

월성 1발전소 부지 내 지하수 및 오염물질 거동 모델링

손욱, 손순환, 전철민*, 김구영*

한전전력연구원, 대전시 유성구 문지로 65

*한국지질자원연구원, 대전시 유성구 과학로 92

wsohn@kepri.re.kr

1. 서론

최근 친환경적인 원전 운영의 중요성이 높아짐에 따라 부지의 수문지질학적 특성에 대한 이해의 증진이 매우 중요하게 대두되고 있다. 이러한 이해 증진을 위해서는 부지 내 지하수 유동에 대한 이해가 필수적이다. 본 연구에서는 5개의 관정이 운영되고 있는 월성 1발전소 부지 내 지하수의 유동과 가상의 오염물질(삼중수소) 거동에 대해 수행한 모델링의 결과를 제시한다.

2. 본론

2.1 부지의 수리지질 특성

월성 원자력 발전소 부지의 모암은 변성퇴적암(아질라이트)이며 여기에 안산반암, 석영안산암, 석영섬록암 등이 관입·분포하고 있으며 아질라이트와 안산암 모두 파쇄대가 발달하여 암질상태는 불량하다.

풍화대층의 투수시험 측정값은 2.57×10^{-5} cm/sec, 1.01×10^{-4} cm/sec, 1.49×10^{-4} cm/sec이었으며 암반의 투수시험 측정값은 6.22×10^{-6} cm/sec, 3.77×10^{-5} cm/sec, 5.53×10^{-5} cm/sec로 파쇄대와 절리의 발달로 인해 비교적 투수계수가 높았다.

또한 2008년부터 1년간 수행된 장기수위관측 결과로부터 수위 상승은 대부분 강우에 의한 것으로 인위적 요인이나 해수침투의 영향은 미미한 것으로 나타났다.

2.2 모델링

2.2.1 모델링 영역 및 격자망 구성

전반적인 지하수 유동을 파악하기 위해 월성 원전 부지를 포함하는 1,500 m×1,400 m의 면적을 모델링 영역으로 설정하였으며(Fig. 1), 5 m 간격으로 세분화 월성 1, 2호기 및 관정 주변 이외에는 10 m 등 간격으로 나누었다.

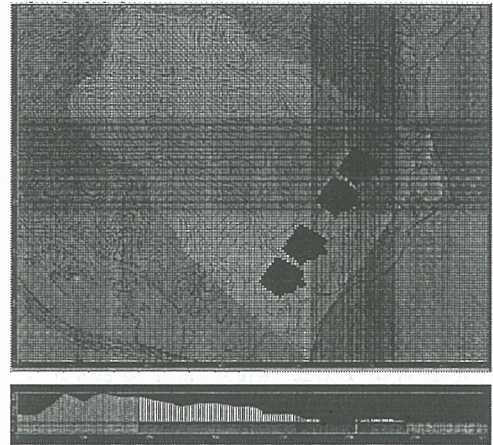


Fig. 1. Modeling area and hydraulic conductivity of each layer at Wolsong Plant 1 site

본 연구에서는 기존 지질조사 자료를 바탕으로 모델링을 위한 층을 크게 미고결층(매립토)의 제1층, 풍화대의 제2층, 안산반암 등(안산반암, 안산암, 석영반암, 석영섬록암 등)의 제3층과 아질라이트의 제4층으로 구분하였다.

2.2.2 입력인자

수리전도도 값으로 제1층은 silty sand~sand에 해당하는 1.15×10^{-3} cm/sec를, 제2층과 제3층은 현장 투수시험 값인 1.1×10^{-4} cm/sec와 5.0×10^{-5} cm/sec를, 제4층은 아질라이트에 해당하는 값인 1.5×10^{-5} cm/sec를 각각 적용하였다(Fig. 1). 모델링 지역이 해안가에 위치한 관계로 해안선을 따라 고정수두경계를 EL 0 m로 제1층부터 제4층까지 설정하였다.

모델링에서 1년간의 유효 강수량에 함양율 10%를 적용하여 얻은 지하수 함양율(80 mm/yr)을 산 지역에 입력하였으며 그 외 지역은 표면의 불투수성 특성을 고려하여 10 mm/yr의 지하수 함양율을 입력하였다.

2.2.3 Particles 및 Leakage 설정

입자이동경로 분석을 위해 모델링 영역의 지하수 최상부와 완전 상류부에 particle tracking을 설정하였으며 월성 1, 2호기 주요시설물 주변에 6개의 가상의 point leak source를 설정하여 30년 동안 지속적으로 농도 1.35×10^{-4} mg/L의 삼중수소가 유출된다고 가정하여 삼중수소의 거동을 분석하였다.

2.3 모델링 결과

2.3.1 지하수 유동

본 모델링 결과에서 월성 제1발전소 부지 내 지하수의 유동의 특징으로 Fig. 2에서 보는 바와 같이 전 층에 걸쳐 대부분의 지하수가 해안으로 이동하고 있으며 제1층에서는 시설물로 인하여 등위선도가 해안에서 다소 교란되는 것을 들 수 있다.

또한 particle tracking 결과(Fig. 2)에서 대부분의 입자가 원전 시설물 주변을 따라 해안으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 일부 상류에서 유래된 입자들 중 일부는 구조물 내부를 관통하여 해안으로 이동하기도 한다.

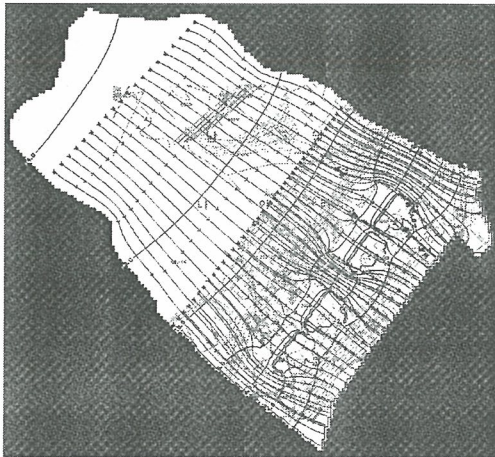


Fig. 2. Equipotential lines and pathways of particles (with arrow) at Wolsong Plant 1 site

2.3.2 오염물질의 거동 특성

삼중수소 거동 모델링 결과를 나타낸 Fig. 3에서 제1층은 1년 경과시점에 미국 환경보호국의 음용수용 지하수의 삼중수소 농도 제한치 740Bq/L 농도(2.08×10^{-9} mg/L)의 삼중수소가 해안에 도달하고 제2층에서는 2년이 채 되기도 전에,

그리고 제3층에서는 10년 이후 해안에 도달하는 것을 볼 수 있다. 이와는 대조적으로 제4층에서는 삼중수소는 이동, 확산되지만 point leak source 직하 부근에서만 머물 뿐이다. 전 층에서 10년 이후부터는 오염 양상에 큰 변화가 없다.

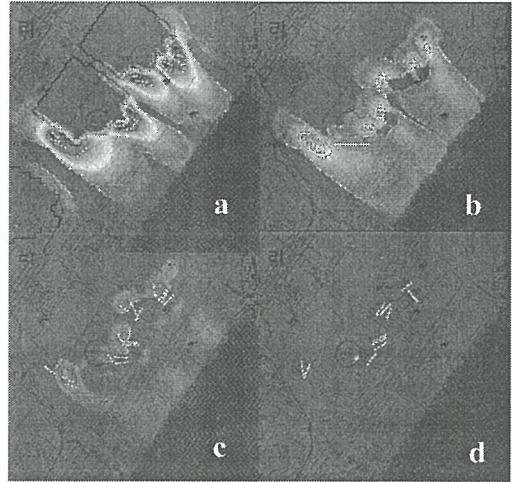


Fig. 3. Modeling of tritium transport. a) 1 year later at Layer 1, b) 2 years later at Layer 2, c) 10 years later at Layer 3, and d) 30 years later at Layer 4

3. 결론

지하수 유동 모델링 결과, 전 층에 걸쳐 대부분의 지하수가 해안으로 이동하고, 제1층에서는 시설물로 인하여 등위선도가 해안에서 다소 교란되는 것을 볼 수 있다. 가상으로 삼중수소가 지속적으로 누설되는 상황을 모델링한 결과, 제1층은 1년 경과시점에 미국 환경보호국 지하수 음용수 기준농도의 삼중수소가 해안에 도달하고 제2층에서는 2년이 채 되기도 전에 그리고 제3층에서는 10년 이후 해안에 도달하는 것을 볼 수 있으며 그 이후부터는 오염양상에 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 이와는 대조적으로 제4층에서는 삼중수소는 이동, 확산되지만 point leak source 직하 부근에서만 머물 뿐이었다.

4. 참고문헌

- [1] 월성 1호기 계속운전 방사선환경영향평가를 위한 환경조사분석/관측공 설치 및 분석 보고서, (주)지오포스, 2009.
- [2] Ground Water Tracers, S.N., Davis et al, National Water Well Association, 1985.