

< 1-2 >

# 팔당 유역 간이상수도 시설의 라돈 제거 시스템 개발

< 젠트로 김 성 철 >

## I. 연구의 목적 및 필요성

라돈은 폐암, 위암 등의 암을 유발시키는 중요한 요인이며, 인체 노출경로는 가정에서 물 사용시 수중 라돈이 공기중으로 방출되어 호흡기로 흡입되는 것과 음용수 섭취시 소화기관을 통한 직접피폭인 두 가지 경우가 있다. 미국 환경보호청(EPA)은 라돈을 암을 유발시키는 물질로 간주하고 있으며, National Research Council의 최근 조사에서는 실내공기 중의 라돈과 라돈의 자원소에 노출되어 폐암사망이 매년 미국에서 3,000~32,000건 정도 발생한다고 추정하고 있다(NAS, 1998). 이외에도 폐암 발생의 증가와 실내공기 중 라돈의 노출과 유의한 상관관계를 보인다는 연구결과가 제시되었다.

그러나 현재 우리나라는 지하수 중 자연방사성 물질에 대한 먹는물 수질기준을 설정하지 않고 라돈 및 전알파에 대해서는 규제기준이 없으며, 우라늄에 대해서만 감시항목(30 $\mu$ g/L)으로 지정('07.10)하고 있다. 또한 현재로서는 자연방사성 물질 제거를 위한 전문 업체가 없어 음용수 내 라돈 관리에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 간이 상수도 시설의 라돈 제거를 위하여 미국의 먹는물 기준치 이상으로 라돈이 검출된 마을상수도에 라돈제거 시스템을 개발 및 적용하여 라돈 제거 시스템 설치 전·후의 라돈 제거 효율을 비교하여 실질적이고 효율적인 라돈 관리방안을 도출하고자 한다.

## II. 연구의 내용 및 범위

본 연구는 팔당 유역의 양평군 내 간이상수도 시설 중 지하수 내 라돈이 검출된 2지점(석곡1리 성실마을, 연수2리 장수마을)을 선정하여 연구를 진행하였다. 석곡1리 성

실마을의 경우, 양평군에서 지하수 원수와 꼭지수를 분석 의뢰한 결과 각각 14,162, 9,622 pCi/L의 라돈 검출 농도를 나타냈다. 연수2리 장수마을의 경우, ‘10년 지하수 중 자연방사성 물질 함유실태 조사’(환경부) 결과 지하수 원수에서 4,275 pCi/L의 라돈 농도가 검출되었으며 양평군에서 지하수 원수, 꼭지수를 분석 의뢰한 결과 각각 5,108, 2,730 pCi/L의 라돈 검출농도를 나타내 미국 먹는물 기준치인 4,000 pCi/L를 초과하는 상태이며 간이상수도 시설의 라돈 제거를 통하여 마을 주민들에게 안정적인 음용수를 공급해야 하는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 간이상수도 시설의 라돈 제거를 위하여 라돈 농도가 기준치 이상으로 검출된(4,000 pCi/L) 시설 내의 라돈 분석을 실시하고 라돈 제거 시스템을 설치 및 운영하여 설치 전, 후의 라돈 제거량을 분석하여 라돈 제거 효율을 검증하는데 있다.

### III. 연구결과

2011년 5월부터 8월까지 4개월동안 섬실마을, 장수마을의 라돈 제거 시스템 운영을 실시한 결과 공기주입 노즐의 유입부를 물탱크 내부에 위치시킨 mode 1의 경우 뚜렷한 라돈 제거효율이 나타나지 않았다. 따라서 채수병 비교 실험과 Jar-Tester를 통한 탈기 실험을 통하여 라돈 제거 효과를 확인하였으며 이에 mode 2에서 공기주입 노즐의 유입부를 외부에 위치시킨 장수마을의 경우 평균 원수 농도 4,946 pCi/L에서 평균 꼭지수 농도 3,285 pCi/L로 나타나 평균 33.5%의 제거율을 얻을 수 있었다.

mode 3는 운전기간 동안 원수의 라돈 농도가 낮아짐에 따라 운전시간을 변경하여 운영을 실시하였으며 섬실마을의 경우 평균 원수 농도 5,226 pCi/L에서 평균 꼭지수 농도 3,247 pCi/L로 나타나 라돈 제거율이 평균 37.8%로 나타났으며 장수마을의 경우 평균 원수 농도 3,118 pCi/L에서 평균 꼭지수 농도 1,546 pCi/L로 나타나 라돈 제거율이 평균 49.4%로 나타났다. 또한 mode 3 운전 종료 시점에서 물탱크 상부에 환풍기를 추가로 설치하여 mode 4 운영을 진행하였다.

mode 4는 운전기간 동안 원수의 라돈 농도가 전 mode 중 가장 낮은 농도를 나타냈다. 따라서 라돈 제거 시스템 운전시간을 조절하여 운전하였으며 섬실마을의 경우 라돈제거시스템과 환풍기의 동시 운영을 실시하였으며 장수마을의 경우 환풍기만 운영을 실시하였다. 운전결과 섬실마을의 경우 평균 원수 농도 2,789 pCi/L에서 평균 꼭지수 농도 921 pCi/L로 나타나 라돈 제거율이 평균 66%로 나타났으며 장수마을의 경우 평균 원수 농도 2,527 pCi/L에서 평균 꼭지수 농도 1,420 pCi/L로 나타나 라돈 제거율이 평균 43.4%로 나타났다. 또한 mode 4를 통하여 물탱크에 환풍시설의 설치 및 운전만으로도 라돈을 어느정도 제거할 수 있는 것으로 확인되었으며 영소의 경우 전 mode 운전 결과 탈기 여부는 확인되지 않았다.

중간평가 종료 후 연속식 배치실험 결과를 통하여 라돈 제거 시스템 개선 공사를 실시하였으며 2011년 9월부터 11월까지 3개월동안 개선 후 라돈 제거 효율을 검토한 결과 mode 5는 운전기간 동안 지하수 원수의 라돈 농도가 점차적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 따라서 라돈 제거 시스템의 개선공사 후 시스템의 효율을 검토하기 위하여 mode 5는 24시간 가동으로 운전조건을 설정하였다. 운전결과 섬실마을의 경우 라돈 제거율이 **평균 97.9%**로 나타났으며 장수마을의 경우 라돈 제거율이 **평균 98.1%**로 나타나 두 마을 모두 95% 이상의 평균 라돈 제거효율을 나타냈으며 영소의 탈기여부는 나타나지 않았다.

mode 6 운전기간 동안 지하수 원수의 라돈 농도는 mode 5와는 달리 큰 변화폭을 나타내지 않았다. 30분 가동, 10분 비가동의 운전조건은 24시간 가동시 전력사용량 문제를 고려하여 가동시간을 점차적으로 낮추었으며 이에 따른 라돈 제거 효율을 검토하였다. 운전결과 섬실마을의 경우 라돈 제거율이 **평균 96.9%**로 나타났으며 장수마을의 경우 라돈 제거율이 **평균 97.9%**로 나타나 mode 5와 마찬가지로 두 마을 모두 95% 이상의 평균 라돈 제거효율을 나타냈으며 영소의 탈기여부는 나타나지 않았다.

mode 7 운전기간 동안 지하수 원수의 라돈 농도는 두마을 모두 전 mode 중 가장 높은 라돈 농도를 나타냈다. 05시~20시까지(30분 가동, 10분 비가동) 가동, 20시~05시까지 비가동으로 운전조건은 mode 6과 마찬가지로 장시간 장치 가동시 전력사용량 문제를 고려하여 가동시간을 낮추었으며 이에 따른 라돈 제거 효율을 검토하였다. 운전결과 섬실마을의 경우 라돈 제거율이 **평균 96.7%**로 나타났으며 장수마을의 경우 라돈 제거율이 **평균 97.0%**로 나타나 mode 5, 6과 마찬가지로 두 마을 모두 95% 이상의 평균 라돈 제거효율을 나타냈으며 영소의 탈기여부는 나타나지 않았다. 가동시간을 줄였음에도 라돈 제거 효율이 높게 나타난 것은 라돈 제거 시스템이 가동되고 있는 시기인 주간에 현장채수 및 분석을 실시하였기 때문인 것으로 판단된다.

#### IV. 연구결과의 활용계획

- 지하수 중 자연방사성 물질 함유실태 조사계획의 기초자료로 활용
- 향후 '12년 방사성 물질(라돈) 규제 기준 마련에 대한 기초자료로 활용
- 실내 라돈 관리 종합대책('07~'12)의 기초자료로 활용
- 방사성 물질 고함량 우려지역의 지하수 사용 및 관리 지침의 기초자료로 활용