

塩水侵入阻止型地下ダムの止水壁付近における地下水ラドン濃度分布 Radon concentrations in groundwater along a cut-off wall of a coastal subsurface dam

○吉本周平*・白旗克志*
YOSHIMOTO Shuhei and SHIRAHATA Katsushi

1. はじめに

南西諸島の海岸部に設置されている塩水侵入阻止型の地下ダムは、止水壁によって地下水を貯留するだけでなく下流側の海水の浸透を遮断することで淡水の地下水を貯留している。これまで、止水壁上流側の地下水水位への潮汐応答の解析によって止水壁の透水性を評価する手法が開発されてきた(Shirahata et al., 2022)。漏水が疑われる場合には、より直接的な証拠を得るための調査が必要となる。止水壁が健全なときに止水壁の上流側と下流側の水質が異なれば、異状時に下流側の水質差の変化を把握することによって漏水を検知できる可能性がある。本研究では、地下水中に存在するラドン (^{222}Rn) に着目し、現況における止水壁周辺の地下水 ^{222}Rn 濃度の分布を調べた。

2. 研究方法

米須地下ダム(沖縄県糸満市)の止水壁付近に設置されている観測用ボーリング孔(以下、観測孔)と周辺の湧水で採水した(図1)。湧水のうちS1とS2は止水壁の下流側にあり、それぞれサイフォンとシャフト工によって湧水の流量が維持されている。調査は2023年12月6-7日に実施した。近隣のアメダス系数で12月3-7日に64.5 mmの降水があった。採水時の上流側観測孔の地下水水位は、採水対象の観測孔がある区間で概ね止水壁天端(4.0 m a.s.l.)より低く、S2に接続するシャフト(S2保全工)が止水壁を貫通する付近で最も低かった(2.4 m a.s.l.)。採水については、アクリル製のパーラーを用いて、地下水面上約2 mの水を採取した。EC、pH、水温は採水後に地上でポータブル計(東亜ディーケーケー製WM-32EP)を用いて測定した。 ^{222}Rn 濃度は、Hamada and Komae(1996)に倣い現地で試料水とシンチレータ(PerkinElmer製6NE9571)を攪拌し、分離したシンチレータを持ち帰って液体シンチレーションカウンタ(PerkinElmer製3170TR/SL)に供して測定した。

3. 結果と考察

採水した試料のEC、pH、水温、 ^{222}Rn 濃度の範囲はそれぞれ46.2-116 mS m^{-1} 、7.11-7.53、22.1-25.2 $^{\circ}\text{C}$ 、1.2-15.8 Bq L^{-1} 、平均はそれぞれ76.7 mS m^{-1} 、7.25、23.9 $^{\circ}\text{C}$ 、7.0 Bq L^{-1} であった。

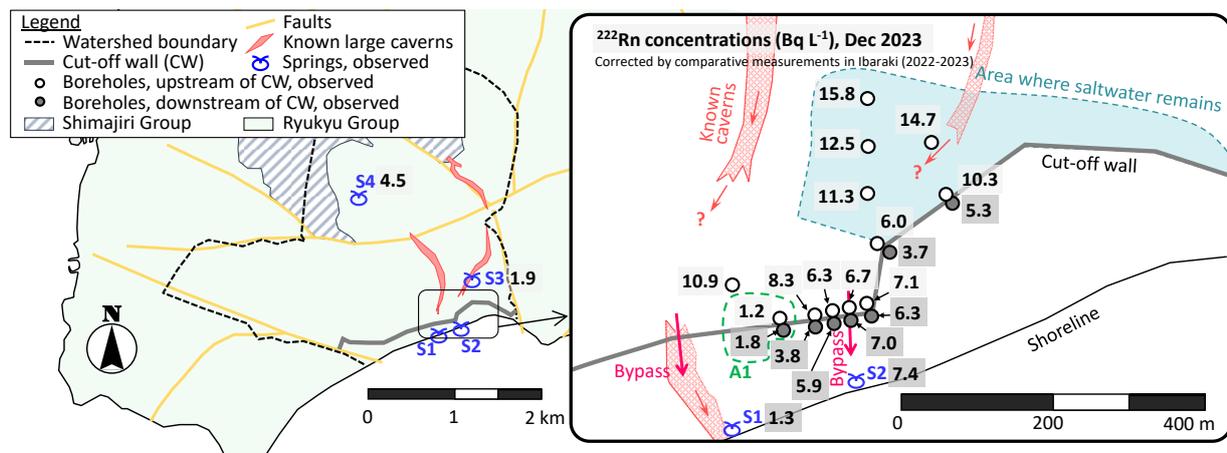


図1：採水地点の位置と ^{222}Rn 濃度
Location of sampling points and radon concentrations

* 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO
キーワード：機能診断, 琉球石灰岩, 島尻マージ, 環境放射能, カルスト水文学, 水文地球化学

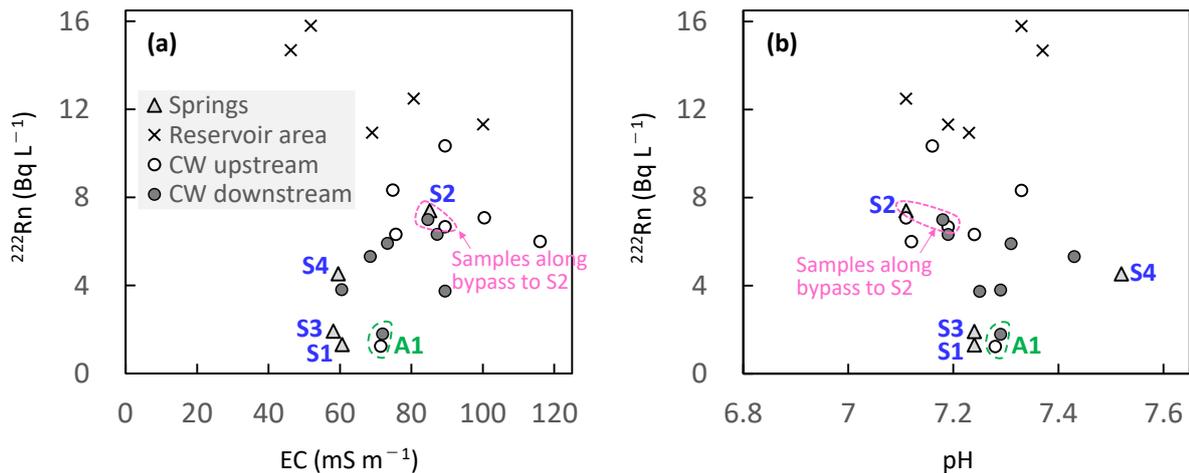


図2：採水試料の ^{222}Rn 濃度と(a) ECおよび(b) pHの関係(凡例は共通)
Relationship between radon concentrations with (a) EC and (b) pH (both subfigures share the legend)

地下水中の ^{222}Rn 濃度分布については、図1に示されるように、概ね止水壁の上流側で濃度が比較的高い傾向にあり、S2保全工付近で上流側と下流側の濃度差が小さくなっていた。なお、A1で示す範囲の観測孔については、孔内の地下水面より上で流水が観察されるなどの異状があるため、別途検討が必要である。 ^{222}Rn 濃度とECおよびpHの関係を図2に示す。止水壁上流側の観測孔の一部では、深部に残留する塩水の影響によってECが若干高くなっていた。S2とS2保全工付近の ^{222}Rn 濃度、EC、pHはいずれもよく類似していた。S2保全工を通過した水が止水壁下流側のS2保全工付近の観測孔とS2に到達し、保全工の経路に近いほどその影響が大きいことが分かる。このことから、 ^{222}Rn 濃度などの水質によって止水壁を通過する水を検知し、漏水の可能性を調べる方法に利用可能といえる。

止水壁の上流側と下流側で ^{222}Rn 濃度の差が生じる原因は、それぞれの帯水層でのウラン系列核種(^{238}U およびその子孫核種)の存在量に依存する ^{222}Rn 平衡濃度に求められる。米須地下ダム貯留域とその周辺では、表層地質として多孔質・高透水性の琉球層群(琉球石灰岩)が広く分布して帯水層を形成し、その下の島尻層群の泥岩砂岩互層が水理地質基盤となっている。また、表土として島尻マーヅと呼ばれる暗赤色～暗褐色の粘土質土壌が広く分布する。島尻マーヅの主要母材については大陸からの風成塵説と石灰岩の風化残積物説があるが(前島, 2016)、島尻マーヅは ^{238}U の含有量が大きく、大陸からの風成塵が主である可能性が高いとされる(古川ら, 2005)。一方、琉球石灰岩のウラン系列核種の含有量は比較的小さく、宮古島の事例では表層粘土(大野越粘土層)や島尻層群より1オーダー程度小さい(古川・床次, 2001)。城間ら(2016)は、玉泉洞(沖縄県南城市)の洞内地下水に含まれる ^{222}Rn について、島尻マーヅからなる土壌の間隙水中の ^{222}Rn 濃度を 47 Bq L^{-1} と推定し、地下水の ^{222}Rn 濃度の実測値 8.7 Bq L^{-1} から土壌の浸透水が琉球石灰岩の岩体中を通過する時間を求め、凡そ9–10日であると推定した。本研究の米須地下ダム貯留域の地下水は玉泉洞の地下水より高濃度の ^{222}Rn を含む。地下ダム貯留水が浸透から長時間経過している場合に、琉球石灰岩のウラン系列核種の含有量が既往研究が示唆するとおりに小さいなら、高濃度の ^{222}Rn を説明できない。米須地下ダムでは、琉球石灰岩中の空洞をしばしば充填する地表由来の流入粘土(今泉ら, 2002)が地下水の ^{222}Rn 濃度に影響を与えている可能性が考えられる。

謝辞 本研究の一部は、生研支援センター オープンイノベーション研究・実用化推進事業(JPJ011937, 課題番号05022c3)の支援を受けた。調査では沖縄本島南部土地改良区の協力を得た。記して感謝申し上げます。

引用文献 1) Shirahata et al. (2022): *Groundwater*, **60**(6), 774–783, 2) Hamada and Komae (1996): *Radioisotopes*, **45**, 71–81, 3) 前島(2016): *ペドロジスト*, **60**(1), 65–70, 4) 古川ら(2016): *エアロゾル研究*, **20**(4), 306–312, 5) 古川・床次(2001): *保健物理*, **36**(3), 195–206, 6) 城間ら(2016): *保健物理*, **51**(4), 218–226, 7) 今泉ら(2002): *農土論集*, **217**, 89–100