eISSN 2384-1168 ISSN 2288-3509 http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2015.38.2.11

Journal of Radiological Science and Technology, 38(2), 163-170

#### <종설>

# 물 환경의 방사성 물질 관리 방안과 분석법에 관한 연구 (I) 미국환경보호청(Envirionmental Protection Agency)의 먹는 물 방사성물질 관리와 분석법에 관한 고찰

- 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 (Envirionmental Protection Agency) -

고려대학교 대학원 바이오융합공학과·1)고려대학교 방사선학과·2한국원자력의학원 허 재·김정민1)·민혜림·한성규·임현종·조한별·노영훈·이호선·박민석2)

#### - 국문초록 -

후쿠시마 원전 사고 이후 수질 내 방사성 오염에 대한 국민들의 관심이 크게 높아졌다. 이에 따라 해외에서는 인체에 영향을 줄 수 있는 먹는 물 속 방사성물질 분석과 관리에 관한 연구가 활발히 진행되었다. 그리고 국내에 서도 환경부령 제553호로 『먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙』 제 2조 수질기준을 규정하여 먹는 물 속 방사성농도의 감시를 하고 있으며 최근에는 염지하수 뿐 아니라 공공수역까지 범위를 확대하여 효율적인 관리를 하고 있다. 본 연구에서는 현재 국내에서 시행되고 있는 먹는 물 관리 시스템이 좀 더 나은 관리 및 운영이 될 수 있도록 미국 EPA(환경보호청) 사례를 분석해 보고자 하였다. 그 결과 미국 EPA(환경보호청)에서는 조사핵종을 선 정할 시에 자국의 지질화학적인 조사와 원자력 발전소 보유현황 그리고 인공방사성 핵종의 사용유무 등을 조사하 고 추가적으로 인간이 연간 먹는 물로 인하여 피폭 받을 수 있는 최대오염농도(0.1 mSv/y)를 고려함으로써 α 방 출체,  $\beta/\gamma$  방출체, 라돈 및 우라늄으로 구분지어 핵종을 선정한 후 관리하고 있다. 조시주기 면에서는 미국 EPA(환경보호청)의 MCL(Maximum Contaminant Level - 최대오염농도)과 RDL(Required Detection Level - 검출하한 치) 이라는 개념을 정립함으로써 그 이상의 농도가 검출되지 않도록 유지 및 관리를 하고 있다. 여기서 최대오염 농도는 권고된 수치 이상의 농도가 측정 될 시에 특별한 관리조치와 해결방안이 제시되어야 하는 반면 검출하한치 는 이 수치 이하로 측정된 방사성 농도는 인체에 영향이 없거나 거의 미미하므로 검출되었다 할지라도 특별한 조 치가 필요 없다는 것이다. 예를 들어 최대오염농도 이상의 농도가 검출 될 시에는 기존에 조사해오던 주기보다 더 자주 측정하고 검출하한치 이하의 농도로 측정될 시에는 전에 해오던 주기대로 측정 및 관리를 하는 것이다. 이러 한 각 핵종에 대하여 각각의 기준치를 정하고 미국 EPA(환경보호청)에서는 각 주(state)에 권한을 일임하여 자국의 주요 하천을 나누어 로드맵을 만들어 관리를 하고 있다. 그리고 그렇게 분류된 지역은 인력 및 예산에 맞게 HPGe, 형광검출기(NaI) 및 TLD 등의 검출기 등을 사용하여 효율적으로 측정값을 얻어 관리하고 있다.

중심 단어: 먹는 물, 최대오염농도, 조사핵종, 조사주기, 관리체계

# ፲. 서 론

후쿠시마 원전 사고 시 발생한 방사능 오염수 유출로 인 한 피해 사례 보고로 해외에서는 인체에 영향을 줄 수 있는 먹는 물 속 방사성물질 분석과 관리에 관한 연구가 활발히 진행되어왔다. 그리고 국내에서도 먹는 물 속 방사성 농도 를 관리하기 위해 많은 대책과 기준을 규정하고 있다. 먼저 환경부령 제553호 『먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규 칙』 별표1 제6항을 살펴보았을 때 먹는 물 속 방사성물질 농 도에 관한 규정을 하고 있으며 여기서 '먹는 물'이란 먹는 데 에 통상 사용하는 자연 상태의 물, 자연 상태의 물을 먹기에 적합하도록 처리한 수돗물, 먹는 샘물, 먹는염 지하수, 먹는 해양심층수 등을 말하고 있다<sup>1)</sup>. 『먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙』에서 규정하고 있는 방사능에 관한 기준은 염지하수의 경우에만 적용하며 <sup>137</sup>Cs은 4.0 mBq/L, <sup>90</sup>Sr은 3.0 Bq/L, <sup>3</sup>H는 6.0 Bq/L를 넘지 않아야 한다고 규정하고 있고 점차 핵종의 종류 및 적용 범위를 확대해 나가고 있다 (Table 1).

그리고 위의 규칙 외 환경부에서 고시하고 있는 「먹는 물 수질공정시험기준」에서는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」제6조에 따라 먹는 물 수질기준의 표시한계 및 결과 표시, 포름알데히드 고성능 액체크로마토그래피 시험법, 기 체크로마토그래피 시험법을 규정하고 있다. 먹는 물 수질기 준은 70개의 항목으로 나누어 규정하고 있으며 137 Cs은 4.0 mBq/L 이하(염지하수인 경우에 적용), 90Sr은 3.0 mBq/L 이하(염지하수인 경우에 적용), 3H은 6.0 mBq/L 이하(염지 하수인 경우에 적용) 등 방사성물질의 핵종별 기준도 제시 하고 있다. 또한 최근에는 우라늄 핵종에 있어서 30µg/L 미 만으로 관리하도록 추가적으로 입법 개정을 추진하고 있으 며 해당 지자체는 업체에 대한 지도 점검을 현행 2회에서 4 회로 늘리고, 시중에 유통되는 제품을 수거해 연 4회 이상 우라늄 함유 검사를 받도록 추진 중에 있다<sup>3)</sup>.

「원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법」에서는 핵 물질과 원자력시설을 안전하게 관리 운영하기 위하여 물리 적 방호체제 및 방시재난 예방체제를 수립하고, 국내·외에 서 방사능재난이 발생한 경우 효율적으로 대응하기 위한 관 리체계를 확립함을 보호함을 목적으로 한다<sup>4)</sup>. 이 법의 시행 규칙에서는 긴급 주민보호조치의 결정기준을 규정하여 긴 급 주민보호조치의 결정기준 및 식료품과 먹는 물에의 반출 또는 소비 통제 등의 결정기준을 규정하고 있다. 결정기준 은 유효선량을 기준으로 하고 있고 음식물 섭취제한 기준은 방사성핵종을 1~5군으로 나누어 육류·어류·곡물, 야채·과 일, 먹는 물 우유, 유아식품의 섭취제한 기준을 규정하고 있 다(Table 2).

조사항목 및 주기면 에서는 「원자력이용시설 주변의 방사 선환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 규정」에서 식수/ 지하수. 빗물/지표수가 육상시료로 분류하고 있고. 해수를 해 양시료로 분류하고 있다<sup>6)</sup>. 여기서 식수/지하수의 경우 <sup>3</sup>H, U

**Table 1** Drinking water quality standards - relating to radioacitivity<sup>1)</sup>

 무성사조	수질기준
<sup>137</sup> Cs	4.0 mBq/L를 넘지 아니할 것
<sup>90</sup> Sr	3.0 mBq/L를 넘지 아니할 것
<sup>3</sup> H	6.0 Bq/L를 넘지 아니할 것

**Table 2** Food intake limitation for emergency protective measures<sup>5)</sup>

	구분	<u>4</u> -	육류·어류·곡물 (Bq/kg)	0채·과일 (Bq/kg)	물·우유 (Bq/L)
	1군	<sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>103</sup> Ru, <sup>106</sup> Ru, <sup>89</sup> Sr	2,000	1,000	200
	2군	<sup>131</sup> I, <sup>90</sup> Sr	1,000	500	100
방사성핵종	3군	<sup>235</sup> U, <sup>238</sup> U	100	100	20
0.1040	4군	<sup>241</sup> Am, <sup>238</sup> Pu, <sup>239</sup> Pu, <sup>240</sup> Pu, <sup>242</sup> Pu	10	10	10
	5군	<sup>3</sup> H			100 kBq/L

계열, γ동위원소를 조사하고 분기별 1회 채취하여 분석하며 빗물/지표수의 경우에는 전베타, <sup>3</sup>H, U계열, γ동위원소를 월 1회 채취하여 분석하는 등 각 시료별 환경매체에 따른 조사항 목, 조사주기를 규정하고 있다. 조사항목, 조사주기 및 조사 지점은 "환경방사선/능 조사 요령"에 따르되 해당시설 및 부 지의 특성에 따라 조정할 수 있도록 하고 있다(Table 3).

그 밖에 지하수는 「지하수법」에 의해 관리되고 있으나 방 사능 물질에 대한 관리레벨은 규정하고 있지 않다. 환경부는 '제3차 지하수 중 자연방사성물질 함유실태조사(2007~2016) 를 추진하고 있으며, 이를 통해 자연방사성물질에 대한 수 질기준 혹은 관리기준을 설정할 계획이다. 환경부에서 2015 년 1월에 발간한 환경홍보물 「지하수 중 자연방사성물질」에 따르면 현재 환경부에서는 우라늄에 대한 안전성 확보를 위 해 먹는 물 감시항목으로 지정하여 규제기준을 30 µg/L로 정하여 관리 중이다<sup>2)</sup>.

이처럼 국내에서도 먹는 물 속 방사성 물질 농도를 관리 하기 위한 많은 규정 및 체계가 있으며 이에 따라 본 연구에 서는 현재 시행되고 있는 관리 체계를 확대해 나가기 위하 여 미국 EPA(환경보호청)의 사례를 통해 먹는 물 속 관리대 상이 되고 있는 방사성 핵종을 분류하고 그 핵종에 따른 측 정방법 및 관리기준을 분석하여 이를 국내에 맞게 적용할 수 방법과 기준을 제시하고자 한다.

# Ⅱ. 연구대상 및 방법

#### 1. 연구대상

본 연구에서는 현재 먹는 물 관리 체계에 있어서 법적으로 기반이 잡혀있는 미국의 EPA(Envirionmental Protection Agency-환경보호청)의 가이드라인과 중소기업 준수지침을 참고로 국내에 적용할 수 있는 관리 시스템 체계에 대하여 조사하였다

#### 2. 조사방법

본 연구에서는 먹는 물 속 방사성물질 분석 및 관리방향 모색을 위하여 고려대학교 환경위해성연구실의 협조 및 자 문을 얻음으로써 먹는 물 속 방사성 핵종 농도 관리 규정 및 관리체계에 관한 자료를 수집하여 분석하였고 초기에 국내 에 적용될 수 있는 조사핵종 및 조사지역 그리고 조사주기 등의 관리체계를 정립하였다.

#### 3. 자료분석

미국 EPA(환경보호청) 사례에서 실시되고 있는 먹는 물 관리체계 중 방사성 물질 파트만 구분하여 조사를 실시하였 으며 조사된 내용을 토대로 조사핵종, 조사주기 및 핵종과 주기를 결정한 각각의 근거 및 관리체계를 중심으로 분석 및 정리하였다.

**Table 3** Survey clauses and interval of water samples<sup>6)</sup>

	조사항목		조사주기	
구분	환경매체	감시핵종	채취빈도	분석빈도
육상 시료	식수 / 지하수	³H, U계열, 7동위원소	분기 1회	분기 1회
시됴	빗물 / 지표수	전베타, <sup>3</sup> H, U계열, γ동위원소	월 1회	월 1회
 해양	해 수	전베타, <sup>3</sup> H	ス 1 ぶ	월 1회
시료	시료 애 누	<sup>90</sup> Sr, Pu, γ동위원소	주 1회	분기 1회

**Table 4** Classification of radionuclides and MCL designated in EPA<sup>7)</sup>

<sup>226</sup> Ra 과 <sup>228</sup> Ra	5 pCi/L		
$eta/\gamma$ 방출체 $^{\circ}$	4 mrem/y		
전알파 입자	15 pCi/L		
<sup>234</sup> U, <sup>235</sup> U, <sup>238</sup> U 30 μg/L			
*179개 각각의 β와 γ 방출체들 전부는 최대오염농도 권고치를 계산하기 위해 쓰일 수 있다.			

## Ⅲ. 결 과

미국 EPA(환경보호청)는 먹는 물에서 방사성핵종을 네 그룹으로 나누어 최대오염농도(Maximum Contaminant Level, MCL)라는 한도를 지정하였다(Table 4). 첫 번째 그룹으로는 Ra 핵종으로 주로 a 입자를 방출하는  $^{226}$ Ra과  $\beta$  입자를 방출하는  $^{228}$ Ra로 나누었다. 두 번째는  $\beta$ 선 및  $\gamma$ 선 방출체 그룹이다. 여기서 분류된 방사성핵종에 의해 오염되었다고 의심되는 장소는 반드시 측정 및 관리를 해야 한다. 세 번째로는 U과 Rn을 제외한 모든  $\alpha$  방출체를 포함하는 "전알파"이다. 네 번째는 대부분  $\alpha$  방사선을 방출하는 U 동위원소  $^{234}U$ ,  $^{235}U$  및  $^{238}U$ 이다.

그리고 미국 EPA(환경보호청)에서는 검출하한치(Required Detection Level - RDL)를 정립하여 최대오염농도와 연계하여 관리하고 있다. 최대오염농도는 권고되어 수치 이상의 농도가 측정 될 시에 특별한 관리조치와 해결방안이 제시되어야 하는 반면 검출하한치는 이 수치 이하로 측정된 방사성 농도는 인체에 영향이 없거나 거의 미미하므로 검출되었

다 할지라도 특별한 조치가 필요 없다는 것이다. 보통 이 검출하한치 값은 최대오염농도 값의 1/10로 선정되어 있으며 특별한 규제가 없는 한 변함이 없는 수치이다(Table 5, 6).

이런 방사성 핵종에 대한 관리를 미국 EPA(환경보호청)에서는 1976년 7월 9일 먹는 물 핵종 규제(Regulation)의 공표로 최초 시행하였으며, 2000년 6월 전알파 및 Ra에 대한 GF(Grandfathered)data의 사용 여부에 대한 공시, 2000년 12월 최종 방사성 핵종 규칙 공포, 2003년 12월 제정된 법규의 효력발휘, 2007년 12월 초기관리에 관한 규정, 2008년 조사 횟수와 준수사항에 대한 규정 등을 통해 관리 방법에 대한 법규를 제정하였다. 기존 관리 시스템은 2003년 12월 까지 1976년의 법령을 준수하였고 초기 관리 기간은 2003년 12월 8일에 시작하여 2007년 12월 31일까지 시행되었다.이 4년의 초기 관리 기간 동안 측정된 데이터를 바탕으로 모든 측정지점에 대한 권고사항을 결정하였다 (Table 7).

이후로 미국 EPA(환경보호청)는 2000년부터 2016년까지 먹는 물에 있어서의 방사성 핵종 관리를 시행하고 있으며 2000년 6월부터 2003년 12월 8일 사이에 이미 측정 및

								0)
Toblo 5 Maximum	contaminant level(MCL	) and Dogwird .	dataatian	loval/DDL) of the	~ omittoro	radionuolidae in	drinking	Motor <sup>8</sup>
			CHECHOL			14010110011065 111	CILILINILICI	vvalei

·····································	Drinking Water MCL <sup>1)</sup>	Drinking Water RDL <sup>5)</sup>
70	pCi/L(mg/L) <sup>2)</sup>	pCi/L (mg/L) <sup>2)</sup>
Gross $\alpha$ Screen	15	3 <sup>4)</sup>
Am-241	15 (4.4×10 <sup>-9</sup> )	1.5 (4.4×10 <sup>-10</sup> )
Cm-242	15 (4,5×10 <sup>-12</sup> )	1.5 (4.5×10 <sup>-13</sup> )
Cm-243	15 (3.0×10 <sup>-10</sup> )	1.5 (3.0×10 <sup>-11</sup> )
Cm-244	15 (1.8×10 <sup>-10</sup> )	1.5 (1.8×10 <sup>-11</sup> )
Np-237	15 (2,2×10 <sup>-5</sup> )	1.5 (2.2×10 <sup>-6</sup> )
Po-210	15 (3,3×10 <sup>-12</sup> )	1.5 (3.3×10 <sup>-13</sup> )
Pu-238	15 (8.9×10 <sup>-10</sup> )	1.5 (8.9×10 <sup>-11</sup> )
Pu-239	15 (2,4×10 <sup>-7</sup> )	1.5 (2.4×10 <sup>-8</sup> )
Pu-240	15 (6.6×10 <sup>-8</sup> )	1.5 (6.6×10 <sup>-9</sup> )
Ra-2263)	5 (5.1×10 <sup>-10</sup> )	1.0 (1.3×10 <sup>-10</sup> )
Th-2283)	15 (1,8×10 <sup>-11</sup> )	1.5 (7.3×10 <sup>-8</sup> )
Th-230	15 (7.3×10 <sup>-7</sup> )	1.5 (1.4×10 <sup>-2</sup> )
Th-232	15 (1.4×10 <sup>-1</sup> )	1,5
U-234	-	-
U-235	-	-
U-238	20 (3.0×10 <sup>-2</sup> )	2.0 (3.0×10 <sup>-3</sup> )
U-Nat	20 (3.0×10 <sup>-2</sup> )	2.0 (3.0×10 <sup>-3</sup> )

<sup>1)</sup> 지속적인 섭취

<sup>2)</sup> 괄호 속 단위는 질량 농도 단위 (ppm)

<sup>3)</sup>  $^{228}$ Ra 와  $^{226}$ Ra를 합친 농도가 5 pCi/L를 넘지 않아야 한다.

<sup>4)</sup> RDL 수치 (참고: Final Implementation Guidance for Radionuclides, EPA 816-F-00-002, March 2002.) www.epa.gov/safewater/radionuclides/compliancehelp.html

<sup>5)</sup> 특별한 규제가 없는 한 RDL 값은 MCL 값의 1/10

관리를 시행하고 있었다면 이 데이터를 GF data로써 사용 할 수 있도록 허용하였다. 그리고 2016년까지 측정지점에서 수집된 데이터를 문서화 해 놓고 U핵종도 분석해놓을 것을 권장하였다. 2003년 12월 7일을 기준으로 기존자료 수집이 종료되었고 2007년 12월 31일까지 각 측정지점에서 전알 파, <sup>226</sup>Ra/<sup>228</sup>Ra과 U계열에 대한 초기단계의 관리가 진행되 었다. 계절별 오염 정보를 제공하기 위해서 초기단계의 관 리기간 동안 각 측정지점에서는 4분기 연속 샘플을 수집한

다. 그리고 Figure 1과 Table 8에서 보는 바와 같이 2008년 1월 1일을 기준으로 초기 분석 결과에 따라 권고된 검출한계 이하의 농도가 측정될 시에는 매 9년마다 샘플링 1번, 검출 한계 이상 최대오염농도의 1/2보다 작은 경우는 매 6년마다 샘플링 1번, 최대오염농도 1/2보다 크거나 최대오염농도 이 하일 경우에는 매 3년마다 샘플링 1번, 최대오염농도 이상 인 경우는 분기별로 샘플링을 실시하고 있다(Table 8).

**Table 6** Maximum contaminant level(MCL) and Required detection level(RDL) of the  $\beta/\gamma$  emitters radionuclides in drinking water<sup>8)</sup>

	Drinking Water MCL <sup>1)</sup>	Drinking Water RDL <sup>6)</sup>	
핵종	pCi/L(mg/L) <sup>2)</sup>	pCi/L (mg/L) <sup>2)</sup>	
Gross $\beta$ Screen	50	5,0	
Ac-227+DP4)	15	1,5	
Ce-141	300 (1.1×10 <sup>-11</sup> )	30 (1.1×10 <sup>-12</sup> )	
Ce-144	29, 30 <sup>4)</sup> (9.4×10 <sup>-12</sup> )	2.9, 3.0 (9.4×10 <sup>-13</sup> )	
Co-57	1,000 (1.2×10 <sup>-10</sup> )	100 (1.2×10 <sup>-11</sup> )	
Co-60	100 (8.8×10 <sup>-11</sup> )	10 (8.8×10 <sup>-12</sup> )	
Cs-134	80 (6.2×10 <sup>-11</sup> )	10 (7.8×10 <sup>-12</sup> )	
Cs-137	200 (2.3×10 <sup>-9</sup> )	20 (2.3×10 <sup>-10</sup> )	
Н-3	2.0×10 <sup>4</sup> (N/A)	1000 (N/A) <sup>7)</sup>	
I-125	30 (1.7×10 <sup>-12</sup> )	3.0 (1.7×10 <sup>-13</sup> )	
I-129	1 (5.7×10 <sup>-6</sup> )	0.1 (5.7×10 <sup>-7</sup> )	
I-131	3 (2.4×10 <sup>-14</sup> )	1.0 (8.0×10 <sup>-15</sup> ) <sup>7)</sup>	
Ir-192	100 (1.1×10 <sup>-11</sup> )	10 (1.1×10 <sup>-12</sup> )	
Mo-99	600 (1.2×10 <sup>-12</sup> ) <sup>5)</sup>	60 (1.2×10 <sup>-13</sup> )	
P-32	30 (1.0×10 <sup>-13</sup> ) <sup>5)</sup>	3.0 (1.0×10 <sup>-14</sup> )	
Pd-103	900 (1.2×10 <sup>-11</sup> ) <sup>5)</sup>	90 (1.2×10 <sup>-12</sup> )	
Pu-241	300 (2.9×10 <sup>-9</sup> ) <sup>5)</sup>	30 (2,9×10 <sup>-10</sup> )	
Ra-2283)	5 (1.8×10 <sup>-11</sup> )	1.0 (3.7×10 <sup>-12</sup> ) <sup>7)</sup>	
Ru-103	200 (6.2×10 <sup>-12</sup> )	20 (6.2×10 <sup>-13</sup> )	
Ru-106	30 (9.1×10 <sup>-12</sup> )	3.0 (9.1×10 <sup>-13</sup> )	
Se-75	900 (6.2×10 <sup>-11</sup> )	90 (6,2×10 <sup>-12</sup> )	
Sr-89	20 (6.9×10 <sup>-13</sup> )	10 (3.4×10 <sup>-13</sup> ) <sup>7)</sup>	
Sr-90	8 (5.8×10 <sup>-11</sup> )	2.0 (1.4×10 <sup>-11</sup> ) <sup>7)</sup>	
Tc-99	900 (5.3×10 <sup>-5</sup> )	90 (5.3×10 <sup>-6</sup> )	

- 1) 지속적인 섭취
- 2) 괄호 속 단위는 질량 농도 단위 (ppm)
- 3)  $^{228}$ Ra 와  $^{226}$ Ra를 합친 농도가 5 pCi/L를 넘지 않아야 한다.
- 4) 인체 내에서  $^{227}\mathrm{Ac}$ 로 인해 생기는 붕괴산물도 포함한다. DP는 "Decay products"를 의미한다.
- 5) 참고 : OSWER Directive 9283.1-14, Appendix B : "Use of Uranium Drinking Water Standard under 40 CFR 141 and 40 CFR 192 as Remediation Goals for Groundwater at CERCLA sites." November 6, 2001.
  - Available at : www.epa.gov/superfund/health/contaminants/radiation/pdfs/9283\_1\_14.pdf.
- 6) 특별한 규제가 없는 한 RDL 값은 MCL 값의 1/10
- 7) RDL 수치 참고 "Radionuclides Notice of Data Availability Technical Support Document" (March 2000). www.epa.gov/safewater/rads/tsd.pdf. 40 CFR 141.26(a)(2)(iii).
  - "Final Implementation Guidance for Radionuclides" EPA 816-F-00-002, March 2002.
  - www.epa.gov/safewater/radionuclides/compliancehelp.html

**Table 7** Radionuclide compliance history<sup>7)</sup>

	방시성 핵종 준수시항 연혁
1976년 7월 9일	1976년 먹는 물 핵종 규제(regulation) 공표
2000년 6월	어떤 상황 내에 2000년 6월과 2003년 12월 사이에 수집된 데이터 중에서 전알파, <sup>226</sup> Ra/ <sup>228</sup> Ra과 U계열의 데이터는 GF (Grandfathered)data로써 사용 될 수 있음을 공시
2000년 12월 7일	최종 방사성 핵종 규칙 (Rule) 공표
2003년 12월 8일	법규 효력 발휘
2007년 12월 31일	만약 주(state)가 2000년 6월과 2003년 12월 사이의 수집된 자료를 인정하지 않는 한 시스템들은 주마다 지시된 방법으로 초기 모니터링을 실시하여야 한다.
2008년	이후 모니터링 횟수(frequency)와 준수 사항(compliance requirements)이 주(state)에 의해 결정

Table 8 Investigation interval varied with the initial analysis result<sup>8)</sup>

줄어든 핵종 조사 주기 (지역별)		
초기의 결과	조사 주기	
권고된 검출 한계 이하	매 9년마다 샘플링 1번	
검출 한계 이상 최대오염농도 1/2 이하	매 6년마다 샘플링 1번	
최대오염농도 1/2 이상 최대오염농도 이하	매 3년마다 샘플링 1번	
최대오염농도 이상	분기별로 샘플링	

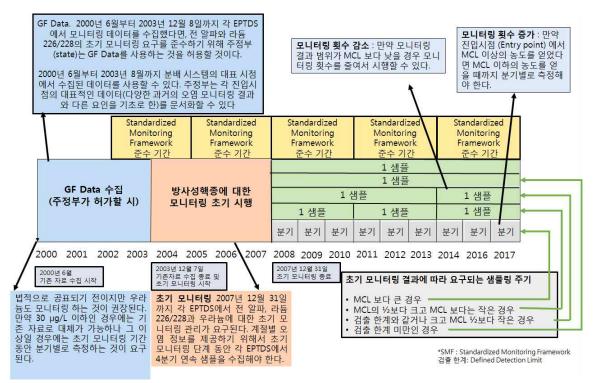


Figure 1 EPA's radionuclide monitoring Roadmap (2000-2016)7

### Ⅳ. 고 찰

미국 EPA(환경보호청)에서는  $\alpha$  입자 방출체와  $\beta/\gamma$  방출 체, Ra 그리고 U으로 크게 4가지로 분류하여 관리를 하고 있으며 전알파. <sup>226</sup>Ra/<sup>228</sup>Ra과 U계열의 초기 모니터링은 1 년 동안의 성분정보를 제공하기 위해 각 측정지점에서 4분기 연속 샘플을 수집하고 있으며 새 시스템과 새 원천을 사용하 는 시스템의 경우에는 작동을 시작하는 기점으로 전알파. <sup>226</sup>Ra/<sup>228</sup>Ra과 U계열에 대해 한 분기 동안 초기 모니터링을 실시하고 있다. 이 초기의 결과들은 Occurrence Profile이라 고 명하며, 앞으로 시행할 모니터링 주기를 결정하는데 기 여한다. 이렇게 미국 EPA(환경보호청)에서는 "Occurrence Profile"로 불리는 측정 지점의 최초 환경방사능 측정값을 바 탕으로 초기 먹는 물 속 방사성 핵종 농도 관리 체계 기반을 잡았으며 그 이후 2003년 12월 7일에서 2007년 12월 31일까 지 시행된 자료를 참고로 조사 핵종 및 측정 주기를 결정하였 다. 측정 주기는 전알파입자, β/γ 방출체, <sup>226</sup>Ra/<sup>228</sup>Ra과 U계 열에 대해서 검출하한치 이하일 경우 매 9년마다 샘플링 1 번, 검출하한치 이상~최대오염농도의 1/2 이하일 경우에는 매 6년마다 샘플링 1번, 최대오염농도 1/2이상~최대오염농 도 이하일 경우 매 3년마다 샘플링 1번, 최대오염농도 이상 일 경우 분기별 측정으로 주기를 정하였다. 즉 초기 샘플의 결과를 기초로 각 측정지점에서의 모니터링 주기를 줄이거 나 늘릴 수 있다는 것이다. 하지만 모니터링 기간 동안 측정 지점에서 최대오염농도 이상의 농도가 검출된다면 다음 분 기부터 연속된 분기별 측정법으로 다시 측정을 시행하여야 한다. 미국 EPA(환경보호청)에서는 특정경우에 한해 전알 파 입자 방사능 측정이 지정된 <sup>226</sup>Ra 또는 U계열 측정으로 대체될 수 있다. 일반적으로 이전 검사에서 전알파 결과가 5 pCi/L(=0.185 Bq/L)보다 같거나 낮다면 <sup>226</sup>Ra으로 대체 될 수 있고 전알파가 15 pCi/L(=0.555 Bq/L)보다 같거나 낮다면 U계열로 대체할 수 있도록 하고 있다. 그리고 미국 EPA(환경보호청)의 중소기업 준수지침에서는 대부분의 시 스템에서 β와 γ 핵종의 모니터링은 필요하지 않고 이는 핵 시설 또는 기업체 병원, 연구실, 교육기관 주위 수역에 한해 서 필요하다고 하고 있다. 일반적으로  $\beta$ 와  $\gamma$  방사능에 대한 법령은 몇 가지 사항을 제외하고 다른 핵종의 법령과 비슷 하다. β 핵종과 γ 핵종의 최대오염농도는 4mrem/y로 미국 EPA(환경보호청)는 179개의 인공방사성 핵종을 규제하고 있다. 각 핵종은 핵종마다 다른 에너지 농도를 가지므로 4mrem 농도 수치를 만드는 농도치도 다르며 몇몇 핵종은 같은 4mrem의 선량을 만들기 위해 더 많은 농도가 필요하다.

#### Ⅴ. 결 론

현재 국내는 환경부령 제553호 『먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙』에 의거하여 염지하수에 한해 <sup>137</sup>Cs(4.0 mBq/L 미만), <sup>90</sup>Sr(3.0 mBq/L 미만) 그리고 <sup>3</sup>H(6.0 Bq/L 미만)으로 정하고 있다. 그리고 『원자력 시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법』에서 방사성 핵종을 위험도 순에 따라 1군에서 5군으로 나누어 식료품과 먹는 물 반출 또는 소비 통제 등의 결정기준을 규정하고 있다. 그리고 국내에서는 환경매체를 식수, 지하수, 지표수와 해수로 나누어 각 매체에서 채취할 필요성이 있는 핵종을 정한 다음 분기 1회에서 월 1회 정도의 채취빈도와 분석빈도를 규정하고 있다.

이에 대응하여 미국 EPA(환경보호청)에서는 먹는 물 방 사성 농도를 관리에 앞서 2000년 6월부터 2003년 12월 8일 까지 각 주요지역에서 측정된 자료(GF data)와 2003년 12 월 7일부터 2007년 12월 31일까지 측정된 초기 모니터링 데 이터를 기반으로 관리되어야 할 초기 핵종 및 측정 주기를 규정하였다. 그리고 인간이 연간 먹는 물에서의 검출하한치 이하 즉 0.1 mSv/y의 값을 고려하여 최대오염농도 값을 규 정해 두었고  $\alpha$  방출체,  $\beta/\gamma$  방출체, Ra, U으로 크게 4 부분 으로 구분지어 관리를 하고 있다. 이 때 측정지점에서 농도 값이 최대오염농도 이상의 농도가 측정 될 시에는 분기별로 측정 횟수를 늘리고 최대오염농도 1/2 보다 크고 최대오염 농도보다 작은 경우는 3년에 1번, 검출한계보다 크고 최대 오염농도 1/2 보다 작은 경우는 6년에 1번 그리고 검출한계 보다 작은 경우에는 9년에 1번 샘플링 하도록 하고 있다. 그 밖의 측정기기 및 측정 방법에 대해서는 각 주(state)에 일 임하고 있으며 대체로 HPGe, NaI 및 집적선량을 위해 TLD 를 사용하고 있다.

# 참고문헌

- 환경부, 환경부령 제553호, 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙, 2014
- 2. 환경부, 지하수 중 자연방사성물질, 2015
- 3. 환경부, 환경부고시 제2013-136호, 먹는물 수질공정시험 기준, 2013
- 4. 원자력안전위원회, 원자력안전위원회고시 제2014-34호, 방사선방호 등에 관한 기준, 2014
- 5. 원자력안전위원회, 총리령 제1056호, 원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법 시행규칙, 2014
- 6. 원자력안전위원회, 원자력안전위원회고시 제2014-12호,

- 원자력이용시설 주변의 방사선환경조사 및 방사선환경영 향평가에 관한 규정, 2014
- 7. EPA, Radionuclides in Drinking Water: A Small Entity Compliance Guide, 2002
- 8. EPA 402-R-07-007, Radiological Laboratory Sample Analysis Guide for Incidents of National Significance-Radionuclides in Water, 2008
- 9. U.S. EPA-816-R-01-004. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 2001.
- U.S. EPA. Community Water System Survey, Vol 2, Detailed Survey Result Tables and Methodology Report. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, 1997.

#### •Abstract

# 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)

Jae Her·Jung-Min Kim<sup>1)</sup>·Hye-Lim Min·Seong-Gyu Han·Hyun-Jong Lim·Han-Byeol Jo· Young-Hoon Noh·Ho-Sun Lee·Min-Suk Park<sup>2)</sup>

Department of Bio-convergence Engineering, Graduate School of Korea University

1) Department of Radiological Science, Korea University

2) Korea Institute of Radiological & Medical Sciences

The interest of the people in the radioactive contamination of the water has increased significantly and the study about analysis and management of radioactive materials are being actively conducted. And monitoring spots have been expanded to the range of public water as well as drinking water by publishing the rule of drinking water quality standards and examination in the Environmental Enforcement Ordinance No. 553 of Korea. In this study, US EPA was investigated as the foreign advanced cases and the way that is appropriate for the Korea was sought by analyzing investigate radionuclide, interval and management. As a result, in the selection part of investigate radionuclide, geological survey, status of nuclear power plants and the presence of the use of artificial radionuclides of the Korea should be investigated and additionally after the selection of a few radionuclides, the systems should be extended to cover all possible radionuclides by considering radioactive pollution levels in humans may be exposed due to the annual drinking water. In the part of the investigate interval, the concept(MCL, DL) should be set up for preventing concentration detection of above MCL and it needs to the maintenance and management. For example, when the concentration is more than MCL, it should be investigated on a quarterly and when the concentration is lower than MCL, it should be investigated to each different interval and management. And the US EPA divided the management area and make the roadmap for managing drinking water. The each classified area has been organized to match the state budget and labor force and the individual data have been managed effectively by HPGe, the NaI, TLD and so on.

Key Words: Drinking water, MCL, Investigate radionuclide, Investigate interval, Monitoring