

미국, 캐나다, 호주의 방사성물질 수질기준에 관한 입법례

정보신청기관 : 환경부

I. 서론

물은 인간의 생존에 가장 중요한 것으로 헌법이 보장하고 있는 환경권에는 깨끗한 물을 식수로서 공급 받을 권리가 포함되어 있다고 보는 것이 일반적이다. 이에 정부는 “수도법”, “먹는물관리법” 등을 제정하여 식수의 수질에 대한 기준을 마련하여 국민이 깨끗한 물을 마실 수 있도록 보장하고 있다.

먹는물관리법에 따르면 환경부장관은 먹는 물의 수질 기준을 정하고 보급하는 등 먹는 물의 수질 관리를 위하여 필요한 시책을 마련하여야 하

며, 먹는 물의 수질검사는 환경부장관 또는 특별시장·광역시장·도지사·특별자치도지사가 실시하도록 되어 있다.¹⁾ 환경부 장관은 “먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙”을 통해 먹는 물의 수질 기준 및 검사 횟수를 규정하고 있다.²⁾

2009년 9월 4일 개정된 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙에서 정하고 있는 수질 기준에 따르면 모두 5개 항목에 걸쳐 기준을 정하고 있는데 그 항목은 ①대장균 등의 미생물에 관한 기준, ②납, 불소 등 13종의 건강상 유해영양 무기물질에 관한 기준, ③페놀 등 17종의 건강상 유해영양 유기물질에 관한 기준, ④소독제 및 소독부



1) 먹는물관리법 제5조 먹는 물의 수질 관리.

2) 환경부령, 제347호.

산물질에 관한 기준, 그리고 ⑤ 심미적 영향물질에 관한 기준 등 총 5개에 이른다.

그러나 최근 상기의 수질 기준에 포함되어 있지 않은 우라늄 및 라돈 등 방사성물질이 식수에서 검출되는 사건으로 인해 사회 일각에서 먹는 물의 수질기준에 방사성물질에 대한 기준이 포함되어야 한다는 주장이 있다.³⁾ 미국 등 주요 선진국들은 식수의 수질 검사에 있어서 방사성물질에 대한 기준을 작성하여 놓고 있어 정부에서도 이에 대한 대책을 준비 중이다. 본 글에서는 우리나라 환경부에서 추진 중인 먹는물수질검사 중 방사성물질에 대한 기준 작성에 참고가 될 수 있는 국제적 기준 및 미국, 캐나다, 호주 등 외국의 입법례를 검토하여 본다. 그리고 일반적인 수도물 외에 시중에서 판매되는 생수 또는 먹는 샘물(bottled water)에 대한 별도의 기준이 있는지도 살펴본다.⁴⁾

II. 본론

1. WHO의 국제기준

방사능(radioactivity)이란 불안정한 원소의 원자핵이 스스로 붕괴하면서 내부로부터 방사성

(radiation)을 방출하는 현상을 의미한다. 이러한 성질을 가진 원자핵을 방사성핵종(radionuclides)이라 하고, 방사성핵종을 함유하는 물질을 방사성 물질이라고 한다. 방사성 물질은 자연적으로 발생하기도 하며, 인간의 산업활동을 통해서도 발생한다. 예를 들어 우라늄(uranium), 토리움(thorium), 포타슘(potassium) 등은 자연적으로 발생하나 X-ray 등 방사성물질 등은 의료 산업을 포함한 인위적 산업 활동에 의해서도 발생하기도 한다. 그러나 인간에게 노출되는 방사성물질은 대부분 자연에서 나오는데 WHO가 공개한 자료에 의하면 전체 방사성물질 노출 중 자연 발생 방사성물질 노출이 대부분을 차지한다. 가장 많은 부분은 라돈(43%), 지구 감마선(earth gamma radiation)(15%), 우주방출(Cosmic rays)(13%) 등이며 인위적 발생 노출은 X-ray 등 의료 치료 중 노출(20%), 음식 및 음용수를 통한 노출(8%), 기타 인위적 발생 노출(1%) 등이 뒤를 따른다. 노출 형태는 호흡 등 대기를 통해서이나 소량의 경우 음용수를 통해서도 방사성물질에 접촉하기도 한다.

방사성 물질은 그 방출 원인종에 따라 알파입자(alpha particle), 베타입자(beta particle), 양전자(positron), 감마선(gamma rays), 엑스선(x-rays) 등 여러 형태로 구분할 수 있다. 알파입자는



- 3) 특히 주민들의 식수나 생수로 이용되는 지하수에서의 라돈이 문제로 등장하고 있다. 라돈의 농도는 대수층의 지질에 좌우되는데, 화강암대수층, 장석을 포함하는 사암대수층 등에는 고농도의 라돈을 함유하는 지하수가 있을 가능성이 크며 일반적으로 화강암이 존재하는 지역의 지하수에서 최고치를 보인다.
- 4) 먹는물관리법에 따르면 먹는 샘물이란 암반대수층안의 지하수 또는 용천수 등 수질의 안전성을 계속 유지할 수 있는 자연상태의 깨끗한 물을 먹기에 적합하도록 물리적으로 처리하여 제조한 물을 의미한다.(동법 제3조 정의)

피부에서의 투과율이 낮으나 단기간에 세포조직에 큰 손상을 줄 수 있으며, 알파입자를 배출하는 방사핵종은 따라서 인체 내부에 들어오는 경우만 위험을 야기한다. 베타입자의 경우 알파입자보다 피부 투과율은 높으나 외부노출로 신체 내부 기관에까지 침투하지는 못한다. 감마선과 엑스선의 경우 피부 투과율이 가장 높다. 만일 음식이나 물 또는 호흡을 통해 방사성물질을 흡수하는 경우, 신체 내부는 방사성에 노출된다. 따라서 이러한 방식으로 신체 내에 들어온 방사성핵종이 특정 기관이나 세포내에 장시간, 수개월 또는 경우에 따라서 수년 동안 남아 있게 되고 이에 의해 내부에서의 방사성 노출이 된다.

음용수의 방사성물질은 자연적으로 발생한 방사성종의 응집 내지 광산업 등 자연발생 방사성물질의 처리 과정에서 발생한 것 그리고 의료 및 산업적 이용에서 발생한 방사성물질의 식수 원에의 노출 등에 의해 발생한다. 장기적으로 방사성에 노출될 경우 암의 발병 가능성이 임상실험을 통해 증명되었다. 특히 음용수를 통한 방사성 물질에의 노출은 신장암의 발병 가능성이 있음이 밝혀졌는데 일정 수준 이상의 우라늄 및 라돈 등 방사성물질이 함유된 식수를 마실 경우 신장에 위해가 오는 등 건강에 유해한 결과를 가져올 수 있다.⁵⁾ 세계보건기구는 음용수 내의 방사성물질로 인한 보건 상 위해를 제거를 목적으로

〈표 1〉 세계보건기구의 방사성물질 기준⁶⁾

Category	Radionuclide	Dose per unit intake(mSv/Bq)
Natural uranium series	Uranium-238	4.5×10^{-5}
	Uranium-234	4.9×10^{-5}
	Thorium-230	2.1×10^{-4}
	Radium-226	2.8×10^{-4}
	Lead-210	6.9×10^{-4}
	Polonium-210	1.2×10^{-3}
Natural thorium series	Thorium-232	2.3×10^{-4}
	Radium-228	6.9×10^{-4}
	Thorium-228	7.2×10^{-5}
Fission products	Caesium-134	1.9×10^{-5}
	Caesium-137	1.3×10^{-5}
	Strontium-90	2.8×10^{-5}
	Iodine-131	2.2×10^{-5}



5) 우라늄은 원자핵이 붕괴하면서 알파선과 감마선 등을 내는 원소로 지표수보다 지하수에 많이 함유돼 있으며 인체에 축적되면 신장기능을 파괴한다. 라돈은 자연계에 널리 존재하는 방사성 물질로 우라늄의 붕괴 과정에서 나오며 대개는 물속의 라돈이 공기 중으로 방출돼 호흡기 또는 소화기관을 통해 흡수된다. 라돈은 폐암, 위암 등을 유발하는 대표적 발암물질로 알려져 있다.

6) 한 사람이 1년에 물 730L(하루 평균 2L)를 섭취한다고 가정하고 ICRP(국제 방사능보호 협회, International Commission of

Other radionuclides	Tritium	1.8×10^{-8}
	Carbon-14	5.8×10^{-7}
	Plutonium-239	2.5×10^{-4}
	Americium-241	2.0×10^{-4}
	Potassium-40	6.2×10^{-6}

방사성보호국제위원회(International Commission on Radiological Protection)를 구성하여 이에 대한 연구를 하고 있다. 동 위원회는 세 차례에 걸쳐 보고서를 작성하여 세계보건기구에 제출하였다. 동 보고서는 전체적인 음용수를 대상으로 하였으며 구체적으로 판매용 생수에 대한 기준은 제시하지 않고 있다. 동 보고서에서 제시하고 있는 음용수에 대한 기준은 다음 표와 같다.

2. 미국

미국은 우리나라의 수도법과 유사한 공공수체제(Public Water Systems)법 내 안전식수법(Safe Drinking Water Act)이 1974년 환경청에 식수에서의 방사성 물질에 대한 기준 작성 의무를 부과한 이후인 1977년 처음으로 방사성물질에 대한 일반적 기준이 제시되었다.⁷⁾ 이후 1986년, 2001년 개정을 통해 식수 내의 방사성물질에 대한 기준이 정립되었다.⁸⁾ 현재의 기준에 의하면 라듐

(226/228)은 리터당 5 큐리클(pCi/L), 알파입자는 리터당 15큐리클(pCi/L), 베타입자는 연간 4 밀리렘(millirems/year), 우라늄의 경우 리터당 30(ug/L)이 최대허용수치이다. 2001년 개정의 주요 내용은 모든 방사능 핵종의 최대 함량 제한 기준 목표를 정하였으며 기존 방사성물질에 우라늄을 포함하였으며 기타 기존에는 없던 모니터링의 의무를 부과하였다. 모니터링의 방법과 관련하여서는 전 α 방사능이 신뢰도 95% 수준(1.65σ)에서 5pCi/L를 넘지 않는 경우에 한해서 Ra-226과 Ra-228의 분석은 생략할 수 있다. 전 α 방사능이 5pCi/L를 넘는 경우 동일 또는 동등한 시료에 대해 Ra-226 측정을 시행하며, Ra-226의 함량이 3pCi/L를 넘는 경우 Ra-228 측정을 시행한다.

이러한 기준은 일반적 기준으로서 정부 및 민간에서 제공하는 수돗물에 적용될 뿐 아니라 시장에서 시판되는 식수에도 적용된다. 단지 적용 법규가 안전식수법이 아니라 생수(bottle water)



Radiological Protection)의 일반인에 대한 연간 방사선 선량한도 1mSv의 1/10인 0.1mSv를 기준으로 음용수중의 18개 방사성 핵종의 농도를 규정하고 있다. 방사능의 양은 보통 단위시간에 붕괴하는 입자의 수로 표시하며, 주로 퀴리(curie)로 나타낸다. Bq과 Ci의 관계는 다음과 같다.

1pCi (picocurie) = 10⁻¹²Ci

1Ci = 3.7 × 10¹⁰Bq.

1Bq(Becquerel)은 1초당 방사능 붕괴가 1회임을 의미한다.

7) §300j-3b Contaminant standards or treatment technique guidelines

8) 1986년의 개정은 기준 자체의 변경이 아니라 검출 방법 및 감시체계 등에 대한 개정이 주를 이루었다.

를 규제하는 별도의 법규에 의할 뿐이다.⁹⁾ 동 법규는 연방법령집(Code of Federal Regulations: CFR) 제21장 식약(Food and Drugs) 제165부 음

료(Beverage)에 규정되어 있다. 동 규정집에 따르면 판매 생수의 수질 기준 중 방사성 기준은 상기의 기준과 동일하다.¹⁰⁾

〈표 2〉 미국 식수 내 방사성 관련 1976년, 1991년, 2001년 개정(안) 기준 비교표

내용	1976년 규정	1991년 개정안	2001년 개정 규정
적용범위	공공 상수도	공공 상수도 외 기타	공공 상수도
모든 방사능 핵종의 최대 함량 제한 기준 목표	없음	0	0
라듐 최대 함량 제한기준	226Ra+228Ra 5pCi/L	226Ra 20pCi/L 228Ra 20pCi/L	226Ra+228Ra 5pCi/L
인위적 활동에서 나온 β ray/photon activity 최대 함량 제한 기준	4 mrem/y 이하	4 mrem/y 미만	4 mrem/y 이하
Gross α 최대 함량 제한 기준	15pCi/L (226 Ra 포함, 우라늄 및 라돈 제외)	15pCi/L (226 Ra, 우라늄 및 라돈 제외)	15pCi/L (226 Ra 포함, 우라늄 및 라돈 제외)
210 Polonium	Gross α 에 포함	Gross α 에 포함	Gross α 에 포함되나 모니터링 의무 신설
210 Lead	규제대상 아님	인위적 활동에서 나온 β ray/photon activity에 포함하고 기준은 1pCi/L	규제대상은 아니나 모니터링 의무 신설
우라늄 최대 함량 제한 기준	규제대상 아님	20 g/L 또는 30pCi/L	30ug/L
224 Ra	Gross α 에 포함	Gross α 에 포함	Gross α 에 포함
라듐 모니터링	226 RA와 228RA 통합 모니터링 (226 Ra의 함량이 3pCi/L를 넘는 경우 228 Ra 측정 시행)	226 RA와 228RA 개별 모니터링	226 RA와 228RA 개별 모니터링
모니터링	분기별로 모니터링하여 결과에 따라 차별: -최대 함량 제한 기준 50% 이상일 경우 4년마다 4번의 샘플 추출 -최대 함량 제한 기준 50% 미만일 경우 4년마다 1번의 샘플 추출	3년 동안 매년 모니터링 한 결과에 따라 차별: -최대 함량 제한 기준 50% 이상일 경우 3년마다 1번의 샘플 추출 -최대 함량 제한 기준 50% 미만일 경우 9년마다 1번의 샘플 추출	분기별로 모니터링하여 결과에 따라 차별: -최대 함량 제한 기준 50% 이상일 경우 4년마다 4번의 샘플 추출 -최대 함량 제한 기준 50% 미만일 경우 4년마다 1번의 샘플 추출



9) 21 C.F.R. §165.110 Bottled water.

10) 21 C.F.R. §165.110(b)(5)Radiological quality.

3. 캐나다

캐나다에서의 음용수에 관한 수질 기준은 1968년 캐나다 보건 당국인 연방음용수위원회(Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water)에 의해 작성되었다. 동위원회는 “캐나다 음용수질 지침”(Guideline for Canadian Drinking Water Quality)을 통해 음용수 내 제 물질의 최대허용치를 규정하였다. 이러한 허용치는 어린이 및 노인 등과 같은 환경, 보건적 취약계층을 보호를 염두에 두고 작성되었다. 동 지침은 미생물, 화학 및 방사성물질에 대한 기준을 제시하였으며 맛과 향과 같은 물리적 요소까지 다루고 있다. 동 지침은 연방, 주 및 준주의 모든 기관에 적용되는 기준으로 가장 일반적인 식수 수질기준이라 할 수 있다. 일반적인 수돗물과는 별도로 판매용 생수는 식품으로 분류되어 달리 규제되고 있는데 식품담당의 소비자안전국(Consumer Safety Branch)이 동 기준을 준용하여 수질 관리를 하고 있다. 그러나 소비자안전국 관할의 식약법(Food and Drug Act)에 따르면 미생물 물질에 대한 기준만을 별도로 정하고 있으며 그 외에는 상기의 지침을 동일하게 적용하고 있다. 따라서 수돗물이나 판매용 생수의 경우 방사성물질에 대한 기준은 동일하다.

음용수에 있어서 방사성물질 최대허용농도(maximum acceptable concentrations: MACs)는 일반인에 대한 연간 음용수 소비로부터의 방사선 선량한도 1mSv의 1/10인 0.1mSv를 기준으로

하여 만들어졌다. 즉, 한 사람이 1년에 물 730L(하루 평균 2L)를 섭취한다고 가정하고 방사능보호국제위원회가 정한 일반인에 대한 연간 방사선 선량한도 1mSv의 1/10인 0.1mSv를 기준으로 작성되었다. 표본 대상 물은 gross α , gross β 활동 결정을 위한 기술을 이용하여 검사되며 만일 각각의 수치가 0.1 Bq/L인 경우 MAC보다 낮은 수치로서 지침상의 기준에 부합하는 것으로 간주된다.

〈표 3〉 캐나다 방사성 물질 관련 수질 기준

방사성핵종		DCF(Sv/Bq)	MAC (Bq/L)
자연 발생 방사성 핵종	Lead-210	1.3×10^{-6} (10^{-9})	0.1
	Radium-224	8.0×10^{-8} (10^{-9})	2
	Radium-226	2.2×10^{-7} (10^{-9})	0.6
	Radium-228	2.7×10^{-7} (10^{-9})	0.5
	Thorium-228	6.7 ×	2
	Thorium-230	3.5×10^{-7} (10^{-9})	0.4
	Thorium-232	1.8×10^{-6} (10^{-9})	0.1
	Thorium-234	5.7×10^{-9} (10^{-9})	20
	Uranium-234	3.9×10^{-8} (10^{-9})	4
	Uranium-235	3.8×10^{-8} (10^{-9})	4
	Uranium-238	3.6×10^{-8} (10^{-9})	4
인위적 발생 방사성 핵종	Cesium-134	1.9×10^{-8} (10^{-9})	7
	Cesium-137	1.3×10^{-8} (10^{-9})	10
	Iodine-125	1.5×10^{-8} (10^{-9})	10
	Iodine-131	2.2×10^{-8} (10^{-9})	6
	Molybdenum-99	1.9×10^{-9} (10^{-9})	70
	Strontium-90	2.8×10^{-8} (10^{-9})	5
Triium	1.8×10^{-11} (10^{-9})	7000	

4. 호주

호주의 경우 음용수에 대한 수질기준은 “호주 음용수 지침”(Australian Drinking Water Guideline)에서 정하고 있다. 동 지침은 호주에서 처음으로 음용수에 대한 공적 지침이 제정된 것으로 1972년 국립건강의료연구위원회(National Health and Medical Research Council)에 의해 작성되었으며 이후 호주 수자원위원회(Australian Water Resources Council)는 별도의 지침을 제정하였다. 1980년 양 기구는 각각의 지침을 하나의 지침으로 통일하였는데 이는 물 공급과 보건 당국이 처음으로 수질 기준을 공동 작성하였다는 데 의미가 있다. 동 지침은 1971년 세계보건기구(WHO)가 작성한 음용수 국제기준(Interna-

tional Standards for Drinking Water)에 근거하여 작성되었는데 이후 1984년 세계보건기구의 새로운 기준에 따라 재개정되었으며 이후 1987년 및 1996년에 다시 개정되었다. 동 지침은 국립건강의료연구위원회와 호주 수자원위원회의 후신인 호주, 뉴질랜드 농업자원관리위원회(Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand)가 1998년 공동으로 설립한 음용수공동검토단(Drinking Water Review Coordinating Group)에 의해 지속적으로 검토 및 개정 작업을 거치고 있으며 최종적으로 개정된 현재의 지침은 2004년 개정된 내용이다. 동 지침은 수질 기준을 미생물, 화학, 생화학, 농약, 방사성 및 물리적 기준 등을 포함하고 있으며 방사

〈표 4〉 호주의 음용수 방사성 물질 기준

분류	핵종	Dose per unit intake(mSv/Bq)
Natural uranium series	Uranium-238	4.5×10^{-5}
	Uranium-234	4.9×10^{-5}
	Thorium-230	2.1×10^{-4}
	Radium-226	2.8×10^{-4}
	Lead-210	6.9×10^{-4}
	Polonium-210	1.2×10^{-3}
Natural thorium series	Thorium-232	2.3×10^{-4}
	Radium-228	6.9×10^{-4}
	Thorium-228	7.2×10^{-5}
Fission products	Caesium-134	1.9×10^{-5}
	Caesium-137	1.3×10^{-5}
	Strontium-90	2.8×10^{-5}
	Iodine-131	2.2×10^{-5}
Other radionuclides	Tritium	1.8×10^{-8}
	Carbon-14	5.8×10^{-7}
	Plutonium-239	2.5×10^{-4}
	Americium-241	2.0×10^{-4}
	Potassium-40	6.2×10^{-6}

맞춤형 법제정보

성 기준은 <표 4>와 같다.

동 지침은 명칭 그대로 지침 자체로서 사인에 대한 법적인 구속력을 갖는 것은 아니며 공공기관들이 지켜야 할 내용으로 간접적인 구속력을 갖고 있다. 그리고 동 지침은 생수(bottle water)에 직접 적용되지 않고 생수에는 2001년 작성된 식기준법규(Food Standard Code) ANZFA가 적용되며 그 기준은 동일하다.

III. 결론

식수의 건강상 중요성으로 인해 수질 검사의 기준은 다양하고 과학적으로 연구되어 국가별로 규제되고 있다. 음용수에서 방사성물질에 대한 기준은 많은 선진국에서 제정되어 있으며 구체적인 모니터링 방법에 대해서도 정해져 있다. <표 5>

는 상기에서 검토된 국제보건기구, 미국, 캐나다, 호주 등의 음용수 방사성물질기준을 단일한 단위로 통일하여 정리한 것이다.

이러한 자료를 참고하여 우리나라에서도 판매용 생수를 포함하여 음용수에서의 방사성물질에 대한 규제를 검토할 필요성이 있다. 그러나 음용수로 인한 방사성물질에의 노출은 전체적으로 볼 때 일부분에 불과하며 일정 방사성핵종의 경우 자연상태에서도 존재하기 때문에 음용수에서 검출되는 방사성물질에는 이러한 것도 포함됨을 염두에 두어야 할 것이다.

소 병 천

(아주대학교 법학전문대학원 교수)

<표 5> 국제기준 및 국가별 기준 비교표

핵종	단위	세계보건기구	미국	캐나다	호주
226Ra+228Ra	pCi/L	27.0	5		27.0
226Ra	pCi/L			16.2	
228Ra	pCi/L			13.5	
Gross α	pCi/L	2.7	15	2.7	2.7
Gross β	pCi/L	27.0		27.0	27.0
인위적 활동에서 나온 β ray & photon	mrem/y		4		
U(화학적 기준)	ppb	100	30	100	100
U	pCi/L	216		216	216
222Rn	pCi/L				