 상대적 선호도의 언어적 표현 (1)	선호도 척도 (2)
비교인자간에 선호도가 없음	1
약간 선호함	3
강하게 선호함	5
명확한 선호를 보임	7
필수 불가결한 선호를 보임	9
중간값	2, 4, 6, 8

<표 2>의 척도를 이용하여 <표 3>과 같이 입지인자간의 선호도를 매트릭스 형태로 나타내고, 고유요소(Eigen Element)와 상대적 중요도(RIW)를 다음의 식에 의하여 산정한다.

$$EE = \sqrt[n]{a_{m1} \times a_{m2} \times \dots \times a_{mn}} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{식 1})$$

$$RIW = \frac{EE}{\sum EE} \quad \dots \dots \dots \quad (\text{식 2})$$

이때, 변수 n은 각 매트릭스 내에서 고려되는 인자의 개수이며,  $a_{ij}$ 는 인자간의 선호도이다.

<표 3> 선호도 및 상대적 중요도의 결정

입지선정인자	선호도 매트릭스	고유요소	상대적 중요도
--------	----------	------	---------

(a) 투수계수

	$10^{-8} \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$	$10^{-6} \sim 10^{-3} \text{ cm/sec}$	$10^{-3} \sim 10^2 \text{ cm/sec}$	EE	RIW
$10^{-8} \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$	1	1/3	1/7	0.362	0.081
$10^{-6} \sim 10^{-3} \text{ cm/sec}$	3	1	1/5	0.843	0.188
$10^{-3} \sim 10^2 \text{ cm/sec}$	7	5	1	3.271	0.731

(b) 연평균강수량

	1,000 mm/year 이하	1,000~1,200mm/year	1,200~1,400mm/year	EE	RIW
1,000 mm/year 이하	1	3	5	2.466	0.637
1,000~1,200mm/year	1/3	1	3	1	0.258
1,200~1,400mm/year	1/5	1/3	1	0.405	0.105

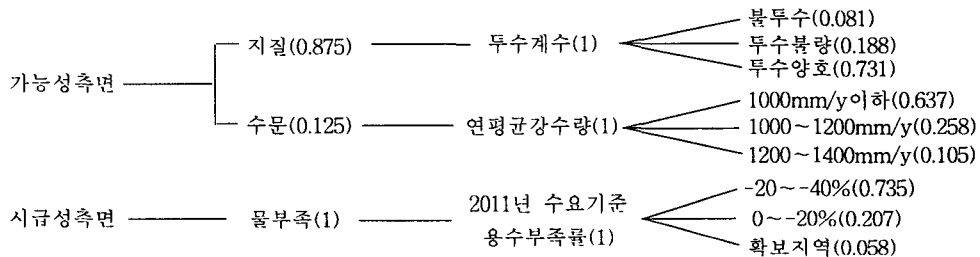
(c) 2011년 수요기준 용수부족률

	-20~-40 %	0~-20 %	확보지역	EE	RIW
-20~-40 %	1	5	9	3.557	0.735
0~-20 %	1/5	1	5	1	0.207
확보지역	1/9	1/5	1	0.281	0.058

(d) 가능성국면

	지질	수문	-	EE	RIW
지질	1	7		2.646	0.875
수문	1/7	1		0.378	0.125

입지선정인자간 선호도의 부여는 주관적 요소를 최소화 하기 위하여 전문가 및 지역주민의 의견을 수렴하고, 관련 문헌의 면밀한 조사도 필요하다. 이렇게 결정된 상대적 중요도를 입지선정인자와 함께 계층적 구조로 표현하면 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 입지선정인자의 상대적 중요도를 나타낸 계층조직도

### 3) 적합도의 결정

적합도는 어느 지역에서 지표수-지하수 연계이용이 적합한 정도를 나타내는 것이다. 적합도의 산정식은 분석유형에 따라 다양하나, 여기서는 계층조직이 총 4단계로 구성된 점을 감안하여 (식 3)과 같이 설정하였다.

$$\text{Suitability Index (SI)} = \sum [RIW_2 \cdot \sum (RIW_3 \cdot RIW_4)] \dots \quad (\text{식 3})$$

여기서  $RIW_2$ ,  $RIW_3$ ,  $RIW_4$ 는 각각 단계별 상대적 중요도를 나타낸다.

### 3. 적용

본 연구의 적용대상 지역은 연평균강수량이 970mm, 총저층의 투수계수가 약  $3.2 \times 10^{-1} \text{ cm/sec}$ , 2011년 수요기준의 용수부족률 추정치가 -12%인 가상지역이다. <그림 1>에서 해당되는 4단계 인자를 선택하고, (식 3)에 의하여 적합도를 산정하였다. 즉, ① 가능성 측면의 적합도 =  $(0.875 \times 1 \times 0.731) + (0.125 \times 1 \times 0.637) = 0.72$ , ② 시급성 측면의 적합도 =  $(1 \times 1 \times 0.207) = 0.21$ 이다. 다음으로 가능성과 시급성의 비중을 달리하여 다양한 대안에 대한 가중평균된 적합도를 구하였다(<표 4> 참조). 최종결정은 기타의 다양한 측면을 고려한 종합적인 판단에 의할 것이지만, 본 연구에서 고려된 지역의 경우에는 가능성(즉, 수문지질적 요소)이 시급성 보다 의사결정에 더 큰 역할을 함을 알 수 있다.

<표 4> 가능성 및 시급성의 비중 변화에 따른 대안

대안	1	2	3	4	5	6	7	8	9
가능성	72/10	72/20	72/30	72/40	72/50	72/60	72/70	72/80	72/90
시급성	21/90	21/80	21/70	21/60	21/50	21/40	21/30	21/20	21/10
가중평균	26.1	31.1	36.1	41.1	46.1	51.1	56.1	61.1	66.1

### 4. 결론

지표수-지하수의 연계이용 적합성을 판단하기 위해 계층분석과정에 의한 적지분석 방법론이 제시되었다. 입지선정인자의 도출, 상대적 중요도 및 적합도의 산정을 통해 다양한 대안을 평가할 수 있다. 또한, 이 방법은 지역간 연계이용 우선순위를 평가하는 데에도 이용할 수 있다.

### 5. 참고문헌

- 이진덕, 연상호, 김성길, 2000, "GIS를 활용한 폐기물 매립지의 적지분석 사례연구", 한국지리정보학회지, 3권 4호, 33-49.
- 배민기, 장병문, 1998, "지리정보체계를 이용한 일반폐기물 매립후보지의 입지선정에 관한 연구", 한국지리정보학회지 1권 2호, 14-25.
- Siddiqui, M. Z., J. W. Everett, and B. E. Vieux, 1996, "Landfill Siting Using Geographic Information Systems", Journal of Environmental Engineering, Vol. 122, No.6, 515-523.