

해안 지하수자원 보존을 위한 해수침투 조사사업

우 명 하

(woomh@karico.co.kr)

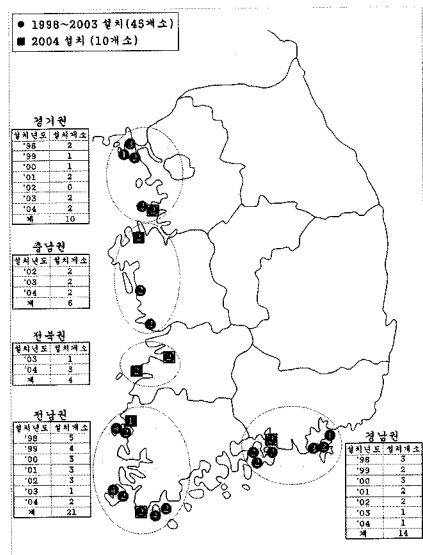
농업기반공사 농어촌연구원

우리나라 서, 남해안 지역은 지표수의 공급이 부족하여 대체 수자원으로 지하수를 이용하고 있지만, 개별공 당 이용할 수 있는 수량은 부족한 것으로 알려져 있다. 따라서 해안 지역의 안정적인 대체 수자원을 추가 확보하기 위해서는 기존의 지하수 개발 방법과는 다른 방법의 모색이 절실하다. 이에 따라 적은 비용으로 해당지역의 용수 부족 문제를 해결하고 추가적인 수자원을 확보하기 위해서는 해안으로 유출되는 지하수를 적절히 이용할 수 있는 기술을 개발하고 개발된 용수를 적절히 관리하는 시스템이 필요하다.

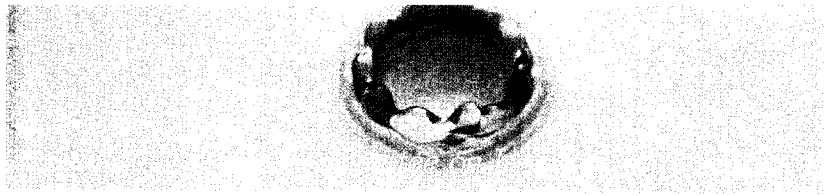
이러한 필요성을 바탕으로 해수침투 조사사업은 해안 및 도서지역 지하수에 대하여 해수침투 감시를 위한 지하수 원격감시 시스템을 이용, 지하수위 및 수질에 대한 장기관측을 실시함으로써 지하수 개발·이용으로 인한 해수침투 영향을 사전 조사하고 향후 해안 및 도서지방에 대한 합리적인 지하수 이용과 관리계획 수립에 기초자료로 제시코자 계획되었다. 이러한 목적에 따라 농림부와 농업기반공사에서는 1991년 제주도 해안지역을 시작으로, 1998년부터 육지부로 점차 확대 실시하고 있다. 육지부의 경우는 1998년 10개 관측정, 1999~2003년 각 7개 관측정, 2004년 10개 관측정 등 연차적으로 총 55개 관측정을 설치, 운영하고 있으며, 2011년까지 연차별 계획에 의거 총 136개 관측정(제주도 56관측정 제외)을 설치할 예정이다.

해수침투(Seawater Intrusion)란?

해안 및 도서지방에서 지하수의 염수화는 가장 흔한 오염현상으로 알려져 있다. 해수침투에 의한 염수화 과정은 대상지구의 수리지질학적 특성에 따라 다양하게 나타나는데 크게 해수체의 이동에 따른 침투과정과 담수체와의 혼합(mixing)과정으로 구분할 수 있다(Todd, 1976). 이러한 이론적 배경을 기초로 바닷가와 인접한 지역의 대수층이 다공질 매체(porous medium)로 구성되어 있는 경우의 해수침투 모형은 1900년 전후에 Ghyben과 Herzberg에 의해 각각 발표된



해수침투관측망의 도별 분포



논문을 기초로 구성된 Ghyben-Herzberg (G-H) 이론이 대표적으로, 자유면 대수층의 경우 해수면 아래 담수체의 깊이는 해수면을 기준으로 지하수위 높이의 약 40배에 해당되는 것으로 알려져 있다.

이러한 경계면 비확산(sharp-interface) 모델 접근법은 수리동역학적으로 분산(dispersion)의 효과가 크지 않은 경우에 적합한 것으로, 우리나라와 같이 균열대로 이루어진 암반대수층의 경우는 그 침투양상이 상대적으로 복잡하기 때문에 기존의 이론을 적용하는데 한계가 있으며, 이와 관련한 뚜렷한 연구결과가 제시되지 못하고 있는 실정이다.

해수침투 관측망은?

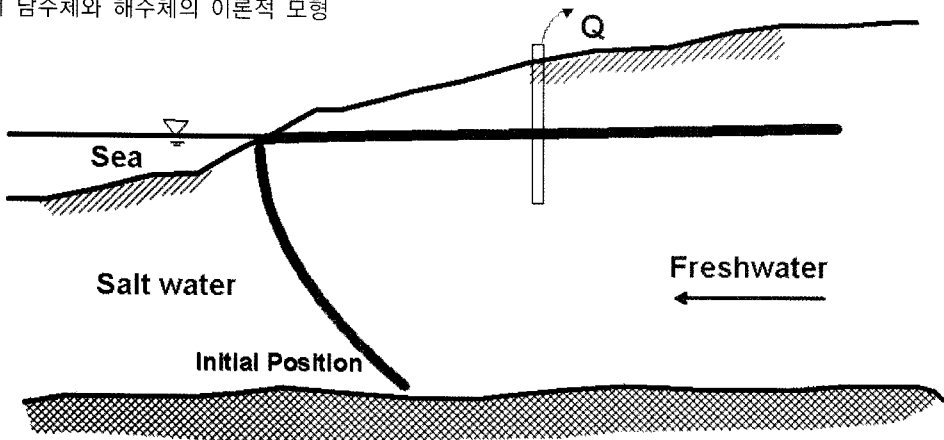
우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸여 있지만 인구 및 산업시설이 내륙지역의 4대강 유역에 밀집되어 각종 용수공급 시설이 내륙지역으로 편중되어 있는 실정이다. 따라서 해안 및 도서 지역에서는 내륙지역에 비해 상대적으로 지하수

이용이 많으며, 가뭄이 심한 경우 지하수 이용 증가에 따른 지하수위 저하로 지하수 유료를 따라 해수가 침투하는 현상이 나타나 용수 공급에 어려움이 발생하고 있다. 특히 염해를 입은 농가들은 염분기가 빠지는 5~10여 년 동안 농사를 짓지 못하는 막대한 경제적 피해를 입어 왔다.

따라서 해수침투 관측망(seawater intrusion monitoring network system)은 해안 및 도서지방에 분산되어 있는 관측정의 수위 및 수질변화를 자동관측장치와 해수침투 원격감시 시스템을 이용하여 실시간(real time) 변화양상을 관측함으로써 해당지역의 수리지질학적 특성 및 주변 지하수공의 양수에 의한 해수침투의 영향을 분석하고 이에 대한 대책을 수립하기 위한 기초자료 제공에 목적이 있다.

이러한 배경으로 1998년부터 구축되기 시작한 해수침투 관측망은 해수침투 원격감시 시스템을 이용하여 매일 1시간 간격으로 지하수위(m), 수온(°C) 및 전기전도도($\mu S/cm$) 자료를 자동으로 수집, 지속적으로 주변지역의 지하수 이용에 따른 수질변화를 측정토록 구성하였다.

해안에서 담수체와 해수체의 이론적 모형



특히 앞서 소개된 바와 같이 수리동역학적인 분산 효과가 크고 균열대로 이루어진 암반대수층의 특징인 다중심도의 해수침투 현상을 효과적으로 계측하기 위한 방법으로 농업기반공사 농어촌연구원에서는 32개 측정까지 확장이 가능한 다중심도 지하수 모니터링 시스템을 개발하여 2004년 이후 연차적으로 현장에 적용 중이다.

이러한 계측장치를 포함한 해수침투 원격감시 시스템을 지속적으로 보완하여 해수침투 우려가 큰 지역의 경우는 자동 제어를 통해 향후 본 시스템을 운영할 각 지방자치단체에서 신속하게 해당 지구에 대한 지하수 이용량 규제 등의 예방활동에 활용할 수 있는 시스템 구축을 추진할 예정이다. 또한 국가적으로는 해안 및 도서지방의 지하수 이용 및 보전 관리에 이용될 수 있도록 정책적인 제안을 지속할 것이다.

우리나라 해수침투 현황 및 대책은?

우리나라 해수침투 관측망에 대한 기초조사는 시추공 공내수에 대한 심도별 전기전도도 검층을 우선 수행하여 심도별 해수의 영향 가능성을 검토하며, 이후 대수층의 수리지질학적 특성을

정량적으로 파악하기 위하여 지표와 시추공을 이용한 전기비저항 토모그래피를 수행한다. 또한 양수시험을 통하여 각 관측정에 대한 수리상수를 계산하며, 공내수에 대한 이온분석을 실시한다. 이러한 다양한 분석결과를 토대로 향후 해수의 영향을 받을 가능성이 높게 나타나는 지역과 현재는 해수의 영향이 없으나 향후 해수침투의 가능성이 있어 지속적인 관측이 필요한 지역으로 구분한다.

각 관측망별로 매년 공내수의 전기전도도 검층과 이온분석을 실시하여 해수침투의 연간변화 양상을 분석하며, 기존 관측망에 대한 전기전도도 변화 양상을 TDS에 의한 구분법으로 분류하여 매년 전국적인 해수침투 관측망 분류결과를 각 지자체별로 제시하고 있다.

이때 해안지역의 특성상 전체 용수이용량 대비 농업용수의 비중이 상대적으로 높으므로, 전기전도도와 식물생육과의 관계를 이용하여 작물 재배에 대한 해수침투 영향 등을 병행하여 제시하고 있다. 따라서 향후 지속적인 모니터링 및 효과적인 해수침투 제어 방법 개발을 통하여 본 사업이 해안 및 도서지방의 지하수 이용 및 보전 관리에 활용될 수 있을 것이다.

다중심도 지하수 모니터링 시스템 구성도

