

<중설>

물 환경의 방사성 물질 관리 방안과 분석법에 관한 연구 (II) 일본의 물 환경 방사성물질 관리 체계에 대한 고찰*

- Study on Radioactive Material Management Plan and Environmental Analysis of Water (II) Study of Management System in Water Environment of Japan -

고려대학교 대학원 바이오융합공학과·¹⁾고려대학교 방사선학과

한성규·김정민¹⁾

— 국문초록 —

2011년 일본 후쿠시마 원전 사고 이후 국내외에서 관련 연구 및 관리체제 준비가 이루어지고 있다. 국내에서도 물의 방사능 오염에 대한 우려가 높아졌으며, 이에 따라 환경부를 중심으로 물 속 방사성 물질 관리체제 준비가 이루어지고 있다. 본 연구에서는 원전 사고의 피해 당사국이며 인접국가인 일본의 관리체제 준비 현황을 분석하였다.

분석한 결과 일본에서는 법제 정비 후 문부과학성이 방사능 측정의 이론적인 내용을 규정하고, 환경성은 실제 공공수역 및 지하수의 수질 오염 상황을 감시하며, 지방자치단체 등 관련된 일선 기관에서 물 환경의 방사능 오염 상황을 모니터링하고 있다. 지역별로 보면 지방측정소들은 전 국토 대상의 조사를 분담하며, 원자력 시설 주변에서 별도의 모니터링을 하고 있으며, 원전 사고 이후 후쿠시마 인근 지역에 대한 모니터링이 추가로 운영 중이다. 기준치 중 음료수 및 수도수의 관리 목표치는 10 Bq/kg이며, 후쿠시마 주변 공공수역과 지하수는 1 Bq/L로 되어 있다. 측정 주기는 매 시간에서 연 1회까지 다양하며 검사에 따라 정기적 또는 부정기적으로 실시되고 있다. 주된 측정 항목에는 공간선량률, 전 α , 전 β , γ 핵종, Cs-134, Cs-137, Sr-89, Sr-90, I-131 등이 있다.

이에 비해 우리나라는 원자력시설 주변과 먹는 물에 대한 규제기준은 정비되어 있는 반면, 일반적인 공공수역에 대한 관리는 2014년에 시작되었다. 따라서 향후 WHO 등의 가이드라인을 참고하여 국내 체계를 보완할 것으로 예상된다. 일본의 관리 체계는 우리나라의 일반적인 공공수역 방사성물질 기준을 확립할 때 참고가 될 수 있다고 사료된다.

중심 단어: 물 환경, 관리체제, 관리기준

I. 서 론

후쿠시마 원자력발전소 사고(2011년) 이후 방사성 물질의 유출로 관련 연구가 활발히 진행되어 왔다. 물, 공기 및 토양으로 유출된 방사성 물질은 대기 순환 등에 의해 먹는 물

에 유입될 수 있으며 내부 피폭 등의 위험이 있다. 이에 국내에서도 먹는 물의 방사성 물질 농도 관리를 위해 정책적 대응이 추진되고 있다. 허재 등은 우리나라의 관련 규정을 미국 EPA(Environmental Protection Agency, 환경보호청)의 관리체계와 비교·분석한 바 있다. 국내의 관련 규정

*본 원고는 환경부 연구용역과제 『공공수역 방사성물질 선진사례 및 측정망 확대 로드맵 마련 연구』(계약번호 20140625263)의 연구과정 중 도출된 자료를 정리한 것입니다. 연구비를 지원한 환경부에 감사드립니다.

교신저자: 김정민 (136-713) 서울특별시 성북구 안암로 145

고려대학교 방사선학과, Tel: 02-3290-5683 / E-mail: minbogun@korea.ac.kr

접수일(2015년 07월 31일), 심사일(2015년 08월 07일), 확정일(2015년 09월 10일)

으로는 환경부령 553호 『먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙』, 환경부 고시 『먹는 물 수질공정시험기준』, 『원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정』, 등이 있다¹⁾.

한편 일본은 후쿠시마 원전 사고의 당사국이며 사고 이후 관련 법령 및 관리 체계를 재정비하였으며, 물 환경의 방사성 물질의 관리 사례가 풍부하여 우리나라에서 참고할 부분이 많다. 일본은 후쿠시마 원전 사고 이전 『환경기본법』 체제에서 방사성 물질에 의한 환경오염에 대응하고 있었으나²⁾, 사고 이후 법체계의 정리가 필요하게 되었다. 이에 따라 환경기본법 체제에서 방사성 물질에 의한 환경오염의 방지 조치를 명확하게 하기 위해, 『방사성 물질에 의한 환경오염 방지를 위한 관계 법률의 정비에 관한 법률(放射性物質による環境の汚染の防止のための関係法律の整備に関する法律(平成25年法律第60号), 2013.06.21)』을 통해 제도를 개정하여 대기오염방지법, 수질오염방지법, 환경영향평가법 등이 정비되었다³⁾. 특히 수질오염방지법 제15조 3에서 “환경대신은 환경성령으로 정한 방사성 물질에 의한 공공수역 및 지하수의 수질 오염 상황을 상시 감시하지 않으면 안 된다.”고 명시하여 지방자치단체의 장(도도부현(都道府県) 지사)이 방사성물질을 제외한 수질오염을 상시 감시하고, 환경부장관(일본: 환경대신)이 방사성물질의 오염 상황에 대해 감시하도록 규정하고 있다. 또한 방사성 물질의 계측 및 검사 실시에 대한 내용은 문부과학성(우리나라의 미래창조과학부에 해당) 및 환경성(환경부에 해당) 등의 중앙부처에서 주로 규정하고 있다.

본 연구에서는 일본 문부과학성 및 환경성의 사례를 통해 일본의 물 속 방사성 물질 관리 현황을 살펴보고, 그 체계 및 관리 기준을 분석하여 국내 실정에 적용 가능한 참고자료를 제시하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

일본의 물 속 방사성 물질 관리에 관련된 법령, 중앙부처(문부과학성, 환경성 등) 및 지방자치단체의 관리 현황을 참고로 국내에 적용 가능한 관리 체계에 대해 조사하였다.

2. 조사방법

본 연구는 환경부 연구용역과제 『공공수역 방사성물질 선진사례 및 측정망 확대 로드맵 마련 연구』의 연구과정 중에 수집된 일본 관련 자료를 활용, 분석하였다. 이 과정에서 국내 물 환경의 방사성 핵종 농도 관리 규정 및 체계에 대한 자료를 함께 수집하였다. 일본 자료는 관련 법령, 중앙부처의 정책 및 각 지방자치단체의 관리 현황에 대해 조사하였다. 조사한 내용을 조사지역, 기준치, 빈도, 주된 관리 항목 및 그 근거와 관리 체계를 중심으로 분석하였으며, 이를 토대로 국내에 적용 가능한 내용을 정리하였다.

III. 결 과

일본에서 환경방사능에 관하여 현재 실시되고 있는 모니터링은 일반 환경 모니터링, 주변 환경 모니터링, 동일본대지진의 피해지에서 방사성 물질 관련 환경 모니터링의 3가지로 크게 나눌 수 있다. 이 중 동일본대지진의 피해지에서 방사성 물질 관련 환경 모니터링은 후쿠시마 원전 사고 이후 추가되었다(Table 1).

일반 환경 모니터링은 국내 또는 국외의 원자력 재해나 원자력 관련 사고의 영향을 파악하는 것을 목적으로 실시하고

Table 1 Summary of Environmental radioactivity monitoring⁴⁾

분류	조사명	위탁자·실시자	목적
일반 환경 모니터링	환경방사선 등 모니터링 조사	환경성 일본 분석 센터	- 일반 환경 중의 방사성 물질 농도 변화 감시 - 국내외 원자력 재해, 사고, 외국 핵실험이 국내에 미치는 영향 파악
	환경방사능 수준조사	원자력규제위원회 각 도도부현(47곳) 및 일본 분석 센터	- 원자력시설의 영향 유무 파악
주변 환경 모니터링	주변환경 모니터링 조사	각 도도부현 (원자력규제위원회)	- 환경 방사선 감시에 필요한 설비를 갖추는 것 - 원자력 발전 시설 주변에서 환경방사선 조사
동일본대지진의 피해지에서 방사성 물질 관련 환경 모니터링	환경 모니터링 조사	환경성 위탁업자	- 연속적으로 물환경(공공수역 및 지하수)의 방사성 물질 모니터링 실시

있으며, 환경방사선 등 모니터링 조사와 환경방사능 수준조사가 있다. 환경방사선 등 모니터링 조사는 환경성에서 위탁하고 일본분석센터에서 실시하는 조사이며, 일반 환경 중의 방사성 물질의 농도 변화를 감시한다. 조사의 목적은 “일본 국내 또는 해외에서 원자력 재해나 사고, 해외에서의 핵실험이 있었던 때의 영향을 신속하게 파악하는 것”이다. 주된 대상은 공간선량률, 대기 부유 먼지(전 α , 전 β 및 γ 핵종, Sr-90), 대기 낙하물(γ 핵종 및 Sr-90), 토양·육수(陸水)(γ 핵종 및 Sr-90)이다. 조사지점은 일본 외곽의 섬 지역에 10곳(대기 낙하물 : 4곳)이 위치한다(Table 2). 한편 환경방사능 수준조사는 원자력규제위원회에서 위탁하여 47개 도도부현과 일본분석센터에서 실시한다. 조사의 목적은 전국에서 환경방사능 수준조사 및 지방 공공단체가 실시하는 방사능 분석, 측정결과를 확인하여 원자력시설의 영향 유무를 파악하는 것이다. 주된 대상은 공간선량률, 정시 강수(전 β), 정시 낙하물(강수채취장치로 1개월간 계속 채취, γ 핵종 및 Sr-90), 상수(수돗물)(3개월간 연속 채취, γ 핵종과 Sr-90), 상수(원수) 등이다. 조사지점은 대체로 47개 도도

부현에 각각 1개씩 있으며 공간선량률 조사지점은 2009년 이후 약 300개로 늘어났다(Table 3)⁴⁾. 지역 내 환경 방사성 물질 모니터링 측면에서, 일본은 47개의 도도부현(都道府縣)마다 1개씩 총 47개의 지방측정소를 두고 있다. 이 모니터링은 환경성에서 실시하고 있으며, 문부과학성의 『방사성 측정법 시리즈』에 준하는 내용으로 하고 있다(Table 4).

주변 환경 모니터링은 원자력시설(원자력발전소, 연료제조시설 등)의 주변에서 하고 있는 모니터링이다. 이 분류에 해당하는 조사명은 주변환경 모니터링 조사이다. 목적은 원자력 발전시설 등에서 방출되는 방사성 물질이 주변 환경에 미치는 영향을 조사하기 위해 환경 방사선 감시에 필요한 시설 등의 설비를 갖추는 것과 원자력 발전 시설 등의 주변에서 환경방사선의 조사를 실시하는 것이다. 주된 대상은 공간선량률, 육상 및 해양시료로 원자력시설 주변의 24개 도도부현에서 실시하고 있다(Table 5).

동일본대지진의 피해지에서 방사성 물질 관련 환경 모니터링은 후쿠시마 제 1 원자력발전소 사고에 관련된 환경 모니터링이며 ‘종합 모니터링 계획(최종 개정 : 2013년 4월)’

Table 2 Summary of Monitoring investigation of Environmental radiation etc. in General environmental monitoring⁴⁾

주된 대상매체	주된 조사항목	조사주기	측정방법	조사 지점수
공간선량률	공간선량률	1회/시간 (μ Sv/h)	모니터링 포스트에서 연속측정	
대기 부유먼지	전 α , 전 β	1회/6시간 (Bq/m3)	dust monitor 연속측정	일본 외곽 섬 지역 10곳
	γ 핵종, Sr-90	1회/3개월 (Bq/m3)	γ 선 spectrometry	
대기 강하물	γ 핵종, Sr-90	1회/3개월 (MBq/km ²)	γ 선 spectrometry	일본 외곽 섬 지역 4곳
토양·육수 (지표수, 지하수 포함)	γ 핵종, Sr-90	1회/년 (Bq/kg, mBq/L)	γ 선 spectrometry	일본 외곽 섬 지역 10곳

Table 3 Summary of Environmental radioactivity level investigation in General environmental monitoring⁴⁾

주된 대상매체	주된 조사항목	조사주기	측정방법	조사 지점수
공간선량률	공간 선량률	연속측정	모니터링 포스트에서 연속측정	약 300
정시 강수	전 β	강우시 (오전9시경)	GM 계수장치 측정	48
정시 강하물 (강수채취장치로 1개월 연속 채취)	γ 핵종, Sr-90	1회/월 (2012.1~)	γ 선 spectrometry	48
상수(수돗물) (3개월 연속채취)	γ 핵종, Sr-90	1회/3개월 (2012.1~)	γ 선 spectrometry	47
대기 부유 먼지, 상수(원수), 담수, 강바닥의 흙, 해수, 해저의 토양, 토양, 쌀, 야채류, 차, 우유, 수산생물, 바다 생물	γ 핵종, Sr-90	대기부유먼지 : 연 4회 나머지 : 연 1회	γ 선 spectrometry	5~49

에 기초해 환경성에서 시행하고 있다. 조사의 목적은 모니터링 조사 회의에서 결정된 종합 모니터링 계획에 기초하여 연속적으로 물 환경(공공수역(하천, 호소, 수원지, 연안) 및 지하수 등)의 방사성 물질 모니터링을 실시하는 것이다. 조사 대상은 공공수역 및 지하수이며, 측정 지점은 후쿠시마

및 근처의 총 7개현에서 각각 580곳(공공수역), 380곳(지하수)이다(Table 6).

일본 환경성에서 실시한 2013년도 물환경 방사성 모니터링 조사는 도쿄도 및 8개현의 공공수역에 대해 수질, 저질(底質) 및 주변 환경(하천 둔치, 호반의 토양)의 방사성 물질 농도(방사

Table 4 Summary of Radionuclide analysing method in Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology⁴⁾

방사성 핵종	규격·기준	분석방법 등
H-3	트리튬 분석법	β 선계측(액체 신틸레이션 카운터) 전처치로서 증류(다른 핵종/염류의 제거) 후의 시료수를 분석에 제공한다.
Co-60	방사성 코발트 분석법	β 선계측(저 백그라운드 β 선계측 장치(GM 계수장치)) 전처치로서 수산화물로서 침전, 증발, 용해, 이온교환 수지에 의한 분리를 한다. (수산화물 침전/증발/용해 → 걸림 흡착/용해 → 전착관 흡착 → β 선계측)
Sr-90	방사성 스트론튬 분석법	β 선계측 시료수를 증발 건조 후, 이온 교환법, 발연 질산법 또는 옥살산염법 등으로 처리하고 저 백그라운드 2π gas flow 계수장치에 의해 정량한다. (안정 스트론튬의 분석에서는 ICP-MS도 가능)
	방사성 요오드 분석법(I-131)	β 선계측(우유시료만) 이온 교환분리 → β 선이 계측가능한 GM 계수관에 의한 계측 γ 선계측(공기중 먼지, 육수, 해수, 야채, 우유, 해조) NaI 신틸레이션 검출기 또는 Ge 반도체 검출기에 의한 계측
I-129	I-129 분석법	β 선 또는 γ 선계측 전처치로서 활성탄 흡착법 또는 알칼리 용액 흡수법으로 농축한다. (농축 → 증발/건조 → 저 백그라운드 계측장치에 의한 β 선 측정 또는 γ 선 스펙트로메트리) 중성자 방사화 분석법 원자로에서 중성자를 조사해서 생성되는 I-130의 γ 선 측정
	환경시료 중 I-129 신속분석법	질량분석 ICP-MS에 의한 질량분석 전처치로서 고상추출법으로 분리/생성한다.
Cs-137	방사성 세슘 분석법 (Cs-137)	β 선계측(저 백그라운드 β 선 계측장치(GM 계수장치)) 시료의 종류에 의해, 종류마다 분리/농축 등의 조작이 필요하고, 예를 들어 물 시료에서는 증발 또는 이온 교환 흡착 등에 의한 분리 조작이 필요하다. γ 선계측 [위의 β 선계측에 의한 분석법은 1976년 개정판에 의한 것으로, 현장에서는 게르마늄 검출기에 의한 γ 선계측(Cs-137이 붕괴해서 생성되는 Ba-137m에서의 γ 선)이 행해진다.]
Pu-239 + Pu-240 + Pu-238	플루토늄 분석법	α 선 스펙트럼 계측(실리콘 반도체 검출) 이온 교환 또는 용매 추출에 의해 분리 정제 → 스테인리스 관에 전착 → 실리콘 반도체 검출
U	우라늄 분석법	화학분석(대상의 시료 종류에서 조작이 다름) 분리·정제(킬레이트 수지, 수산화 철 공침, TBP 추출, 이온 교환) → 화학분석(흡광 광도, 형광 광도) α 선 스펙트럼 계측(실리콘 반도체 검출) (위와 같은 분리·정제 방법) 질량분석(ICP-MS 분석) 토양 등의 고체 시료는 질산 용액에서 용해 후 측정
Ra	라듐 분석법	(대상의 시료 종류로 분석 방법 등이 달라짐) α 선 스펙트럼 계측(액체 신틸레이션, ZnS 신틸레이션, 전리함) 하전입자 측정(2π gas flow 비례계수관)
		(또한 시료의 전처리, 분리, 정제는 대상 시료의 종류에 의해 이온 교환, Ba(Pb)SO ₄ 공침포집, 전분해 또는 산 추출, EDTA 세정, BaSO ₄ 재침전, EDTA 또는 인산 분해에 의한 용액화 등의 전처리, 분리, 정제가 행해진다)

성 세슘, 방사성 스트론튬)의 조사를 1년 동안 4회 실시한 결과를 홈페이지에 공개하고 있다. 모니터링 결과에는 기타 γ 선 핵종에 대해서도 언급하고 있다. Cs-134, Cs-137 이외의 사고 유래 방사성 핵종(I-131, Ag-110m, Te-129, Te-129m, Nb-95, Sb-125, Ce-144 등) 및 주된 자연 유래 방사성 핵종(K-40 등)에 관한 데이터 또한 정리되어 있다. 그리고 천연 핵종으로서는 수질에서 K-40(전체 검체 수의 약 13%), 저질에

서는 Pb-212(49%), Pb-214(23%), Tl-208(91%), 주변환경(토양)에서는 Pb-212(33%), Tl-208(11%), Ac-228(14%), K-40(97%) 등이 검출되었다고 보고하였다⁵⁾.

이렇게 진행되는 물환경 방사성 물질 모니터링의 결과를 분석하고 평가 방법에 대해 검토하는 환경성의 용역 보고서에서 업무의 흐름은 Figure 1과 같다⁶⁾.

한편 우리나라에서는 물을 식수, 지하수, 지표수와 해수로

Table 5 Summary of Surrounding environment monitoring⁴⁾

대상매체	조사항목	빈도	측정방법	조사 지점수
공간선량률	공간선량률	연속감시 (적산선량 : 4반기마다)	모니터링 포스트 선량측정, 적산선량계 사용	약 400
육상시료(대기, 육수, 우유, 토양, 농산식품, 지표생물, 강하물, 강수), 해양시료(해수, 해저토, 해산식품, 지표생물 등)	전 β (대기 부유 먼지, 빗물) H-3, Sr-90, I-131, Pu, γ 핵종 (대상시료에 따라 측정 항목이 다름)	대기부유먼지: 연속~1-3개월마다, 빗물: 강수마다 1개월마다 ~연 1회 (우유: 필요에 따라 채취)	GM 계수장치 측정 기기 분석법, 방사화학 분석법	24

Table 6 Summary of Radioactive materials-related environmental monitoring in the area of the Great East Japan Earthquake⁴⁾

주된 대상매체	주된 조사항목	빈도	측정방법	조사 지점수
공공수역(하천, 호소, 유원지, 연안)의 수질, 저질, 환경시료(토양)	공간선량률 Cs-134, Cs-137, Sr-90(일부저질) ※ I-131은 2012년까지	2~6개월에 1회 2~6개월에 1회	Survey Meter 측정 γ 선 spectrometry 등	약 580
지하수질	I-131, Cs-134, Cs-137, Sr-89, Sr-90	연 1~4회	γ 선 spectrometry 등	약 380

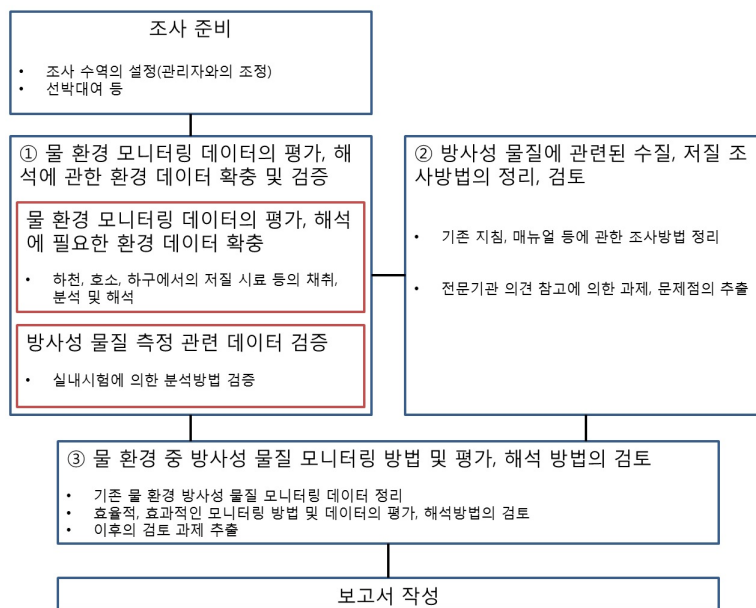


Figure 1 Workflow of Water environment radioactivity monitoring in Japan⁶⁾

나누고 분기 1회~월 1회 정도로 채취 및 분석 빈도를 규정하고 있다. 또한 환경부령 제553호 『먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙』은 염지하수에 한해 Cs-137(4.0mBq/L 미만), Sr-90(3.0mBq/L 미만), H-3(6.0Bq/L 미만)에 대해 기준치를 정하고 있다. 그리고 『원자력 시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법』은 방사성 핵종의 위험도에 따라 먹는 물에 대한 결정기준을 1~5군으로 나눠서 규정하고 있다¹⁾.

IV. 고찰

일본의 관리 현황을 지역별로 분류하면 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 전 국토 대상 조사는 지방측정소들이 분담하며, 원자력 시설 주변에서 별도의 모니터링을 하고 있으며, 2011년 후쿠시마 원전 사고 이후 인근 지역에 대한 모니터링이 추가로 운영 중이다.

일본의 방사능에 관한 주된 지표 중 물에 관련된 기준치는 다음과 같다. 음료수는 후생노동성에서 제정한 “식품의 새로운 기준치(2012년)”에서 내부피폭 1 mSv/년을 전제로 한 10 Bq/kg으로 설정하고 있다. 수도수에 대해서도 후생노동성에

서 제정한 “수도수 중의 방사성 물질에 관한 관리 목표치(2012년)”에서 10 Bq/kg으로 되어 있다. 이는 WHO 음료수 수질 가이드라인에서 방사성 세슘의 가이던스 레벨을 근거로 한다. 주변감시구역(=원자력시설 주변 지역, 관리구역 주변 지역으로 해당 구역 외측의 어떤 장소에서도 그 선량이 원자력규제위원회가 정하는 선량한도를 넘을 위험이 없는 것)⁷⁾ 외의 수중 농도 한도에 대해서는 원자로 등 규제법(1957년)에서 Cs-137은 90 Bq/L, Cs-134는 60 Bq/L가 지표로 되어 있다. 이는 동일인이 0~70세까지 그 농도의 물을 음료로 한 경우의 1년당 1 mSv에 상당하는 농도이다. 공공수역 중에서는 방사성물질 오염대처특조법(2011년)에 의한 “폐기물 처리시설 주변 공공수역의 수중 농도 한도”를 Cs-137은 90 Bq/L, Cs-134는 60 Bq/L로 하고 있다(Table 7).

물에 관련된 검출 하한치는 다음과 같다. 『환경방사선 등 모니터링 조사』의 육수, 『환경방사능 수준조사』의 정시 강수, 상수(수돗물), 상수(원수) 및 담수, 『주변환경 모니터링 조사』에서 육수에 대해서는 『문부과학성 방사능측정법 시리즈』에 준하여 검출 하한치를 적용하고 있다. 후쿠시마 주변 지역의 조사에서는 공공수역에서 1 Bq/L, 지하수질도 1 Bq/L으로 되어 있다(Table 8).

Table 7 Current state of water-related standard values in Japan⁵⁾

분류	제정년도	기준치	비고
식품의 새로운 기준치 (후생노동성)	2012년	음료수 10 Bq/kg	내부피폭 1 mSv/년을 전제로서 설정
수도수 중의 방사성 물질에 관한 관리 목표치 (후생노동성)	2012년	10 Bq/kg	WHO 음료수 수질 가이드라인에서 방사성 세슘의 가이던스 레벨
주변감시구역 외의 수중 농도 한도 (원자로 등 규제법)	1957년	Cs-137 90 Bq/L Cs-134 60 Bq/L	동일인이 0~70세까지 그 농도의 물을 음료로 한 경우의 1년당 1 mSv에 상당하는 농도
폐기물 처리시설 주변 공공수역의 수중 농도 한도 (방사성물질오염대처특조법) (환경성)	2011년	Cs-137 90 Bq/L Cs-134 60 Bq/L	동일인이 0~70세까지 그 농도의 물을 음료로 한 경우의 1년당 1 mSv에 상당하는 농도

Table 8 Current state of water-related detection limit values in Japan⁴⁾

분류	제정년도	검출 하한치
환경방사선 등 모니터링 (일본 외곽 섬 지역)	2000	육수
환경방사능 수준조사 (각 지방자치단체)	1957	빗물, 상수(수돗물, 원수) 등
원자력시설 주변환경 모니터링	1974	육상시료(육수, 강수 등)
후쿠시마 인근 지역 환경 모니터링	2011	공공수역 1 Bq/L 지하수질 1 Bq/L

각 모니터링의 빈도는 다음과 같다. 각 지방자치단체에서 조사하는 공간선량률은 연속측정으로 관리되고 있고, 일본 외곽 섬 지역의 공간선량률은 매 시간 감시되고 있다. 대기 부유먼지 중 전 α 및 전 β 는 일본 외곽 섬 지역에서 매 6시간 마다 측정하고 있다. 대기부유먼지 중 γ 핵종 및 Sr-90, 대기강하물, 상수, 공간선량률의 적산선량 등은 3개월마다 측정한다. 육수, 상수(원수), 담수 등은 연 1회 측정한다. 이외에 강우마다, 필요시 채취, 2-6개월마다 측정, 연 1-4회 등 부정기적인 모니터링이 있다(Table 9).

모니터링의 주된 측정 항목에는 공간선량률, 전 α , 전 β , γ 핵종, Cs-134, Cs-137, Sr-89, Sr-90, I-131 등이 있다. 이들은 각각 일본 외곽 섬 지역, 각 지방자치단체, 원자력시설 주변, 후쿠시마 주변 지역(공공수역, 지하수질) 등에서 측정된다(Table 10).

물과 관련된 감시체계 기준은 WHO에서 권고하는 가이드

라인을 참고하여 일본의 실정에 맞추어져 있다. 예를 들어 WHO의 Cs-134, Cs-137의 Guidance level은 10 Bq/L로 동일하지만 일본은 각각 60, 90 Bq/L 등으로 다른 값을 적용하고 있다⁸⁾.

현재 물에 관한 우리나라의 방사능 관리 기준은 대부분 원자력시설 주변에 대한 것이며, 원자력시설 이외의 물에 대한 기준은 먹는 물 위주로 되어 있다. 일반적인 공공수역의 방사성물질에 대한 것은 환경부고시 제2014-160호 『공공수역 방사성물질 측정망 운영계획』이 있으나 I-131, Cs-134, Cs-137의 검출하한치만 규정하고 있고 조사항목 별 규제기준 값은 제시하고 있지 않다⁹⁾. 이에 대해서는 국제기구 및 선진국 등의 현황을 추가 분석하여 우리나라에 적용 가능한 가이드라인, 관리체계, 분석 방법을 제시할 수 있도록 후속 연구가 요구된다고 사료된다.

Table 9 Current state of frequencies by monitoring⁴⁾

	빈도	지역	조사 항목
정기	연속측정	각 지방자치단체	공간선량률
	1회/시간	일본 외곽 섬 지역	공간선량률
	1회/6시간	일본 외곽 섬 지역	대기부유먼지 중 전 α 및 전 β
	1회/월	각 지방자치단체	정시 낙하물
	1회/3개월	일본 외곽 섬 지역	대기부유먼지 중 γ 핵종 및 Sr-90, 대기강하물
		각 지방자치단체	상수(수돗물-3개월 연속채취), 대기부유먼지
		원자력시설 주변	공간선량률의 적산선량
	1회/년	일본 외곽 섬 지역	육수
		각 지방자치단체	상수(원수), 담수 등
	부정기	강우마다	각 지방자치단체
필요시 채취		원자력시설 주변	우유
연속~1회/1-3개월		원자력시설 주변	대기부유먼지
1회/월 ~ 1회/년		원자력시설 주변	육상시료 및 해상시료
1회/2-6개월		후쿠시마 주변 지역	공공수역
1-4회/년		후쿠시마 주변 지역	지하수질

Table 10 Main measurement items⁴⁾

측정 항목	해당 지역
공간선량률	일본 외곽 섬 지역, 각 지방자치단체, 원자력시설 주변, 후쿠시마 주변 지역(공공수역)
전 β	각 지방자치단체
전 α 및 전 β	일본 외곽 섬 지역
γ 핵종 및 Sr-90	일본 외곽 섬 지역, 각 지방자치단체
H-3, Sr-90, I-131, Pu, γ 핵종(대상시료에 따라 측정항목이 다름)	원자력시설 주변
Cs-134, Cs-137, Sr-90	후쿠시마 주변지역(공공수역)
I-131, Cs-134, Cs-137, Sr-89, Sr-90	후쿠시마 주변지역(지하수질)

V. 결 론

일본에서는 법률이 정하는 역할 분담에 근거하여 문부과학성이 방사성 물질의 측정방법에 대한 내용을 규정하고, 이를 바탕으로 환경성이 방사성 물질에 의한 공공수역 및 지하수의 수질 오염 상황을 감시하며, 각 지방자치단체 및 일선 측정소에서 물 환경의 방사능 오염 상황을 모니터링하고 있다.

이에 비해 우리나라는 원자력시설 주변과 먹는 물에 대한 규제기준은 정비되어 있는 반면, 일반적인 공공수역에 대해서는 2014년에 비로소 시작되었다. 따라서 향후 WHO 등의 가이드라인을 참고하여 국내 체계를 보완할 것으로 예상된다. 선진 사례를 국내 체계 보완에 참고할 때, 일본의 관리 체계는 우리나라의 일반적인 공공수역 방사성물질 기준을 확립할 때 참고가 될 수 있다고 사료된다.

reviewing examination method of radioactive materials in water environment in 2012, Tokyo, 2013

7. Government of Japan, Ordinance No.77 of the Ministry of International Trade and Industry : Ministerial Ordinance for Commercial Nuclear Power Reactors concerning the Installation, Operation, etc, Tokyo, 1978
8. WHO: Guidelines for Drinking-water Quality, Third edition incorporating the first and second addenda volume 1 recommendations, Geneva, 2008
9. 환경부고시 제2014-160호: “공공수역 방사성물질 측정방법 운영계획”, 환경부, 2014

참고문헌

1. Jae Her, Jung-Min Kim, Hye-Lim Min, et al: Study on Radioactive Material Management Plan and Environmental Analysis of Water(I) Study of Radioactive Substances in Water Management and Analysis to Eat of the US Environmental Protection Agency (Environmental Protection Agency. Journal of Radiological Science and Technology, 38(2), 163-170, 2015
2. Government of Japan: Basic Environment Act, Act No. 91 of 1993
3. Government of Japan: Act of modifying related laws in order to prevent environmental pollution by radioactive materials, Act No. 60 of 2013
4. Ministry of the Environment Report: Report on review meeting about monitoring radioactive materials, Tokyo, 2013
5. Ministry of the Environment Report: Monitoring examination of radioactive materials in water environment in 2013, Tokyo, 2013
6. Ministry of the Environment Report: Work report on

•Abstract

Study on Radioactive Material Management Plan and
Environmental Analysis of Water (II)
Study of Management System in Water Environment of Japan

Seong-Gyu Han·Jung-Min Kim¹⁾

Dept. of Bio-convergence engineering, Korea University Graduate School

¹⁾*Dept. of Radiological Science, Korea University*

After Fukushima Daiichi nuclear disaster in 2011, study and maintenance of monitoring systems have been made at home and abroad. As concerns about radioactive contamination of water have increased in Korea, update of maintenance of managing radioactive materials in water is being made mainly by Ministry of Environment. In this study, we analysed current state of monitoring system modification in Japan, the country directly involved and neighboring country.

According to the result, Japan modified the legislations first. Then Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) provides theoretical background of radiological monitoring. And Ministry of the Environment actually watches state of water pollution in public waters and underground water. Finally related agencies like local government are monitoring current state of radioactive contamination in water environment. By region, local monitoring stations share the investigation of the whole country. Also, additional monitoring is running around nuclear facilities. After Fukushima disaster, monitoring for area near Fukushima is added. Among the reference levels, management target value of drinking water and tap water is 10 Bq/kg, and those of public water and underground water are 1 Bq/L. Measuring intervals varied from every hour to once a year, regularly or irregularly depending on the investigation. The main measuring items are air dose rate, gross α , gross β , γ radionuclide, Cs-134, Cs-137, Sr-89, Sr-90, I-131, and so on.

In comparison, regulations about general public water in Korea need to be modified, while those about area near nuclear facility and drinking water are organized well. In future, therefore, domestic system would be expected to be modified with making reference to the guidelines like WHO's one. As good case of applying international guideline to domestic environment, Japanese system could be a reference when general standard of radioactivity in public water is made in Korea.

Key Words : Water environment, Monitoring system, Quality Control standard