

지하수 환경영향평가

10. 지하수개발과 환경영향평가

1. 지하수개발에 따른 지하수환경영향평가 절차

온천 개발을 수반하는 관광단지 개발사업 등의 지하수 개발이용을 필요로 하는 사업의 경우 그 규모가 30만 m^2 이상인 경우에는 지하수 개발이 지하수환경에 초래할 영향을 조사, 평가하고, 사업시행이 지하수환경에 미치는 영향을 예측, 평가하여야 한다.

지하수법 제7조에 따르면 지하수를 개발·이용하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 미리 시장·군수·구청장의 허가를 받아야 하는데, 이 때 허가를 신청하려는 자는 지하수영향조사기관에 의뢰하여 지하수영향조사를 받도록 되어 있다. 따라서, 지하수 개발이용을 수반하는 개발사업의 지하수환경영향평가 절차는 지하수영향조사 절차에 저감방안 마련 절차를 추가한 것과 같다(그림 1). 즉, 지하수개발과 관련된 사업의 지하수환경영향평가에서는 지하수영향조사의 항목과 조사방법을 따라 수행하고, 그에 따른 저감방안과 사후관리방안을 제시한다.



<그림 1> 지하수개발에 따른 지하수환경영향평가 절차

2. 지하수 적정취수량 산정

지하수 적정취수량

지하수 개발이용시설(이하 지하수 관정)의 적정취수량이란 지하수 고갈, 오염물질의 유입, 지반 침하 등의 지하수 장애를 일으키지 않는 범위 내에서 지하수 관정에서의 수두강하를 최대로 하였을 때 취수 가능한 지하수량을 의미한다(이진용, 2010).

적정취수량 산정방법 및 유의사항

일반적으로 적정취수량은 양수능력 및 지하수개발가능량보다 적으며 지하수 관정의 적정취수량을 산정하기 위한 가장 적절한 방법은 대수층시험을 이용하는 것이다. 지하수법 시행령 제12조제1항 관련 별표 1에는 지하수영향조사의 조사항목과 방법에 대해 명시하고 있다. 따라서 지하수환경영향평가 시, 지하수법에 따라 세 가지 대수성시험-단계대수성시험, 연속대수성시험,

수위회복시험-을 통해 예정된 지하수개발·이용시설의 1일 적정 취수량을 산정한다. 특히 적정취수량을 산정하기 위해서는 단계양수시험을 실시해야 한다. 단계양수시험을 통해 한계취수량(단계양수시험 시 급격한 수위강하를 야기하는 양수량)을 초과하지 않는 범위 내에서 적정취수량을 결정하며 이 외에도 지하수 함양조건, 인근우물에 의한 수리간섭, 잠재오염원의 영향, 관정효율, 영향범위, 양수시간 등을 고려하여 적정취수량을 산정하여야 한다.

지하수 개발이용시설의 적정취수량 산정을 위한 대수성시험의 유의사항은 다음과 같다.

1) 단계대수성시험

가) 단계대수성시험은 최소 3단계 이상 하여야 하며, 각 단계별 시험의 필요한 시간은 1시간 이상이어야 한다.

나) 양수정(揚水井) 안에 수중모터펌프를 설치하여 각 단계별로 양수율을 일정하게 유지하면서 양수정에서의 양수시간에 따른 지하수 수위의 강하를 측정한다.

2) 연속대수성시험

가) 단계대수성시험을 마친 후 지하수의 수위가 회복된 다음에 일정 양수율 조건에서 양수정과 관측정에서의 양수시간에 따른 지하수 수위의 강하를 측정한다. 다만, 관측정이 없는 경우에는 양수정에서만 지하수 수위의 강하를 측정할 수 있다.

나) 연속대수성시험기간은 16시간 이상 연속으로 함을 원칙으로 한다.

다) 양수시간에 따른 지하수 수위 강하를 측정한 자료를 통하여 대수층의 특성을 나타내는 수리상수(水理常數)인 수리전도도(水理傳導度), 투수량 계수, 저류(貯留) 계수, 비양수량(比揚水量) 등을 조사한다.

3) 수위회복시험

가) 연속대수성시험을 마치고 동시에 펌프 작동을 중지하고 양수시간에 따른 회복수위를 2시간 이상 측정한다.

나) 양수시간에 따른 회복수위를 측정한 자료를 통하여 수리상수를 조사하고 연속대수성시험의 결과와 비교한다.

4) 양수정과 관측정에서의 지하수 수위 측정 시간간격은 다음과 같다.

가) 시험 시작 후 5분까지: 1분 간격

나) 시험 시작 후 5분부터 1시간까지: 5분 간격

다) 시험 시작 후 1시간부터 2시간까지: 15분 간격

라) 시험 시작 후 2시간부터 6시간까지: 1시간 간격

마) 시험 시작 후 6시간부터 종료 시까지: 2시간 간격

5) 양수시험의 기간: 양수시험은 기본적으로 2일 이상 연속적으로 실시함을 원칙으로 하나, 자유면대수층의 경우에는 충분한 양의 배수를 위해 3일 이상의 시간이 필요할 때도 있다.

●쉬어가기 퀴즈(학습 중에 학습자가 쉽게 풀어 볼 수 있는 O, X 퀴즈 1문항을 제시해 주세요. 정답과 해설도 함께 제시해 주셔야 하고, 해당 주제 다음에 넣어주세요.)

문제> 지하수 적정취수량은 대수성시험을 통해 구한다.

정답> O

해설> 지하수 관정의 적정취수량을 산정하기 위한 가장 적절한 방법은 대수층시험이고, 지하수환경영향평가 시에는, 지하수법에 따라 단계대수성시험, 연속대수성시험, 수위회복시험을 수행하여 1일 적정 취수량을 산정함.

3. 지하수개발의 영향범위 평가

영향범위 평가항목

지하수관정을 개발하여 지하수를 이용하려고 하면 지하수 개발이용의 영향범위를 예측, 평가하여야 한다. 지하수 개발의 영향범위 평가에서는 다음의 세 가지 항목을 평가한다.

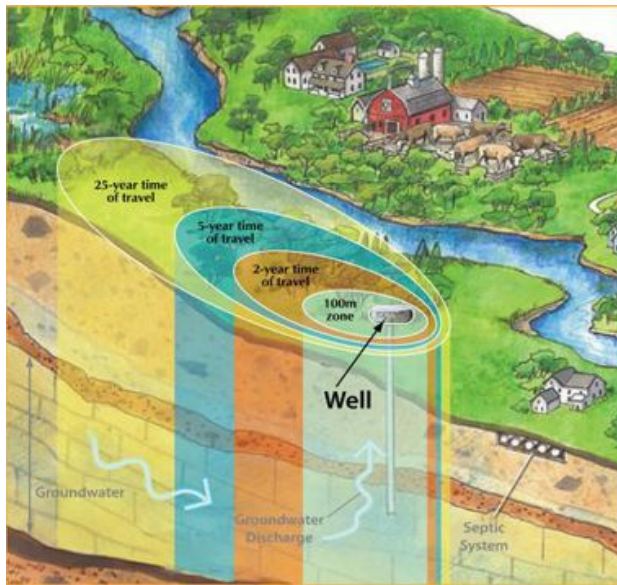
- 1) 관정에서 지하수취수에 의한 영향반경: 대수성시험을 통해 결정된 1일 적정취수량만큼 지하수관정에서 지하수를 취수할 때에 5년까지의 영향 반경을 분석한다.
- 2) 지하수위 강하: 산정된 영향반경 내에 기존 지하수이용시설이 있는 경우 지하수취수가 기존 지하수이용시설물의 지하수위에 미치는 영향을 검토한다.
- 3) 오염물질 유입의 개연성 평가: 산정된 영향반경 내에 잠재오염원이 있을 경우에는 지하수취수로 인해 오염물질이 개발예정인 지하수관정으로 유입될 수 있는 가능성을 평가한다.

영향범위 평가방법

일반적으로 지하수 개발이용의 영향범위는 지하수 모델링을 이용하여 평가한다. 영향범위 평가항목에 따른 평가방법은 다음과 같다.

1) 관정에서 지하수취수에 의한 영향범위와 지하수위 강하

주로 대형 지하수관정이 2개 이상 있는 온천지역, 대용량 지하수 개발을 포함하는 개발사업의 경우, 지하수 취수에 의한 우물수두보호구역(Well Head Protection Area, WHPA)을 예측하는 도구를 이용하여 지하수 취수에 의한 영향범위를 예측, 평가한다. 최근에는 WHPA(Well Head Protection Area)라는 컴퓨터 프로그램을 많이 사용한다. WHPA는 미국 환경청(EPA)에서 취수정보보호구역을 설정하기 위해서 1993년 개발한 프로그램으로, RESSQC, MWCAP, GPTRAC 등의 전처리기를 이용하여 관정좌표, 양수율, 대수층 두께, 수두경사, 투수량계수, 지하수 속도, 공극률, 지형 및 지질 특성 등의 입력자료에 기반하여 지하수 취수에 의한 영향범위를 정류상태와 시간에 따른 포획구간(capture zone)으로 계산한다 <그림 2>. WHPA 모델에는 4가지 모듈이 있는데 지하수 영향범위예측에는 MWCAP 모듈을 이용하여 지하수 개발이용시 발생할 수 있는 영향범위를 예측한다. 포획구간 외에도 WHPA는 지하수두도 계산하여 초기 지하수두와 비교, 지하수위 강하량을 예측, 평가한다. 산정된 포획구간 내에 기존 지하수이용시설이 있는 경우 지하수 취수가 기존 지하수이용시설물의 지하수위에 미치는 영향을 검토한다.



출처: <http://www.protectingwater.ca/planning.cfm?smocid=1440&parentcatid=841>

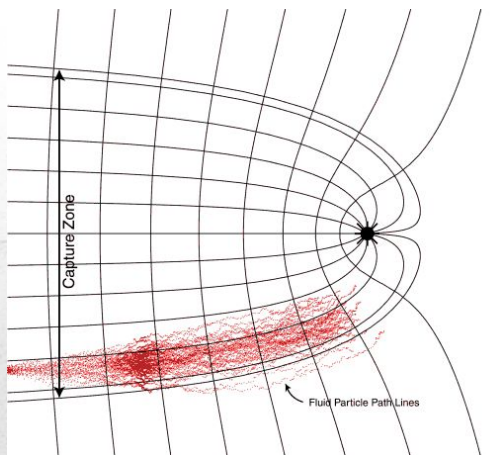
<그림 2> WHPA 프로그램을 이용한 지하수 취수에 따른 포획구간 모식도

WHPA프로그램은 사용방법이 용이하여 널리 적용되고 있으나 균질대수층 내의 수평흐름 가정 하에 개발된 준해석적(semianalytical) 모델로서 수리지질학적 특성이 복잡한 대수층의 경우에는 적용에 주의하여야 한다. 후자의 경우에는 MODFLOW와 같은 지하수유동 모델을 이용하여 영향반경과 지하수위강하를 예측, 평가할 수 있다. WHPA나 지하수유동모델을 이용하여 포획구간을 예측할 때에는 입자추적기법(particle tracking technique)을 이용한다. 지하수유동분석에 사용되는 대표적인 지하수유동 모델은 다음 표와 같다.

프로그램명	MODFLOW	SEEP/E	HydroGeoSphere
적용범위	영역내 지하수위 해석	구조물 구간 내 유동량 해석	영역내 지하수위, 지표수위 해석
해석차원	준3차원	2차원	3차원
장점	지하수위 변동해석 사례가 많음 가장 보편적인 지하수유동모델 지하수위 저하 및 터널에 의한 환경영향평가 예측 가능	기존 적용사례가 많음 해석기간이 짧음	적용사례가 증가하는 추세 지표수와 연계하여 지하수유동 해석 지하수위, 지표수위, 토양수분 예측, 평가 가능
단점	모델링에 필요한 입력자료의 양이 방대함 암반의 차이에 따른 모델링이 힘들	영역 내 파쇄대나 예기치 못한 불연속면의 직접적인 고려는 불가능	모델링에 필요한 입력자료의 양이 방대함
지하수유출량 적용성	매우 적절	적절	매우 적절
오염물질 거동모델과 연계성	MT3D, RT3D와 연계가능		모델 내 포함

2) 오염물질 유입의 개연성 평가

산정된 영향반경 내에 잠재오염원이 있을 경우에는 지하수취수로 인해 오염물질이 개발예정인 지하수관정으로 유입될 수 있는 가능성을 평가한다. 오염물질 유입 가능성에 대한 평가는 WHPA모델 또는 MODFLOW와 같은 지하수 유동 모델링에서 입자추적기법을 사용하거나 오염물질 거동 모델링을 이용하여 수행한다.



◁림3 지하수 취수에 의한 오염물질 거동 평가예

4. 지하수수질 적정성 평가

현장조사를 통하여 원수의 수질상태를 조사해야 하며, 수질검사의 방법과 항목은 지하수법 시행령 제31조를 준용한다.

수질검사 항목

1. 음용수의 경우: 「먹는물관리법」 제5조에 따른 먹는물의 수질기준 설정 항목
2. 생활용수, 공업용수 및 농·어업용수의 경우: 환경부령으로 정하는 지하수의 수질기준 설정 항목

수질검사 방법

1. 음용수의 경우: 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항제6호에 따른 환경오염공정시험기준에 따른 것
2. 생활용수, 공업용수 및 농·어업용수의 경우: 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항제5호에 따른 환경오염공정시험기준에 따른 것

5. 저감방안

저감대책

지하수 취수에 의해 포획구간 내의 지하수위 강하 값이 매우 크게 예측되어 지반의 안전성에 영향을 미치거나 포획구간 내에 위치한 기존 지하수이용시설물의 이용 또는 하천, 호소 등의 생태계에 지장을 줄 정도면 이에 대한 저감대책이 마련되어야 한다.

예를 들어, 신규 지하수 관정의 개수를 증가하여 개발 취수량을 관정별로 나누어 각 관정에서의 취수에 따른 영향범위를 감소시키는 것이다. 이 경우 지하수 개발량을 충족시키면서도 사업지구 또는 주변 지하수의 수두강하를 줄여 기존 지하수이용시설과 수생태계에 미치는 영향을 저감시킬 수 있다.

또 하나는 관정의 위치를 기존관정과 하천, 호소, 또는 잠재 오염원으로부터 어느정도 거리가 떨어진 곳으로 이동시켜 취수에 의한 영향을 저감하는 것이다.

오염물질의 확산 또는 유입 개연성과 관련하여 평가대상 공간적 범위 내에 사용하지 않는 관정 처리계획을 제시한다.

용수이용계획

지하수의 개발이용을 수반하는 개발사업의 경우에는 사업지역의 상수도 공급률이 100% 미만인 경우가 대부분이며, 물공급의 상당한 부분을 지하수에 의존하는 경우가 많다. 따라서 신규관정개발에 따른 지하수 환경영향평가 결과를 바탕으로 대체용수원 확보 등의 용수이용계획을 수립, 제시하도록 한다.

사후환경영향조사 계획

대규모의 지하수 개발이용시설의 신규설치는 지하수 이용과 생태계에 미치는 영향에 대한 지속적인 사후 모니터링이 필요하다. 특히 1일 양수량이 100톤을 초과하는 관정일 경우에는 반드시 신규 지하수이용시설 주변에서의 지하수위, 수질, 하천 또는 호소 주변에서의 지

하수위, 수질에 대한 사후환경영향조사 계획을 수립하도록 한다.

6. 환경영향평가서 작성

환경영향평가서 작성은 현황 -> 예측, 평가 -> 저감대책 -> 사후관리계획 의 순으로 이루어진다.

현황 및 예측, 평가 부문

온천개발 등과 같이 지하수개발이용에 따른 지하수 환경영향평가의 결과는 수리·수문, 수질의 현황과예측, 평가부문까지의 내용은 지하수법 제7조 2항에 따라 작성하게 되어 있는 지하수영향조사서의 평가내용과 대부분 일치하므로 평가서 작성도 지하수법 시행령 별표 2의 지하수영향조사서의 작성지침을 준수하여 작성하는 것이 바람직하다.

지하수 개발과 관련된 사업에 대한 환경영향평가서의 지하수 부문 주요 내용을 정리하면 다음과 같다.

가. 서론

- 1) 지하수개발이용계획의 개요
- 2) 조사 결과의 요약
- 3) 지하수개발·이용 방안

나. 수문지질현황 및 개발 가능한 원수의 양

- 1) 수문(水文) 및 수리지질(水理地質)현황 조사
 - 가) 우물, 샘, 유출지하수 등의 이용현황
 - 나) 하천의 현황
 - 다) 잠재오염원 분포현황
- 2) 조사지역의 지하수 함양량, 개발 가능량 조사
- 3) 신규 지하수 개발 가능량 산정

다. 적정 취수량 및 영향 범위 산정

- 1) 대수성시험성과를 토대로 1일 적정 취수량 및 영향반경을 기술
- 2) 5년 이후의 영향 범위 분석성과를 기술
- 3) 지하수 개발 시 주변 잠재오염원에 의한 영향 검토성과를 기술
- 4) 지하수의 개발로 인하여 주변 지역에 미치는 영향의 범위 및 정도를 기술

라. 수질의 적정성 평가

지하수의 수질분석자료, 수질분석성과를 토대로 수질의 적정성을 기술

마. 저감대책과 사후영향조사 계획