

웅진군 영흥도 일대에서의 조석효과에 따른 지하수위와 전기전도도의 변화

김용성^{1)*} · 김남진¹⁾ · 박은규²⁾ · 김남종¹⁾ · 지병수¹⁾ · 조진욱²⁾ · 이현주²⁾ · 김덕근³⁾

1. 서론

일반적으로 해수의 영향을 받는 담수 대수층의 물리적 특성 변화 중 대표적인 것은 지하수위의 조석변동이다(이봉주 외, 2001). 지구와 달 그리고 태양의 상대적 위치에 따른 해수면의 승강운동은 주변 대수층에 압력파를 전달시키므로, 이로 인해 지하수위는 주기적으로 승강운동을 하게된다(Serfes, 1991; Erskine, 1991; Ferris, 1951; Robinson and Bell, 1971).

본 연구에서는 인천광역시 웅진군 영흥도 내3리 일대에서 전기비저항탐사, 지하수위와 전기전도도 자동관측, 전기전도도 수직검층, 지하수 이화학분석 등을 통해 조석에 따른 지하수의 물리·화학적 변화를 검토하였다.

2. 본론

본 연구를 위해 인천광역시 웅진군 영흥도 내3리 일대에서 지하수위와 전기전도도를 2개소에서 2005년 5월~11월까지 7개월간 1시간 간격으로 자동관측하였으며, 2005년 4월에 전기비저항탐사를, 2005년 4월과 9월에 전기전도도 수직검층과 이화학분석을 5개소에서 각각 5회, 4회를 실시하였다. 조사 위치는 Fig. 1과 같다.

2.1. 지하수위 및 전기전도도를 통한 조석효과 분석

지하수위와 전기전도도는 2개소(YJE02, YJE03)에서 7개월간 관측하였다. YJE02의 표고 EL. 5.7m이고, 관측기간동안 지하수위는 EL. 0.45~5.74m(평균 EL. 4.35m)의 범위를 나타냈으며, YJE03의 표고는 EL. 4.2m이고, 관측기간동안 지하수위는 EL. 0.27 ~4.41m(평균 EL. 3.57m)의 범위를 나타냈다.

식 1을 이용하여 지하수위 자료로부터 얻어지는 조석효율은 YJE02는 0.19, YJE03은 0.02이었다.

$$TE_{true} = TE_{app} \exp\left(\frac{2\pi}{t_0} t_l\right) \quad (1)$$

조석효과를 보다 정량적으로 파악하기위해 지하수위자료에 대해 스펙트럼 분석을 실시하였으며, 연구지역 인근의 인천 조위관측소 자료도 함께 분석하여 비교하였다. 기초력은 390개 분조(tidal constituents)가 있으며 이중 12.421시간 주기의 M_2 , 12.000시간 주기의 S_2 , 12.650시간 주기의 N_2 , 23.930시간 주기의 K_1 , 25.820시간 주기의 O_1 이 가장 대표적인 조석성분

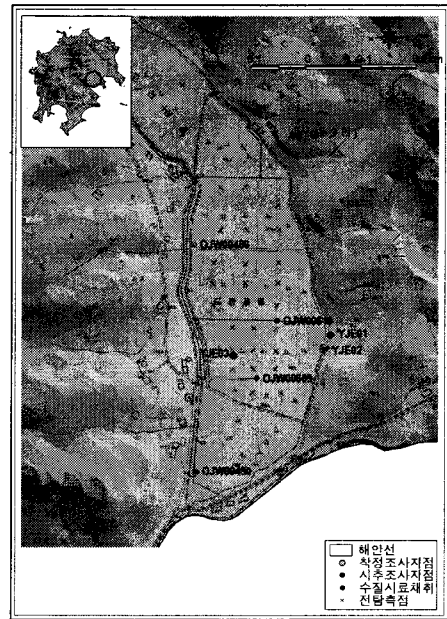


Fig. 1 연구지역과 조사지점

주요어 : 영흥도, 조석효과, 해수침투, 전기전도도 수직검층, 스펙트럼 분석, 조석효율

1) (주)유신코퍼레이션(y12596@yooshin.co.kr)

2) 경북대학교 지질학과

3) 한국수자원공사

으로 이들이 전체 기조력의 95%를 차지한다. 2005년 10월 ~ 11월까지의 지하수위와 전기전도도의 수문곡선과 스펙트럼 분석결과는 Fig. 2와 같다.

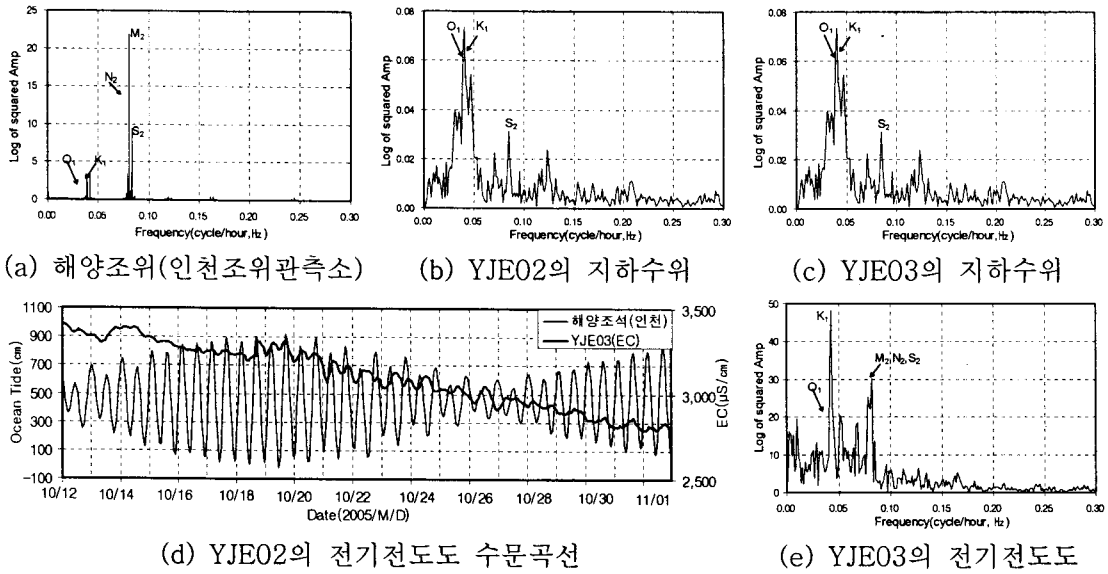


Fig. 2 해양조석, 지하수위 및 전기전도도의 스펙트럼 분석결과와 전기전도도 수문곡선

YJE02의 경우 지하수위 스펙트럼 분석결과 O_1 , K_1 , N_2 , M_2 , S_2 등의 조석성분이 우세하게 나타나지만 전체적으로 잡음수준이 높아 지하수위가 조석변동한다고 보기 힘들다. 반면 YJE03은 신호대 잡음비도 양호하며 K_1 , S_2 , M_2 의 순서로 조석성분이 우세하게 나타난다. 이는 지하수 전기전도도에 대한 스펙트럼분석에서 명확히 나타난다. YJE02의 경우 전기전도도 스펙트럼에서 조석성분이 거의 나타나지 않았지만, YJE03은 K_1 , M_2 , N_2 , S_2 , O_1 이 우세하게 나타났다. 따라서 해안으로부터 이격거리는 YJE02와 YJE03이 각각 181m, 233m로 큰 차이는 없지만, 충적 저지대에 해당되는 YJE03 일대에서 해수침투가 더 진행된 것으로 판단된다.

2.2. 지하수 전기전도도 수직검층

지하수 전기전도도 수직검층은 5개소(YJE02, YJE03, OJW00609, OJW00610, OJW00490)에서 조석의 고/저조에 따라 2005년 4월과 8월에 실시하였으며 결과는 Fig. 3과 같다.

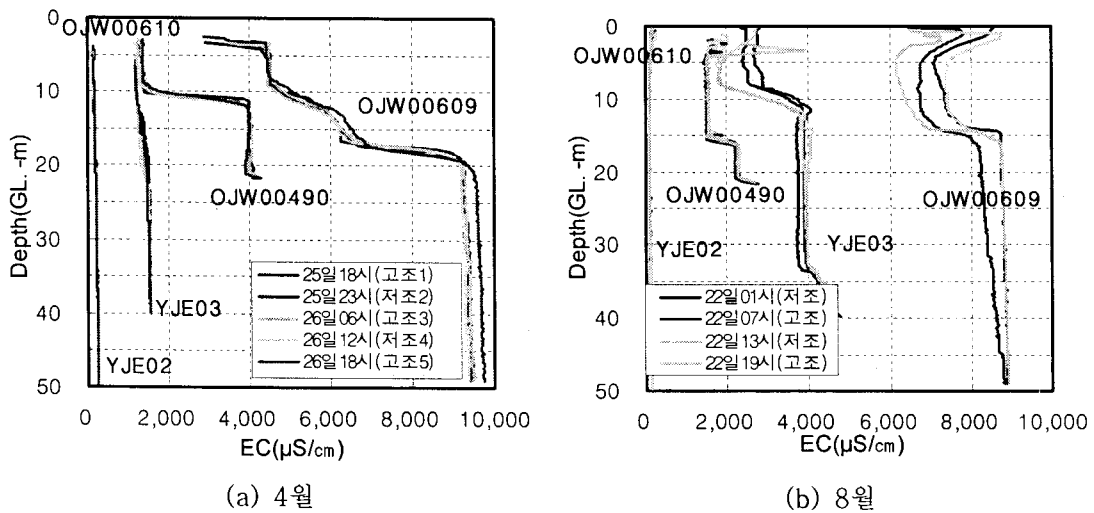


Fig. 3 지하수 전기전도도 수직검층 결과

암반층까지 굴착된 YJE02의 경우 전기전도도의 수직적 변화가 거의 없었으나, 충적층까지

만 굴착된 YJE03, OJW00490, OJW00609는 4월에는 각각 약 11~20m 구간에서 전기전도도가 1,200 μ S/cm에서 1,400 μ S/cm으로, 약 10~12m 구간에서 전기전도도가 1,300 μ S/cm에서 4,000 μ S/cm로, 약 10~18m 구간에서 전기전도도가 4,500 μ S/cm에서 9,200 μ S/cm로 급증하였다. 특히 백중사리인 8월에는 OJW00490은 약 15~17m 구간에서 전기전도도가 1,500 μ S/cm에서 2,200 μ S/cm으로, OJW00609는 약 14~15m 구간에서 전기전도도가 6,000 μ S/cm에서 8,500 μ S/cm으로, YJE03은 전기전도도가 1,500 μ S/cm에서 4,000 μ S/cm으로 급증하였다. 반면 5개소 중 가장 상류부에 위치한 OJW00610은 전기전도도가 100 μ S/cm 내외에서 거의 변화가 없어 이상으로는 해수침투의 영향이 없는 것으로 판단된다. 전기비저항탐사 결과를 참고하면, 연구 지역의 동쪽에 비해 서쪽이 해수침투가 심한 것으로 판단된다.

2.3. 지하수 이화학분석

지하수 이화학분석은 전기전도도 수직검층과 동일한 위치에서 동일시기에 실시하였다. Na/Cl의 함량비는 모두 해수의 몰비 0.85에 대해 ± 0.1 의 범위(Banks Et al, 1995)를 벗어났다. Cl/HCO₃ 몰농도의 경우 4월에 YJE03, OJW00609, OJW00490은 6.6 이상으로 염수혼입비율(Revelle, 1941)이 심각한 것으로 분석되었으며 나머지는 2.8 이하로 약간의 영향이 있거나 거의 없는 것으로 분석되었다.

3. 결론

본 연구에서는 2개소에서 장기간의 지하수위와 전기전도도 관측을, 해안 인근 5개소에서 조석주기에 따라 전기전도도 수직검층과 이화학분석을 통해, 조석변동에 따른 지하수의 변화를 시간적, 공간적으로 검토하였다. 이상의 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 지하수위와 전기전도도의 시계열 자료에 대한 스펙트럼 분석결과 YJE03에서는 K₁, M₂, N₂, S₂, O₁ 등의 조석성분이 명확히 나타났으며, YJE02에서는 지하수위에서만 약하게 나타났다.
2. 지하수 전기전도도 수직검층 결과, YJE03, OJW00609, OJW00490에서는 심도 10~18m 구간에서 전기전도도가 급증하였고, 백중사리인 8월에는 4월에 비해 담·염수 경계면이 상승하는 것으로 판단된다.
3. 지하수 이화학 분석결과, YJE03, OJW00609, OJW00490에서는 염수혼입비율이 상대적으로 높은 것으로 분석되었다.
4. 이를 종합하면, 영흥면 내3리 일대에서는 YJE03 일대로는 해수침투가 진행되었으며, OJW0610와 YJE03까지는 진행되지 않은 것으로 판단된다.