

거제도 해안유출지하수 예비조사 및 활용방안 연구

이대근, 김형수, 박찬석, *원종호, *김규범
한국수자원공사 수자원연구소, 한국수자원공사 조사기획처
hoopw@hanmail.net

요약문

거제도는 남쪽에서 두 번째로 큰 섬으로써 총면적은 399.96km²이며 총면적의 71.85%가 임야로 이루어져 있고 하천이 짧으며 유역면적이 좁은 관계로 지하수의 함양이 어려우며 해안으로 유출되는 지하수가 상당량이 될 것으로 사료되었다. 따라서 유출지하수의 특성을 연구하여 지하수의 유출가능성이 높은 지역을 찾을 수 있도록 여러 가지 분석을 통하여 알아보았다. 이를 위하여 기본적으로 기온, 강수량등의 기상자료와 지하수온도, 지하수위등의 수문자료 및 해수표면온도 등의 해양관측자료를 이용하였으며, 해수와 지하수의 온도차가 많은 달의 Lanset 7 ETM+ 인공위성 영상자료와 NOAA 인공영상자료를 이용하여 온도자료를 비교하고, 각개 영사의 열분포도를 분석함으로써 유출지하수의 가능성이 높은 지역을 추출하였다. 추출한 지역에서 인구밀집지역, 공단지역, 기 공급지역을 제외하였으며, 수문지질학적으로 유리한 지역을 선정하고, 평균해수분포차가 큰 지역을 추출함으로써 이후에 이루어질 현장조사시에 접근이 용이하도록 하였다. 연구결과 거제도 일대의 해안유출지하수 가능지점은 10개소 이상이며 자연적, 사회학적인 여건을 고려한다면 지하수개발가능 지역은 6개 정도로 예상된다. 또한 해수면의 온도와 지하수의 온도가 차이가 클 때는 11~13℃의 분포를 보이고 있어, 이후 이와같은 연구에 충분히 활용할 수 있을 것이며, 해상도가 높은 자료와 연계하면 보다 정확한 자료의 추출이 가능해 앞으로의 국내에 활용되지 못한 수자원 개발에도 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

주요어 : 해안유출지하수, 인공영상, 지하수온도, 해수표면온도, 거제도

1. 서론

우리나라는 다른 국가에 비해 국토가 작은 편에 속하지만 인구밀도는 높다. 과거 우리나라는 발전과 더불어 도시 주변에는 많은 공업단지가 생성되고, 확산됨에 따라 인구집중 현상이 발생하여 공업용수 및 생활용수의 수요는 더욱 증대되는 반면 공급은 수요를 따라가지 못하고 있다. 따라서 최근 용수공급에 많은 차질이 생기고 있어 이를 해결할 방안이 강구되고 있다.

한편 우리 나라는 기후 특성상 온난한 기후의 4계절이 뚜렷한 특징을 지니고 있는 반면 여름철의 집중적인 호우와 가뭄으로 인한 피해를 적지 않게 겪고 있는 실정이다. 이러한 피해 대책의 일환으로 풍수기에 이를 저장하고, 갈수기에 공급하기 위해 댐을 건설하여 대비하고 있으며, 최근에는 지하수를 활용하는 방안이 검토되고 있다. 특히 우리 나라 지하수는 대부분이 강우기원이므로(한국수자원공사, 1995) 물의 순환이 빠르다는 특징을 갖고 있고 개발 가능량은 아직도 무한하다. 따라서 지하수의 유동률을 차단시켜 상대적으로 저류량을 증가시키고 인공적으로 지표수를 지하로 침투시켜 저장하는 방법으로 최근 지하수댐 건설의 필요성이 요구되었다. 외국의 경우 일본, 미국, 독일 등 여러 나라에서 이와 같은 방법을 이용하여 많은 효과를 얻고 있으며, 우리나라의 경우에도 최근까지 수 개의 하천 유역에 대하여 소규모로 적용되어져 왔다(한국수자원공사, 1999).

그러나 지하수뎡을 건설하기 위해서는 무엇보다도 개발타당성을 평가하고, 적절한 입지를 선정하는 것이 매우 중요하다. 특히 우리 나라와 같이 삼림이 많이 분포하고 있고, 지형이 험준한 경우, 야외에서 직접 관찰하고 확인하는데 상당한 어려움을 안고 있다. 따라서 수 년 전부터 멀리 떨어져 있는 지형지물의 특성을 관찰하는 방법으로 원격탐사를 많이 수행하고 있다(김형수 외,2002).

2. 연구지역 및 연구방법

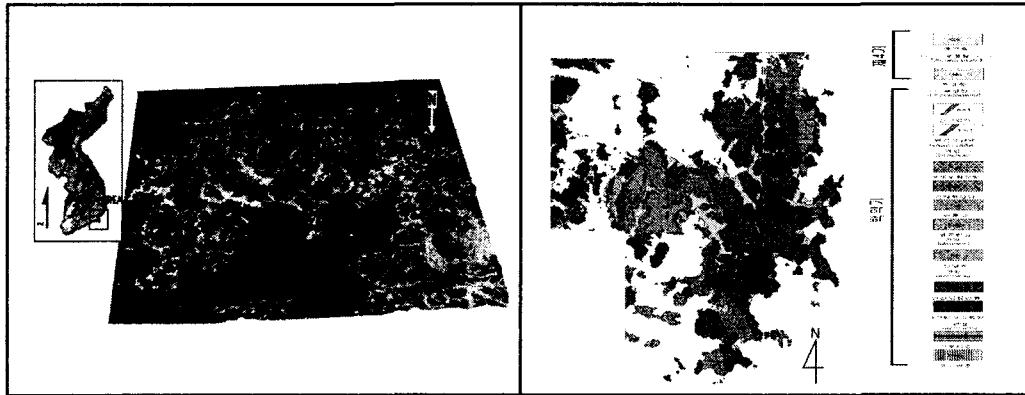


그림 1. 연구지역의 지형 및 지질도

그림 1과 같이 본 연구지역의 산세는 주로 남북으로 뻗어 있어서 서쪽과 동쪽의 해안선과 접해 있으며, 서쪽으로 육지와 연결되는 지형을 가지고 있으며, 지질은 지체구조에 따라 분류하면 백악기의 경상계 지층에 해당된다(원종관 외, 1999). 연구는 크게 여덟 가지로 나누어 수행되었으며, 첫 번째 방법으로 기상자료를 수집하여 분석하였다. 기상자료는 거제도 일대에 위치하고 있는 기상관측소 및 자동기상관측소로부터 확보한 기온, 강수량 등으로 통영과 거제로 2개소의 자료이다. 두 번째 방법으로 분석한 자료는 수문자료로써 국가 지하수 관측망에 따라 거제도 일대에 위치하고 있는 지하수관측소에서 확보하였다. 지하수관측소는 총 2개소로, 이들 지하수관측소로부터 획득한 자료는 지하수위, 지하수 온도, 전기전도도 등이다. 세 번째 방법으로 거제도 일대에 위치하고 있는 해양 관측점으로부터 월평균 해수 표면 온도자료를 확보하여 분석하였다. 해양관측점은 총 2개소이며, 각 해양관측점에서 측정된 자료는 근해의 월평균 해수 표면 온도와 일평균온도이다. 네 번째 방법으로 앞에서 설명한 바와 같이 지하수와 해수의 온도차가 가장 심한 2000년 2월 27일과 2000년 8월 21일의 Landsat 7 ETM+ 인공위성 영상자료에서 열적외선에 해당하는 6번 밴드를 사용하여 거제도 연안의 상대적인 해수표면 온도를 파악하고자 하였다.

다섯 번째 방법으로 기상위성인 NOAA 위성의 온도자료를 이용하여 해수의 대략적인 온도분포를 파악하였다(그림 3). 여섯 번째로 1:50,000 수치지형도를 이용하여 음영기복도를 제작, 이를 이용하여 지형 분석을 통하여 집수구역이 형성될 정도의 지역을 선정하여 관심 사이트를 선정하였다. 일곱 번째로 선정된 관심 사이트를 2월 영상과 8월 영상의 온도 분포를 비교하였다. 마지막 방법으로 앞에서 기술한 5가지 방법을 통해 분석한 결과를 종합 정리하여 거제도 일대에서 지하수가 유출될 것으로 예상되는 지점을 선정하였다. 그림 2는 연구지역의 음영기복도에서 관심 사이트를 선정된 것이다.



그림 2. 사이트 선정지

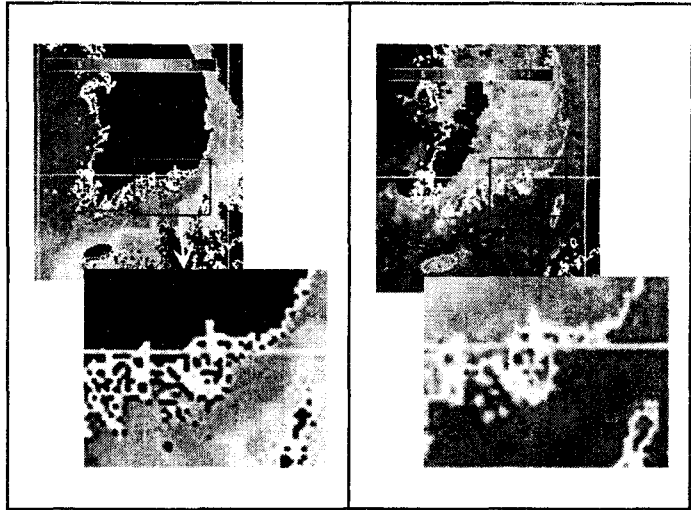


그림3. 연구지역 NOAA영상(2000.2 왼쪽, 2000.8 오른쪽)

3. 연구결과

영상에 의한 온도분석 결과 최소 -69.78°C 에서 최대 68.66°C 를 보이고 있으며, 각 화소값 간의 기본 단위차이는 최대 1.47°C 에서 최소 0.33°C 이며, 평균 차이는 0.54°C 로 확인되었다. 전체적으로 화소값이 높아질수록 온도가 높아지며, 각 화소값 간의 온도 차이는 감소하는 양상을 보인다.

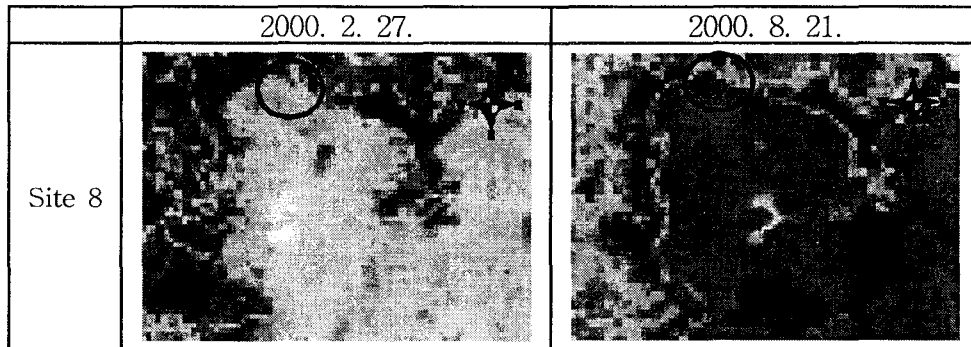


그림 4. 연구지역 중 Site8의 표면 온도 분포도

표 1. 지하수 유출가능지역의 분석

Site	선정지 개수	주위 해수 온도		선정지 해수 온도	
		2월	8월	2월	8월
1	2	상부: 7.5 하부: 8.0	상부: 21.15 하부: 21.15	상부: 8.5 하부: 9.0	상부: 20.25 하부: 20.25
5	1	8.0	21.2	11.4	20.7
6	1	8.0	21.6	10.0	20.7
7	1	10.0	21.6	11.0	21.15
8	1	10.0	22.0	11.4	21.15
9	1	9.0	21.6	10.0	20.25
10	1	10.5	21.6	11.0	20.7
11	1	9.0	21.6	11.0	20.7
12	1	9.0	21.6	11.0	20.25

연구지역의 관측자료를 통하여 지하수 온도와 해수 표면온도의 가장 큰 차이를 보이는 2월과 8월

의 Landsat 7 ETM 영상에서 조사된 해수 표면온도를 통해 거제도 일대에 대하여 개략적인 1차 지하수 유출 예상 지점을 선정하였다. 1차 유출 예상지점을 선정한 기준은, 2월과 8월 두 영상에 밴드 6을 이용하여 강제 색부여(color mapping)을 실시한 상대적인 온도분포차이만을 고려하였다. 일차적으로 이러한 해수의 상대적인 온도 차이를 세밀하게 관찰하기 위해서 우선 지형 분석을 통하여 전체 위성 영상을 해안선을 포함하는 12개의 부속영상으로 나눈 후, 시각적으로 2월에서는 주위보다 높은 온도를, 8월에서는 주위온도보다 낮은 온도를 보이는 해안 지점을 구분하여 두 지점이 일치하는 지점을 선정하였다. 그림 4.는 이들 부속영상 중 일부에 대한 자료를 보여준다. 표 1. 에서는 선정지에서의 온도와 주변온도를 계산한 값을 도표로 나타내었다. 선정된 지점에 대한 결과는 표 1. 에서 보는 바와 같이 총 9개소의 지점들을 선정할 수 있었으며, 상대적으로 연구 지역의 북부지역에 비해 남부지역이 유출 지하수 가능 지점이 많은 것으로 나타났다.

해안 유출 지하수 활용 수자원 개발 가능 지점을 선정하기 위한 고려 사항은 다음과 같은 기준을 근거하였다. 첫째, 이미 집중적인 취락, 항만, 공단 또는 기타 사회 시설물이 존재하여, 실질적인 개발이 곤란한 지점 또는 위성영상 확인 결과 중규모이상의 하천이나 호수 지점은 제외하였다. 둘째, 유출 가능 지역 주위에 인구 밀집 또는 공단 지역 및 조선소가 위치하여 개발된 수자원의 공급지를 가지고 있는 지점은 일단 제외하였다. 셋째, 주변 지질 조건이 충적층, 신기 및 고기 퇴적암류 같이 수문지질학적으로 유리한 지층을 가지고 있는 경우를 선정하였다. 세 번째 조건까지 만족하여, 최종적인 유출 지하수 활용 수자원 개발 가능성이 가장 높게 평가된 지점은 총 6개소인 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구를 통해 밝혀진 사실은 다음과 같이 구분 가능하다
 첫째, 해수면의 온도와 지하수의 온도 차이가 많은 달은 약 11℃~13℃정도 나는 것으로 나타나 유출지하수를 찾는 데 가장 적합한 것으로 나타났다. 둘째, 높은 온도 해상력을 가진 영상자료와 다른 자료와의 상호보완으로 해안으로 유출되는 지하수에 대한 광역적인 예비 조사에 충분한 정보를 제공할 수 있음을 알 수 있었다. 셋째, 온도 분포 특성을 활용하여 조사된, 거제도 일대의 해안 유출 지하수 가능지점은 약 10여개소 이상이며, 상대적으로 연구 지역의 남부 지역이 북부 지역에 비해 해안 지하수 유출 가능 지점이 많은 것으로 나타났다. 또한 사회적인 여건과 자연적인 여건을 고려하여 해안 유출 지하수를 활용하여, 중소규모의 수자원을 공급할 수 있는 지하수 개발 가능 지점은 6개소 내외일 것으로 추정되었다. 한편, 유출지하수의 연구는 해수면 온도를 활용한 간접적인 연구와 더불어, 직접 현장에서의 라돈 및 라듐 동위 원소 등을 활용 조사를 통한 직접적이며, 정량적인 연구가 요구된다.

5. 사 사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호 3-4-1)에 의해 수행되었다. 연구비를 지원해준 사업단 측에 감사드린다.

6. 참고문헌

김형수, 김성주, 2002, 한반도 동해안 유출 지하수에 대한 연구, 대한지구물리학회, 제4권, 제 1호, p. 71-84
 원종관, 지정만, 김수진, 윤선, 소철섭, 김형식, 1980, 거제·울포 지질도폭설명서(1:50,000), 자원개발연구소
 한국수자원공사, 1995, 충적층 지하수 산출특성과 활용방안 연구
 한국수자원공사, 1999, 지하수 함양 및 활용증대방안 연구