

天
環自総発第1503124号

平成27年3月12日

各都道府県知事 殿

環境省自然環境局長



ゲルマニウム半導体検出器による温泉水中ラドン濃度測定方法について

温泉行政については、かねてから御尽力いただいているところであるが、今般、ゲルマニウム半導体検出器による温泉水中ラドン濃度の測定方法について、「温泉法第18条第1項の規定に基づく禁忌症及び入浴又は飲用上の注意の掲示等の基準」及び「鉱泉分析法指針(平成26年改訂)」について(平成26年環自総発第1407012号環境省自然環境局長通知)で定める「鉱泉分析法指針(平成26年改訂)」に追加するものとして、別添のとおり通知する。

また、ゲルマニウム半導体検出器は温泉法施行規則(平成23年厚生省令第35号)第14条第1項に規定されるIM泉効計又は液体シンチレーションカウンターと同程度以上の性能を有する器具、機械又は装置と解して差し支えない。

なお、本通知は地方自治法(昭和22年法律第67号)第245条の4第1項の規定に基づく技術的な助言であることを申し添える。

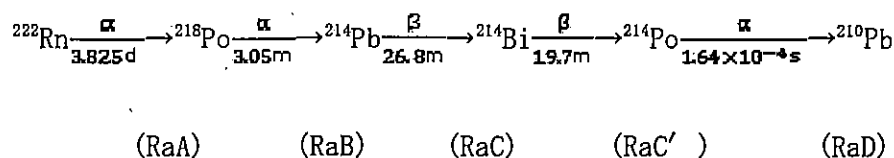
ゲルマニウム半導体検出器による温泉水中ラドン濃度測定方法について

ゲルマニウム半導体検出器とは、ゲルマニウム半導体結晶の内部を通過する放射線が発する電流パルスの波高分析を行い、エネルギーを弁別したガンマ線スペクトルを測定することにより、ガンマ線強度を測定する装置である。建物のコンクリート等に含まれる自然放射能や宇宙線によるバックグラウンドを低減するための鉛遮蔽体を備えたものが一般的である。

○ゲルマニウム半導体検出器による定量

〔原 理〕

測定試料を密閉容器に採取し、密閉容器中でラドンと放射平衡に達した崩壊生成物である ^{214}Pb の放射能を測定する。



ラドンとその崩壊生成物(RaD まで)の間には放射平衡が3時間10分で成立するので、それ以後測定し、必要な経過時間の補正を加え、採取時におけるラドンの濃度Q (Ci/L)を求める。

〔器具および装置〕

- ① ゲルマニウム半導体検出器*1
- ② 放射能標準線源
- ③ 密閉容器*2

〔現地操作〕

試料はできる限り源泉で自然に湧出してくる状態で採取する。ゴム管(あまり長いと途中ラドンが散逸するおそれがあるから通常は1mを限度とする)を湧出口に挿入し、気泡が入らない状態で湧出水が自然にゴム管内を流下してくるのを確かめ、数分間放流する。その際ゴム管内で気泡や渦を生じないように流量を調節すること*3。

ゴム管を密閉容器の底まで挿入し湧出水を密閉容器内に導入し、湧出水を密封容器の口元からあふれさせた後、気泡が残らないようにゴム管を引き抜き、速やかにキャップを閉める。同様の操作を繰り返し、試験試料として3本採取する。採取した試料は採取時の水温を超えないように保存し試験室に送る。

〔試験室試験〕

① 放射能の測定

ゲルマニウム半導体検出器によるラドン濃度測定では、試験試料を室温に保つこと。密閉容器中のラドンは3時間10分後に崩壊生成物と放射平衡に達し、以後3.825日のラドンの半減期に従って減衰する。故に測定は、放射平衡に達するのを待って ^{214}Pb の352keVのピークを測定する。 ^{214}Pb の352keVの検出効率

$\varepsilon_{\gamma}^{*4}$ は、密閉容器の形状により異なるので使用する密閉容器の検出効率を求めておくこと。

密閉容器と異なる形状の放射能標準線源を使用する場合、 ε_{γ} は以下の式により求められる。

$$\varepsilon_{\gamma} = \varepsilon_{\gamma Standard} \times f$$

$\varepsilon_{\gamma Standard}$: 放射能標準線源の検出効率

f : 放射能標準線源と密封容器の検出効率の補正係数

試料採取前に、ラドンを含有しない水（蒸留水等）で満水にした密閉容器をゲルマニウム半導体検出器に装填しバックグラウンド計数率 B (cps) ^{*5}を求めておく。

現地から試験室に送った試料水で満水にした密閉容器をゲルマニウム半導体検出器に装填し、²¹⁴Pb の 352 (keV) の計数率 A (cps) ^{*6}を測定する。試料の計数率 A からバックグラウンド計数率 B を差し引き正味の計数率 N (cps) を得る。密閉容器は気泡が入らないように口元まで採取するので、採取量 v については、放射能の測定後、実容量を正確に測定すること。

② ラドンの放射能濃度の算出

上記で得られた N から次式により採取時の水中ラドンの濃度 (Ci/L) を求める。ラドン濃度 (Ci/L) は、3 本の試料についてそれぞれ計算し検討すること。

$$\text{ラドン (Ci/L)} = N \times 1000 \times \exp\left(\frac{0.693 \times T}{\lambda}\right) \times \frac{1}{\varepsilon_{\gamma} \times v \times 3.7 \times 10^{10}}$$

N : 352keV ²¹⁴Pb の正味計数率 (cps)

T : サンプルングから測定開始までの経過時間 (日)

λ : ²²²Rn の半減期 (日)

ε_{γ} : 352keV ²¹⁴Pb の検出効率 (cps/Bq)

v : 試料採取量 (mL)

*1 ゲルマニウム半導体検出器については特に指定しないが、次の文献等を参考にするとよい。

Shizuma, et al.: Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A 410, 309-313 (1998).

国際標準化協議会 (ISO): ISO 13164-2, Water quality -Radon-222-

Part2: Test method using gamma-ray spectrometry.

*2 密閉容器は、ガンマ線の測定に影響を与えない素材で、ラドンが測定を終えるまで漏れないように密閉できるものを使用すること。ポリエチレン等の素材は、表面にラドンやその崩壊生成物の吸着が起きやすいので注意すること。密閉容器側面にアルミ箔を張り、採取時や輸送時に容器表面に吸着する放射性核種を減らすこと。

*3 湧出口のバルブを絞りすぎると、気泡が発生しラドンが気相に移動してしまうので注意すること。エアリ

フト湯を行っている井戸では、本来の温泉より低いラドン濃度となる。

- *4 ^{214}Pb のガンマ線放出効率は IAEA のデータを参考にすること。X-ray and Gamma-ray Decay Data Standards for Detector Calibration and Other Applications.
(https://www-nds.iaea.org/xgamma_standards/ 2015 年 3 月現在)

- *5 バックグラウンド計数率は 40000 秒以上測定することが望ましい。

- *6 試料測定時間は、容量 100mL 程度の密閉容器を使用しラドン濃度 100Bq/L 以上の試料を採取当日に測定するのであれば、3600 秒程度の測定が望ましいが、より低濃度のラドンを測定する場合や、採取から測定まで数日要する場合は、測定誤差を考慮し、測定時間を長くすること。