

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）

9. RADIOLOGICAL ASPECTS

**Table 9.2 Guidance levels for common<sup>a</sup> natural and artificial radionuclides for members of the public**

Category	Radionuclide	Dose coefficient (Sv/Bq)	Guidance level <sup>b</sup> (Bq/l)
Naturally occurring radioactive isotope that starts the uranium decay series <sup>c</sup>	Uranium-238	$4.5 \times 10^{-8}$	10
Naturally occurring radioactive isotopes belonging to the uranium decay series	Uranium-234	$4.9 \times 10^{-8}$	1
	Thorium-230	$2.1 \times 10^{-7}$	1
	Radium-226	$2.8 \times 10^{-7}$	1
	Lead-210	$6.9 \times 10^{-7}$	0.1
	Polonium-210	$1.2 \times 10^{-6}$	0.1
Naturally occurring radioactive isotope that starts the thorium decay series	Thorium-232	$2.3 \times 10^{-7}$	1
Naturally occurring radioactive isotopes belonging to the thorium decay series	Radium-228	$6.9 \times 10^{-7}$	0.1
	Thorium-228	$7.2 \times 10^{-8}$	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 <sup>d</sup>	$1.9 \times 10^{-8}$	10
	Caesium-137 <sup>d</sup>	$1.3 \times 10^{-8}$	10
	Strontium-90 <sup>d</sup>	$2.8 \times 10^{-8}$	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 <sup>d,e</sup>	$2.2 \times 10^{-8}$	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 <sup>e</sup>	$1.8 \times 10^{-11}$	10 000
Naturally occurring radioactive isotope widely distributed in nature and present in organic compounds and in the human body	Carbon-14	$5.8 \times 10^{-10}$	100
Artificial isotope formed in nuclear reactors that also exists in trace quantities in <i>natural</i> uranium ores	Plutonium-239 <sup>d</sup>	$2.5 \times 10^{-7}$	1
Artificial isotope by-product formed in nuclear reactors	Americium-241 <sup>d</sup>	$2.0 \times 10^{-7}$	1

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

<sup>b</sup> Guidance levels are rounded to the nearest order of magnitude.

<sup>c</sup> 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).

<sup>d</sup> 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.

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

ANNEX 6. SUPPORTING INFORMATION ON RADIONUCLIDES

**Table A6.1 (continued)**

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

<sup>a</sup> Guidance levels are rounded according to averaging the log scale values (to 10<sup>n</sup> if the calculated value was below 3 × 10<sup>n</sup> and above 3 × 10<sup>n-1</sup>).

<sup>b</sup> Natural radionuclides.

<sup>c</sup> 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の意味する。

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<sup>a</sup>**

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)					

<sup>a</sup> 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](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/index.html)