

지하수 환경영향평가

11. 환경영향평가 사례(1) - 지하수개발·이용 관련

1. 관광단지 개발사업 사례

본 내용은 환경영향평가시스템에서 자료공개 동의를 한 사업을 대상으로 지하수환경영향평가와 관련이 있는 사업을 임의로 추출하여 정리한 것으로 구체적인 사례 검토를 통해 본 사업에만 국한된 것이 아니라 이와 유사한 사업의 지하수환경영향평가에 대한 전반적인 내용과 시사점, 개선방안을 제시하고자 한다.

사업개요

- 사업명: K.J. 가야컨트리클럽 조성사업(재협의)
- 대상사업: 관광단지의 개발사업
- 환경영향평가 실시근거: 환경영향평가 당시 환경영향평가법 제21조 및 동법 시행령 제31조에 근거한 재협의대상(협의내용을 통보받은 날부터 5년 이내 사업을 착공하지 아니한 경우)에 해당되어 환경영향평가 재협의를 시행
- 사업시행자: 주식회사 백운
- 환경영향평가서 작성기간: 2010년 (6개월)
- 향후기대효과
 - : 국토미화 및 세수증개
 - : 주민의 취업과 소득증대
 - : 지역사회 개발촉진

지하수 개발이용 계획

골프장 운영시 용수공급계획에서 생활용수를 전량 지하수로 공급하여 여유를 고려하여 150톤/일을 개발하도록 계획하였음. 관개용수는 최대한 초기우수용 저류지 저류수와 오수처리수를 이용하고 한발시를 대비하여 150톤/일의 지하수관정을 개발하여 공급할 계획임. 이에 골프장 운영시 생활용수 및 관개용수 사용을 위하여 총 300톤/일의 지하수를 3개의 지하수 관정에서 개발할 계획으로 지하수 사용에 의한 주변지역에 미치는 영향을 예측하고자 지하수영향조사를 실시하고 그 결과에 따라 저감방안을 마련하는 지하수 환경영향평가를 실시하도록 함.

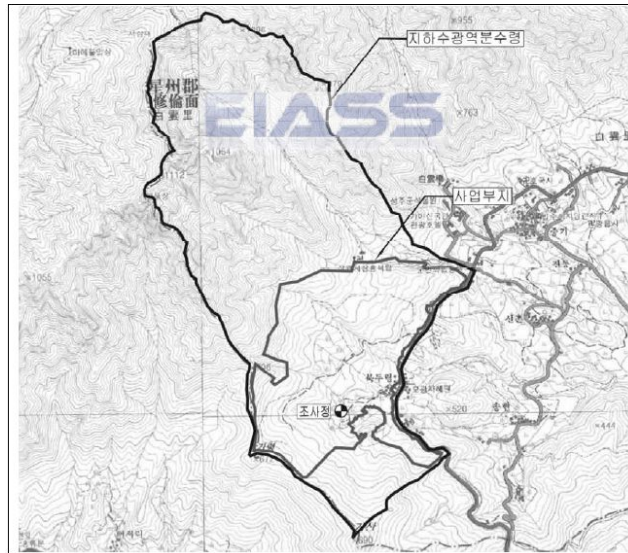
<표 1> 신규 지하수개발계획

구 분	개발형태	심도 (m)	정오경 (mm)	개발계획량 (m ³ /day)	용 도	비 고
개발예정 1호공	심정	100	150	100	음용수	예상 수위강하량은 시험공(TW-1)의 비수위강하량=0.1982 day/m을 이용하여 추정하였음.
개발예정 2호공	심정	100	150	100	음용수	
개발예정 3호공	심정	100	150	100	생활용수	

지하수 환경현황 조사

1) 조사대상지역 선정

대상지역은 골프장 예정부지를 포함하는 지하수 광역분수령을 설정하여 광역분수령 내의 집수유역면적에 대해 지하수영향조사를 실시하였음



<그림 1> 지하수 영향조사 대상지역

2) 지하수 수질현황

: 1,2차 수질검사시에는 2개의 관정에서 지하수 수질검사를 시행했고, 3차에는 6개 지점에서 지하수 수질검사를 시행함.

: 지하수수질은 먹는물 시험방법에 의하여 실시하고 분석결과 전 항목에서 먹는물 수질기준을 만족하는 것으로 나타나 사업지구 및 주변지역의 지하수오염은 발생하지 않은 것으로 나타남.

3) 정천현황조사

현지조사 및 기존자료(국가지하수정보센터)를 활용하여 조사지역 내 기존 지하수 이용관정 현황을 조사한 결과, 조사 대상지역내 생활용 대형 지하수 관정이 2개소, 그 외에 3개의 미신고 관정이 분포하고 있고, 총 사용량은 약 530.0톤/일에 달하는 것으로 조사되었다.

< 표 4> 정천 및 지하수 이용 현황조사

번호	위 치	심 도 (M)	정오경 (mm)	동 력 (HP)	용 도	이용량 (m³/일)	비 고
A. 조사반경 이내 지역과 지하수광역분수령에 모두 포함하는 정천							
1	수륜면 백운리 산73번지	430	200	-	생활용	430	사업지구 인근
2	수륜면 백운리 산204-2번지	850	165	-	생활용	100	사업지구 내
소 계						530	
B. 조사반경 이내에는 포함되나 지하수광역분수령에는 포함되지 않는 정천							
3	수륜면 백운리 1749-11번지	미신고 관정				0	사용안함
4	수륜면 백운리 산208번지	미신고 관정				0	사용안함
5	수륜면 백운리 1724-4번지	미신고 관정				0	사용안함
소 계						0	
총 계						530	
지하수함양량 분석에 관계되는 실제사용량(A)						530	

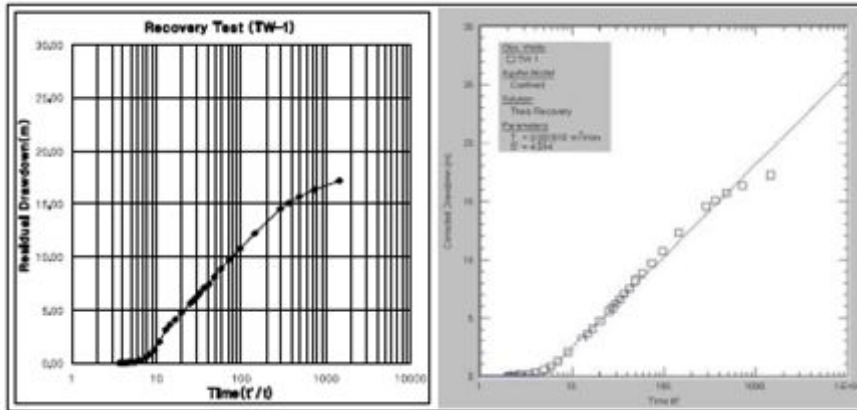
4) 잠재오염원 현황

조사지역 내에 분포하는 지하수 오염원은 농경지 작목에 사용되는 농약 및 비료 살포가 주요 오염원으로 파악됨. 그러나, 조사지역 내 지하수 수질에서 잠재오염원으로서의 역할이 미약하게 나타나 본 사업지구의 수리적 환경에 미치는 영향이 미미할 것으로 판단됨.

5) 수리학적 특성

단계양수시험, 장기양수시험, 수위회복시험 등 세 가지 대수성시험을 통해 투수량계수와 저류계수를 산정하였음. 관련 이미지는 다음과 같음

- 단계양수시험 (관측자료와 분석도)



그 결과는 다음 표와 같음.

구 분	시험방법	투수량계수 T(m/day)	저류계수 S	비 고
시험공 (TW=1)	단계양수시험	(적정양수량 100 m/day산출)	-	-
	장기양수시험	2.4134	0.3475	Cooper-Jacob
	회복수위시험	2.3314	-	Theis Recovery
	평 균		0.3475	

지하수 함양량과 적정개발량 산정

1) 지하수 함양량 산정

지하수관리기본계획에서 산정, 제시한 조사지역의 함양률과 수자원 이용현황에 따른 지하수함양률에 따라 지하수 함양률의 최대, 최소 값의 범위와 평균값을 산정함.

2) 지하수 적정개발량 산정

지하수 개발가능량은 기상,수문,식생, 토양, 지질 등의 자료가 필요하나 관련자료가 부족하여 지하수관리기본계획 내 자료를 활용하여 개발가능량을 산정하였음. 이때 10년빈도 가뭄을 고려하여 최소값의 지하수함양률에 따른 지하수 개발가능량을 적정개발량으로 산정함.

<표 4> 조사지역의 지하수함양량과 적정개발량

구 분	강우량 (mm)	함 양 량 (m³/일)			적 정 개발량
		함양률적용	수자원이용현황의 함양비율 적용	평 균	
평년기준(10년평균)	1,308.3	1,620.8	1,885.8	1,753.3	×
10년 빈도 최대	1,882.6	2,307.5	1,970.7	2,139.1	×
10년 빈도 가뭄	767.0	950.2	1,555.5	1,252.9	○

지하수 영향범위

1) 관정의 영향범위 산정

관정 취수에 따른 지하수 수압 손실 및 지하수의 이동으로 발생하는 영향반경(R)을 산출

하기 위해 Shultze, Weber 및 Jacob의 비평형 우물공식을 적용하였음.

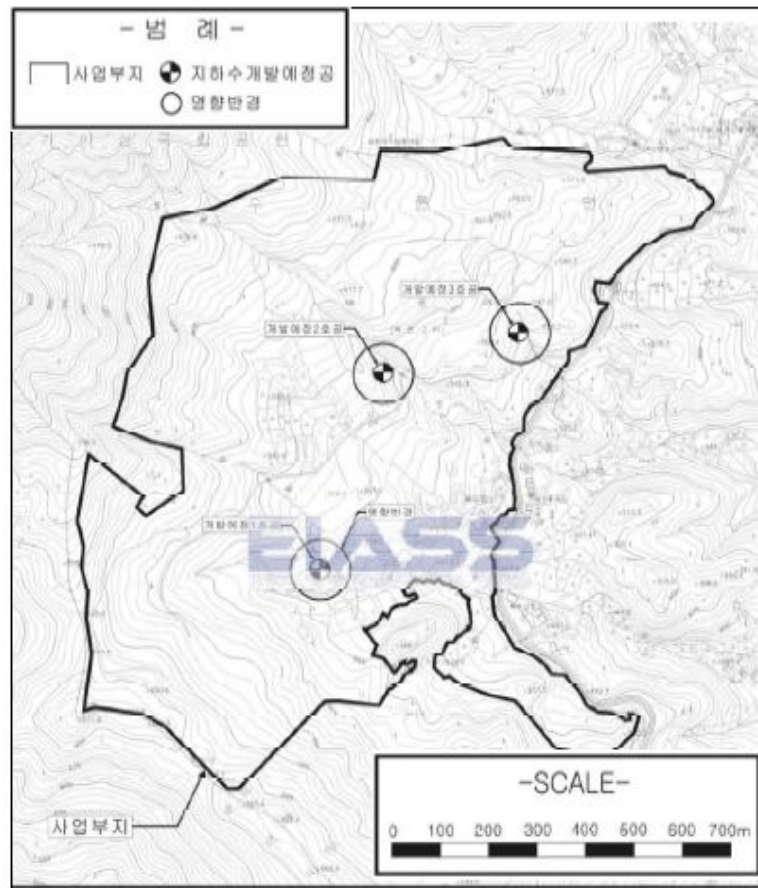
Shultze의 공식적용	$R = \sqrt{6 \cdot \Delta h \cdot K \cdot t / S}$ <p>R : 영향반경(m) Δh : 수위강하량(m) K : 투수계수(m/min) t : 양수시간(min) S : 저류계수(자유면 지하수의 경우 유효공극을 적용)</p>
Weber의 공식적용	$R = \alpha \sqrt{\Delta h \cdot k \cdot t / S}$ <p>R : 영향반경(m) α : 상수로서 1.9 ~ 3 의 범위 Δh : 수위강하량(m) K : 투수계수(m/min) t : 양수시간(min) S : 저류계수(자유면 지하수의 경우 유효공극을 적용)</p>
Jacob 비평형 우물공식 적용	$R = \sqrt{\frac{2.25 T t}{S}}$ <p>R : 영향반경(m) T : 투수량계수(m^2/min) t : 양수시간(min) S : 저류계수(자유면 지하수의 경우 유효공극을 적용)</p>

위의 식을 적용하여 산정한 영향반경은 다음 표와 그림과 같다.

<표> 개발예정 관정에서의 지하수 영향반경

구 분		시 험 공		개 발 예 정 공					비 고
		투수량 계수 (m ² /min)	저류계수	심도 (m)	대수층 두께(m)	투수계수 (m/min)	예상수위 강하량 (m)	영향반경 (m)	
개발예정 1호공	Shultz	1.648×10 ⁻³	0.001213	100	97.24	1.694×10 ⁻⁵	19.82	45.75	시험공의 대수성시험 평가에 의한 수리상수 적용
	Weber	"	"	"	"	"	"	56.03	
	Jacob	"	"	"	"	"	"	62.05	
	최대값							62.05	양수량 : 100m/day
개발예정 2호공	Shultz	1.648×10 ⁻³	0.001213	100	97.24	1.694×10 ⁻⁵	19.82	45.75	시험공의 대수성시험 평가에 의한 수리상수 적용
	Weber	"	"	"	"	"	"	56.03	
	Jacob	"	"	"	"	"	"	62.05	
	최대값							62.05	양수량 : 100m/day
개발예정 3호공	Shultz	1.648×10 ⁻³	0.001213	100	97.24	1.694×10 ⁻⁵	19.82	45.75	시험공의 대수성시험 평가에 의한 수리상수 적용
	Weber	"	"	"	"	"	"	56.03	
	Jacob	"	"	"	"	"	"	62.05	
	최대값							62.05	양수량 : 100m/day

위의 표에서 예상 수위강하량은 현장수리시험에서 얻은 비수위강하량을 이용하여 사업지구 내 수리학적 특성이 동일하다는 가정하에 추정된 강하량으로 모든 신규 지하수관정에서 동일하게 나타남. 이를 이용하여 구한 영향반경도 동일하게 나타남.

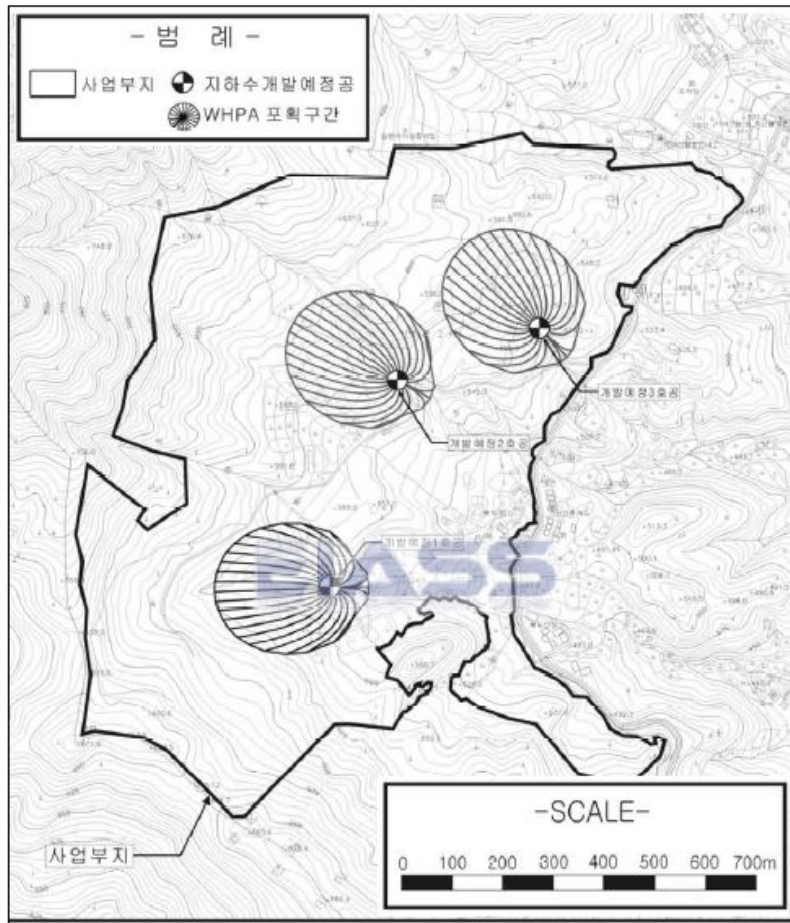


<그림> 개발예정 관정에서의 지하수 영향반경

예측한 영향범위는 사업지구를 벗어나지 않은 범위로 사업지구 주변에 위치한 기존 지하수 관정에 미치는 영향은 없을 것을 판단된다.

2) 포획구간

지하수의 흐름을 고려하고 입자추적법을 이용하여 포획구간을 산정했다. 그 결과 3개의 신규 개발공에서 5년간 100톤/일로 지하수를 양수할 경우 각각의 개발예정공에서 상류 223.68m, 하류 72.37m, 영향폭 256.58m 로 산정되었다.



<신규 개발예정 관정에서 5년간 장기양수할 경우 포획구간 예측도>

3) 주변 하천에 미치는 영향

사업시행시 사업지구 내 지하수 개발로 인해 주변 하천으로 유출되는 기저유출량이 감소하기 될 수 있다. 본 사업에서는 사업지구 하류에 위치하는 마을에서 생활용수로 하천 계곡수를 사용하는데, 사업지구 내 하천기저유출량의 감소로 인해 하류지역 생활용수 공급에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

지하수 수질 적정성 평가

조사지역 내 지하수수질조사를 위해 현장수리시험시 사용한 시험공의 지하수를 채수하여 수질분석을 실시함. 모든 항목에서 생활용수 및 음용수 수질기준에 적합한 것으로 나타나 수질은 매우 양호한 것으로 평가됨.

지하수 영향저감 및 개선 방안

1) 저감대책

지하수오염방지대책

- 현재 지하수수질은 매우 양호하나, 향후 지하수수질상태를 양호하게 지속적으로 유지하기 위해서는 신규 개발관정에 대해 지표로부터의 오염물질 침투방지를 위한 상부보호공 및 그라우팅 등의 오염방지시설을 설치하도록 함

농약 및 비료 사용에 따른 영향 저감대책

인근 농경지에서 살포되는 농약 및 비료, 관개용수, 생활하수 등의 오염요소 관리를 지속적으로 수행하여야 함

- 토양개량제 사용 및 인력에 의한 잡초제거 등으로 인해 농약 및 비료사용 최소화
- 잔디용 품목 고시농약의 사용 준수, 차수공법 적용 및 유공관 설치
- 초기우수용 저류지 설치하여 15일 이상 저류후 관개용수로 재활용 등

2) 용수이용계획

하류지역 생활용수공급 방안

사업지구 내 지하수개발이용으로 인해 하류구간의 계곡수의 양이 감소하여 하류지역에 위치한 마을의 용수부족 현상이 발생할 경우 주민들과의 협의를 통해 지하수관정 개발 등의 대체용수원 확보계획을 수립하여야 함.

3) 사후환경영향조사 계획

세부항목	구분	평가항목	조사지점	조사방법	조사주기
지하수 수질	공사시	환경영향평가 시와 동일	사업지구 주변 2개지점	수질오염 공정시험 방법	분기 1회
	운영시				
지하수 이용현황	운영시	<ul style="list-style-type: none"> - 지하수 관정 세정현황 - 지하수 수위 및 양수 현황 - 지하수 관정 폐공 처리대책 현황 	사업지구 내 개발된 지하수 관정지점	현지조사	분기 1회

2. 시사점 및 개선방안

지하수 영향평가의 필요성

□ 관광지구 개발사업 등에서 지하수를 개발이용할 경우 그로 인해 주변 지하수 이용과 생태계나 하천유량 등에 변화를 야기시켜 사업지구 내 뿐만 아니라 하류의 용수이용에도 영향을 줄 수 있으므로 사업착수 이전에 충분한 환경영향평가를 통한 지하수영향저감대책, 용수공급계획 등을 마련하여야 한다.

□ 충분한 사전 검토 및 대책마련이 없으면 향후 용수공급과 관련된 환경분쟁의 소지가

있으므로 이에 대비하여 체계적이고 과학적인 평가가 필요하다.

지하수 취수에 의한 영향범위 예측방법

1) 지하수 흐름을 고려한 영향범위 예측방법 이용

지하수 개발이용에 따른 영향범위 예측시 사업지구의 지하수 유동과 수리지질학적 특성을 충분히 반영할 수 있는 평가방법을 선정하여야 함.

2) 지하수 유동 모델의 선정과 이용

- 대부분의 모델링 프로그램은 고가이며 전문교육이 필요함. 과업의 상황에 알맞은 모델링 프로그램을 선택하여야 함.
- 지하수 유동에 관한 전문지식이 있고 지하수유동모델링 프로그램 구동 경험이 있는 전문가를 지하수유동모델링에 투입하여야 함.

지하수 개발이용에 따른 환경영향평가의 개선방안

본 사례는 비교적 체계적인 지하수 환경영향평가가 수행된 사례이다. 그러나 현행 환경영향평가제도 하에서는 지하수 부문의 평가지침이 없기 때문에 지하수환경영향평가의 조사항목, 방법 등의 체계가 미흡하다. 이에 개선방안을 다음과 같이 제시한다.

- 1) 지하수환경영향평가 결과의 신뢰성을 구축하기 위해서는 시기적으로는 환경영향평가 초안 단계에서 지하수영향조사를 시행하고 구체적인 결과물을 제시하여야 한다.
- 2) 지하수 개발이용과 관련된 환경영향을 flow 차트 방식으로 작성하여 검토하는 것도 좋은 방안임.
- 3) 조사 및 예측방법은 관련 학계에서 널리 인정받는 수준의 것을 채택
- 4) 사후영향조사의 중요성
: 지하수는 주변 환경에 직,간접적인 영향을 장기적으로 미칠 수 있기 때문에 지속적인 사후환경영향조사가 필요하다.
- 5) 지하수 취수에 따른 영향범위 및 수질 평가 등 각종 조사 및 예측기법의 표준화가 필요하다.