

일부 의료기관 인공방사성핵종(^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$)의 하수처리장 유입 - 대전광역시 하수처리장 사례 연구 -

장병욱^{1,2*}, 최석원^{1,2}, 이재성¹, 이화용¹, 송명환², 김민주³

한국원자력안전기술원¹ · 과학기술연합대학원대학교² · 대전광역시 시설관리공단³

E-mail : hafadai@kins.re.kr

중심어 : 하수처리장, ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$

서론

의료서비스가 다양화 되면서 국내 의료기관에서의 동위원소 사용량은 빠른 속도로 늘어나고 있다. 최근 조기건강검진이 일반화되고 의료 진단기술의 발달과 함께 갑상선 암의 진단기술도 진보, 그 발생률이 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 갑상선 암의 진단과 치료에 사용되고 있는 방사성옥소의 사용량은 최근 들어 급격한 증가 추세를 보이고 있다. 2008년 상반기 기준 전국적인 총 사용량은 33.8 TBq에 달한다. 이 중 서울과 경기의 사용량이 전체 사용량의 약 60%를 차지한다. 또한, 전국적인 사용량 통계는 파악하지 않았으나 반감기가 6시간으로 매우 짧은 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 은 주로 진단용으로 상당히 많은 양이 사용되고 있다. ^{131}I 은 8일의 짧은 반감기에도 불구하고 많은 사용량으로 인하여 대도시 하수처리계를 통해 지표수 환경을 경유, 하천하구를 통해 해양환경으로 확산되어 연안의 해조류에서도 흔히 검출되고 있다.

이 논문은 대도시 ^{131}I 사용량과 하수처리시설내의 유입량의 관계를 평가하기 위한 목적으로 대전광역시 시설관리공단과 대전 시내 주요 병원 핵의학과의 협조를 얻어 대전시 원촌동에 위치한 하수처리장내 하수 처리계통에 대한 약 3주간의 정밀 조사를 수행한 결과이다.

시료 채취 및 분석 결과

대전광역시 하수처리장은 일부 지역을 제외한 대전시 전 지역의 생활하수를 처리하고 있으며 4개의 처리장, 2개의 탈수기실, 2개의 유입 및 유출구가 있다. 1,2처리장은 서구, 유성구에서 발생하는

하수를 각각 일 15만톤 처리할 수 있으며, 3,4처리장은 동구, 중구, 대덕구에서 발생하는 하수를 각각 일 30만톤 처리할 수 있다. 9월 3일부터 9월 24일 까지 약 3주간 각 하수 처리 계통별 주요 지점에서 시료를 채취(그림 1)하여 HPGe 감마선 분광분석기를 이용하여 분석을 수행하였다(표 1). 짧은 반감기를 고려하여 분석은 시료채취 후 최대한 빠른 시간 내에 수행하였다. 6시간의 짧은 반감기에도 불구하고 유입수에서 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 이 간헐적으로 검출되었다. 또한, 대전지역 동위원소 진단 및 치료가 이루어지는 주요병원의 협조를 받아 조사기간 동안의 병원별 동위원소 사용량(^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$) 현황을 조사하였다(표 2).

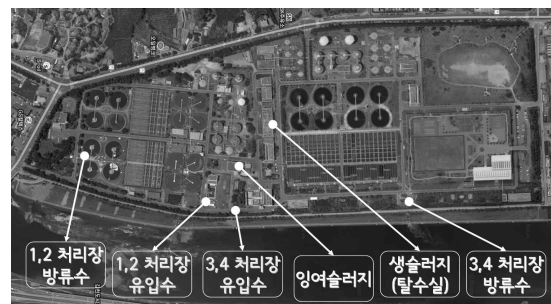


그림 1 대전광역시 하수처리장 부지 내 주요시료 채취지점

표2 하수처리계통별 채취시료의 방사능 농도(단위: Bq/L, Bq/kg)

	^{131}I (괄호는 평균)	$^{99\text{m}}\text{Tc}$
1,2 유입수	0.479~1.99 (0.976)	<MDA~1.19
3,4 유입수	0.332~3.50 (1.70)	<MDA~0.968
잉여슬러지	1,961~2,410 (2,186)	<MDA~26.0
생슬러지	203~231 (217)	<MDA
1,2 방류수	0.737~0.876 (0.807)	<MDA
3,4 방류수	0.406~1.49 (0.924)	<MDA

표2 조사기간(8/26~9/21) 동안 병원별 ¹³¹I 총 투약량 (단위: mCi)

	성모 병원	총남대 학병원	을지대 학병원	건양대 학병원	총 투약량
입원	-	2,150	605	-	2,755
통원	275	272	5	275	827

유입수와 방류수의 ¹³¹I 농도의 차이는 크게 보이지 않으며, 하수처리장으로 유입된지 12시간이 경과한 잉여슬러지에 상당히 높은 농도로 농축되게 된다. 소화조에서 약 26일간의 처리공정을 거친 슬러지의 농도는 약 1/10로 줄어든다. 이는 ¹³¹I의 반감기에 의한 감쇄와 거의 일치한다.

수치 모사

조사기간 동안의 대전시 주요병원의 환자별 투약 현황을 조사하여 이를 거주지별로 구분하고, 투여 시기 및 각 거주구별 투여량을 종합하였으며, 하수처리장으로서의 총유입수량을 처리계통별로 취합하였다. 지역별로 통원 및 입원 환자의 투여량과 하수처리장 유입수간의 관계를 단순입출력계(Structure of univariate system)로 가정하고 영국 환경청[1] 및 ICRP 78[2]에서 제시한 생체역학 모델에 근거하여 유입수에 대한 예상 농도를 수치모사하고, 유입수의 실제 방사능 분석결과와 비교하였다. 수치모사한 조사기간 동안의 유입수의 추정 농도와 1,2 및 3,4 처리장 유입수의 실제 방사능 농도는 오차범위 내에서 일관성을 보였다(그림 3).

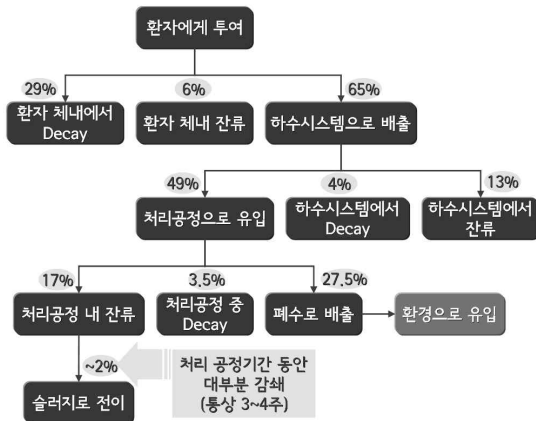


그림 2 영국환경청 및 ICRP 생체역학모델에 근거한 환자에게 투여된 ¹³¹I의 하수처리 계통 및 환경으로의 유입비율 모델

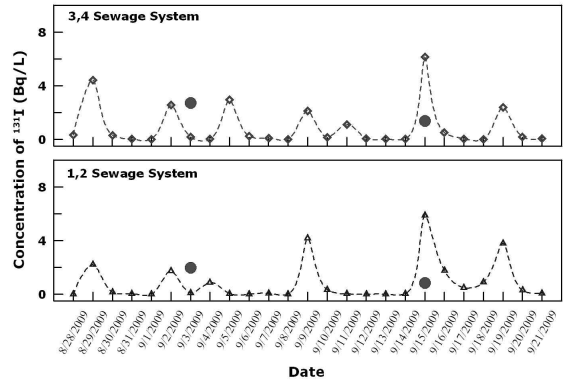


그림 3 유입수의 ¹³¹I농도에 대한 수치모사 결과와 실제 분석 값과의 비교 (심볼은 당일 채취된 1,2 및 3,4 하수처리공정 유입수에 대한 ¹³¹I 방사능농도)

^{99m}Tc의 경우 유입수에서 검출되는 방사능 농도의 변화가 비교적 심한 편이었는데, 이는 병원에서의 사용량이 일정치 않은 이유와 6시간에 불과한 짧은 반감기 그리고, 테크네슘의 환경 매질 내에서의 빠른 거동 특징에 기인한 것으로 판단된다. ^{99m}Tc이 하수처리장으로 유입되거나 하수 처리 공정을 거치는 동안 대부분 감쇄되게 된다.

결론

수치모사 준위와 실제 방사능 농도 준위의 비교 평가를 통하여 의료기원의 인공방사성핵종이 대도시 하수처리장으로 유입되는 현황을 파악할 수 있었다. 극히 미미한 값으로 추정되나, 하수처리장 근무자의 피폭선량평가나 인근 주민에 대한 피폭선량평가를 추가 수행할 예정이다. 국내에서도 일부 대도시의 대규모 하수처리장에 대하여 외국의 경우와 마찬가지로 방사선환경 감시 프로그램의 운용에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

사사

조사기간 동안의 환자별 투약 현황자료를 제공하는데 적극 협조하여 주신 대전 시내 주요병원 핵의학과 방사선안전관리자 여러분께 감사드립니다. 본 연구는 교육과학기술부 원자력기술개발사업 "생활환경중의 방사선 영향평가"의 일환으로 수행되었습니다.

참고 문헌

1. Environmental Agency UK, Radionuclide discharges to sewer - A field investigation, 2007
2. ICRP 78, Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers, 1997