

WHO 飲料水水質ガイドライン第4版（一部暫定仮訳）

第9章 放射線学的観点

9.4 飲料水中で一般的に検出される放射性核種のガイダンスレベル

過去の原子力緊急事態に起因する長期被ばく状況に関連する可能性のある人工の放射性核種のみならず、飲料水供給で最も一般的に検出される自然由来及び人工の放射性核種について定められたガイダンスレベルを表 9.2 に示す。それぞれの成人の線量換算係数もまた示されている（IAEA, 1996; ICRP, 1996）。

表 9.2 の各放射性核種のガイダンスレベルは、飲料水中に存在し、年間を通じて摂取された場合に、0.1mSv の個別線量になる濃度を表している。

ガイダンスレベルは成人の線量換算係数を用いて計算された。異なる年齢集団に別々にガイダンスレベルを導入する証拠は不十分である。幼児又は小児により摂取される飲料水量は平均的に少ないものの、小児の年齢依存線量換算係数は成人よりも大きく、より多い摂取量又は高い代謝率を意味する。水源が長期的に汚染された場合には、幼児や小児への線量の評価が考慮に入れられるであろう。

ガイダンスレベルは、既存又は新規の飲料水供給における日常の（「正常な」）運転条件に適用される。これらは、環境中に放射性核種が放出されているような、緊急時被ばく状況の間に受けている水供給に適用されるものではない。しかし、一度担当官署が緊急時被ばく状況の終息を宣言すると、ガイダンスレベルは再び適用される。追加のガイダンスは第 6.7 節やいくつかの文献（IAEA, 2002; IAEA & WHO, 2005, 2010; ICRP, 2009a）に示されている。

飲料水中の放射性核種のガイダンスレベルは、次式により計算された。

$$GL = IDC / (h_{ing} \times q)$$

ここに、

GL：飲料水中の放射性核種のガイダンスレベル（Bq/L）

IDC：個別線量基準、この計算では 0.1mSv/年

h_{ing} ：成人による摂取の線量換算係数（mSv/Bq）

q：飲料水の年摂取量、730L/年と仮定（標準的な WHO の飲料水摂取率である 1 日当たり 2 リットルに相当）

Table 9.2 Guidance levels for common^a natural and artificial radionuclides for members of the public

Category	Radionuclide	Dose coefficient (Sv/Bq)	Guidance level ^b (Bq/l)
Naturally occurring radioactive isotope that starts the uranium decay series ^c	Uranium-238	4.5×10^{-8}	10
Naturally occurring radioactive isotopes belonging to the uranium decay series	Uranium-234	4.9×10^{-8}	1
	Thorium-230	2.1×10^{-7}	1
	Radium-226	2.8×10^{-7}	1
	Lead-210	6.9×10^{-7}	0.1
	Polonium-210	1.2×10^{-6}	0.1
Naturally occurring radioactive isotope that starts the thorium decay series	Thorium-232	2.3×10^{-7}	1
Naturally occurring radioactive isotopes belonging to the thorium decay series	Radium-228	6.9×10^{-7}	0.1
	Thorium-228	7.2×10^{-8}	1
Artificial radionuclides that can be released to the environment as part of the fission products found in reactor emissions or nuclear weapons tests	Caesium-134 ^d	1.9×10^{-8}	10
	Caesium-137 ^d	1.3×10^{-8}	10
	Strontium-90 ^d	2.8×10^{-8}	10
Artificial radionuclide that can be released to the environment as a fission product (see above). It is also used in nuclear medicine procedures and thus can be released into water bodies through sewage effluent.	Iodine-131 ^{d,e}	2.2×10^{-8}	10
Radioactive isotope of the hydrogen produced artificially as a fission product from nuclear power reactors and nuclear weapons tests. It may be naturally present in the environment in a very small amount. Its presence in a water source suggests potential industrial contamination.	Tritium ^e	1.8×10^{-11}	10 000
Naturally occurring radioactive isotope widely distributed in nature and present in organic compounds and in the human body	Carbon-14	5.8×10^{-10}	100
Artificial isotope formed in nuclear reactors that also exists in trace quantities in <i>natural</i> uranium ores	Plutonium-239 ^d	2.5×10^{-7}	1
Artificial isotope by-product formed in nuclear reactors	Americium-241 ^d	2.0×10^{-7}	1

^a This list is not exhaustive. In certain circumstances, other radionuclides should be investigated (see Annex 6).

^b Guidance levels are rounded to the nearest order of magnitude.

^c Separate guidance levels are provided for individual uranium radioisotopes in terms of radioactivity (i.e. expressed as Bq/l). The provisional guideline value for total content of uranium in drinking-water is 30 µg/l based on its chemical toxicity, which is predominant compared with its radiological toxicity (see chapter 12).

^d These radionuclides either may not occur in drinking-water in normal situations or may be found at doses that are too low to be of significance to public health. Therefore, they are of lower priority for investigation following an exceedance of a screening level.

^e Although iodine and tritium will not be detected by standard gross activity measurements and routine analysis for these radionuclides is not necessary, if there are any reasons for believing that they may be present, radionuclide-specific sampling and measurement techniques should be used. This is the reason for including them in this table.

ANNEX 6

Supporting information on radionuclides

A6.1 Guidance levels for radionuclides in drinking-water

Table A6.1 Guidance levels for radionuclides in drinking-water

Radio-nuclide	Guidance level (Bq/l) ^a	Radio-nuclide	Guidance level (Bq/l) ^a	Radio-nuclide	Guidance level (Bq/l) ^a	Radio-nuclide	Guidance level (Bq/l) ^a
³ H	10 000	⁷¹ Ge	10 000	¹⁰⁵ Rh	1 000	¹²⁹ Cs	1 000
⁷ Be	10 000	⁷³ As	1 000	¹⁰³ Pd	1 000	¹³¹ Cs	1 000
¹⁴ C	100	⁷⁴ As	100	¹⁰⁵ Ag	100	¹³² Cs	100
²² Na	100	⁷⁶ As	100	^{110m} Ag	100	¹³⁴ Cs	10
³² P	100	⁷⁷ As	1 000	¹¹¹ Ag	100	¹³⁵ Cs	100
³³ P	1 000	⁷⁵ Se	100	¹⁰⁹ Cd	100	¹³⁶ Cs	100
³⁵ S	100	⁸² Br	100	¹¹⁵ Cd	100	¹³⁷ Cs	10
³⁶ Cl	100	⁸⁶ Rb	100	^{115m} Cd	100	¹³¹ Ba	1 000
⁴⁵ Ca	100	⁸⁵ Sr	100	¹¹¹ In	1 000	¹⁴⁰ Ba	100
⁴⁷ Ca	100	⁸⁹ Sr	100	^{114m} In	100	¹⁴⁰ La	100
⁴⁶ Sc	100	⁹⁰ Sr	10	¹¹³ Sn	100	¹³⁹ Ce	1 000
⁴⁷ Sc	100	⁹⁰ Y	100	¹²⁵ Sn	100	¹⁴¹ Ce	100
⁴⁸ Sc	100	⁹¹ Y	100	¹²² Sb	100	¹⁴³ Ce	100
⁴⁸ V	100	⁹³ Zr	100	¹²⁴ Sb	100	¹⁴⁴ Ce	10
⁵¹ Cr	10 000	⁹⁵ Zr	100	¹²⁵ Sb	100	¹⁴³ Pr	100
⁵² Mn	100	^{93m} Nb	1 000	^{123m} Te	100	¹⁴⁷ Nd	100
⁵³ Mn	10 000	⁹⁴ Nb	100	¹²⁷ Te	1 000	¹⁴⁷ Pm	1 000
⁵⁴ Mn	100	⁹⁵ Nb	100	^{127m} Te	100	¹⁴⁹ Pm	100
⁵⁵ Fe	1 000	⁹³ Mo	100	¹²⁹ Te	1 000	¹⁵¹ Sm	1 000
⁵⁹ Fe	100	⁹⁹ Mo	100	^{129m} Te	100	¹⁵³ Sm	100
⁵⁶ Co	100	⁹⁶ Tc	100	¹³¹ Te	1 000	¹⁵² Eu	100
⁵⁷ Co	1 000	⁹⁷ Tc	1 000	^{131m} Te	100	¹⁵⁴ Eu	100
⁵⁸ Co	100	^{97m} Tc	100	¹³² Te	100	¹⁵⁵ Eu	1 000
⁶⁰ Co	100	⁹⁹ Tc	100	¹²⁵ I	10	¹⁵³ Gd	1 000
⁵⁹ Ni	1 000	⁹⁷ Ru	1 000	¹²⁶ I	10	¹⁶⁰ Tb	100
⁶³ Ni	1 000	¹⁰³ Ru	100	¹²⁹ I	1	¹⁶⁹ Er	1 000
⁶⁵ Zn	100	¹⁰⁶ Ru	10	¹³¹ I	10	¹⁷¹ Tm	1 000

ANNEX 6. SUPPORTING INFORMATION ON RADIONUCLIDES

Table A6.1 (continued)

Radio-nuclide	Guidance level (Bq/l)^a	Radio-nuclide	Guidance level (Bq/l)^a	Radio-nuclide	Guidance level (Bq/l)^a	Radio-nuclide	Guidance level (Bq/l)^a
¹⁷⁵ Yb	1 000	²¹⁰ Pb ^b	0.1	²³¹ U	1 000	²⁴³ Am	1
¹⁸² Ta	100	²⁰⁶ Bi	100	²³² U	1	²⁴² Cm	10
¹⁸¹ W	1 000	²⁰⁷ Bi	100	²³³ U	1	²⁴³ Cm	1
¹⁸⁵ W	1 000	²¹⁰ Bi ^b	100	²³⁴ U ^b	1	²⁴⁴ Cm	1
¹⁸⁶ Re	100	²¹⁰ Po ^b	0.1	²³⁵ U ^b	1	²⁴⁵ Cm	1
¹⁸⁵ Os	100	²²³ Ra ^b	1	²³⁶ U ^b	1	²⁴⁶ Cm	1
¹⁹¹ Os	100	²²⁴ Ra ^b	1	²³⁷ U	100	²⁴⁷ Cm	1
¹⁹³ Os	100	²²⁵ Ra	1	²³⁸ U ^{b,c}	10	²⁴⁸ Cm	0.1
¹⁹⁰ Ir	100	²²⁶ Ra ^b	1	²³⁷ Np	1	²⁴⁹ Bk	100
¹⁹² Ir	100	²²⁸ Ra ^b	0.1	²³⁹ Np	100	²⁴⁶ Cf	100
¹⁹¹ Pt	1 000	²²⁷ Th ^b	10	²³⁶ Pu	1	²⁴⁸ Cf	10
^{193m} Pt	1 000	²²⁸ Th ^b	1	²³⁷ Pu	1 000	²⁴⁹ Cf	1
¹⁹⁸ Au	100	²²⁹ Th	0.1	²³⁸ Pu	1	²⁵⁰ Cf	1
¹⁹⁹ Au	1 000	²³⁰ Th ^b	1	²³⁹ Pu	1	²⁵¹ Cf	1
¹⁹⁷ Hg	1 000	²³¹ Th ^b	1 000	²⁴⁰ Pu	1	²⁵² Cf	1
²⁰³ Hg	100	²³² Th ^b	1	²⁴¹ Pu	10	²⁵³ Cf	100
²⁰⁰ Tl	1 000	²³⁴ Th ^b	100	²⁴² Pu	1	²⁵⁴ Cf	1
²⁰¹ Tl	1 000	²³⁰ Pa	100	²⁴⁴ Pu	1	²⁵³ Es	10
²⁰² Tl	1 000	²³¹ Pa ^b	0.1	²⁴¹ Am	1	²⁵⁴ Es	10
²⁰⁴ Tl	100	²³³ Pa	100	²⁴² Am	1 000	^{254m} Es	100
²⁰³ Pb	1 000	²³⁰ U	1	^{242m} Am	1		

^a Guidance levels are rounded according to averaging the log scale values (to 10ⁿ if the calculated value was below 3 × 10ⁿ and above 3 × 10ⁿ⁻¹).

^b Natural radionuclides.

^c The provisional guideline value for uranium in drinking-water is 30 µg/l based on its chemical toxicity for the kidney (see section 8.5).

9.6 防除手段

個人線量基準 0.1mSv/年を超える場合には、その後線量を低減させるために規制担当官署に与えられた選択肢が試されるべきである。防除手段につき考慮する場合、それがどのような方法であっても、まずその正当性を確認すべきである（それが正味の便益をもたらすことという意味において）。放射線被ばく状況を変更するいかなる決定は、害を与えず善をなすべきである。このことは、現存被ばくを低減させることにより、それに起因する不利益を相殺するのに十分な個人又は社会の便益をもたらすことを意味する（ICRP, 2008）。

防除措置が一度正当化された場合には、その後 ICRP 勧告（2008）に従って、防護が最適化されるべきである。防護の最適化の原則は、被ばくを招く可能性、被ばく者数及び個人の線量の大きさの全てが、経済的及び社会的要素を考慮に入れて、合理的に達成可能な限り低く保たれなければならないということを意味する。

水源が許容できないほど高濃度の放射性核種を含む場合、制御の選択肢には、代替的な供給の使用、他の水源との制御された混合又は追加的な水処理が含まれる。凝集、沈殿及び砂ろ過の工程を組み合わせた浄水施設は、水道原水中に存在する浮遊放射能を最大 100%除去するかもしれない。石灰ソーダ灰軟化施設もまた、微粒子に関連のある放射性核種や放射能の比率に依存して、ほぼ全ての浮遊放射能を除去し得る。

浄水処理工程による溶存放射性物質の除去に関する包括的なレビューが行われている（Brown, Hammond & Wilkins, 2008）。その報告において要約された結果を表 9.4 に転載する。放射性核種に特異的な処理技術に関する参照文献を附属書 6 に示す。

Table 9.4 Treatment performance for some common radionuclides^a

Element	Coagulation	Sand filtration	Activated carbon	Precipitation softening	Ion exchange	Reverse osmosis
Strontium	xx	xx	x	xxxx	xxx	xxxx
Iodine	xx	xx	xxx	x	xxx	xxxx
Caesium	xx	xx	x	xx	xxx	xxxx
Radium	xx	xxx	xx	xxxx	xxxx	xxxx
Uranium	xxxx	x	xx	xxxx	xxxx	xxxx
Plutonium	xxxx	xx	xxx	x	xxxx	xxxx
Americium	xxxx	xx	xxx	x	xxxx	xxxx
Tritium	Not possible to remove (some removal by aeration of water, not quantified)					

^a x = 0–10% removal; xx = 10–40% removal; xxx = 40–70% removal; xxxx = > 70% removal.

（注）本資料は、WHO の承認を得たものではなく、事務局において便宜上仮訳したものであり、誤りを含む場合があるため、正確な記述に関しては原文をご参照ください。

原文リンク先：http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/index.html