

箱根大涌谷でのラドン観測

熊谷 英憲・萬年 一剛

要旨：

火山防災上重要な水蒸気噴火の兆候把握をめざし、科学研究費の助成を受けて箱根大涌谷にて観測研究を実施している。最終的にはヘリウムガス濃度の連続観測をめざしているが、火山ガスが充満する環境下での機材の耐久性試験と火山ガス濃度の変動タイムスケールの予備観測を兼ねて、ラドン計測装置を2023年1月に設置した。機材は2023年11月現在も正常に作動している。ラドン濃度は、屋外ドライエリアということもあり国内平均（家屋内）より低く、10-15日程度および3-5日程度の周期的な変動および9月24日を境とした計数増がみられる。ヘリウム観測装置の設置までの間、観測を継続する計画である。

1. はじめに

火山は、惑星としての地球の内部エネルギーによる活動が地表に表れたものであり、地球が地球となってくる過程で非常に重要な役割を果たしてきた地質装置であるが、自然科学的な探求の対象となる以前から畏怖の対象でもあった。内部熱源からのエネルギー供給は温泉という形態での利用を促し、近年ではすたれてしまったが、硫黄などの工業原料の採掘場でもあった。一方、火山活動でしばしば示される爆発性は身の危険を感じさせるに余りあるものである。

防災の観点からは、2000年有珠火山噴火のように人命が損なわれることがなく地域社会の対処が比較的成功したとみなせる例もなくはない。一方で、2014年御嶽噴火や2018年本白根山噴火のように、兆候が認識されることなく、突発的に噴火に襲われ、人命が脅かされた例は今世紀に入っても複数を数える。これは、水蒸気噴火（水蒸気爆発）の場合には、もっぱら顕著なマグマ移動を伴わないために、噴火準備過程が明瞭な現象として表れにくいことに起因しよう。

そこで著者らは、科学研究費助成事業採択の「突発的火山活動の監視をめざす完全リアルタイム現場ヘリウムモニタリング」計画として、地球内部からもたらされる火山ガスのうちで移動性の最も高いヘリウムガスの濃度を監視することでの打開案を提案し、令和3年～6年度の4年間の助成を受けている。

2. 方法

著者らは、箱根大涌谷園地にあるくろたまご館建屋内の機械室外にあるドライエリアにラドン計測装置を設置しての連続観測を実施している。

この観測は、科学研究費助成「突発的火山活動の監視をめざす完全リアルタイム現場ヘリウムモニタリング（課題番号：21K04602）」の予備観測に位置付けている。火山噴気には一般に腐食性気体が多量に含まれることから、当該の科研費助成研究によるモニタリング機材を設置した際にも機材の経年劣化が著しいことが懸念され、観測機材の保護についての工夫も求められている。科研費研究での観測の到達点としては、1) 火山の活動状態の変化を迅速かつ鋭敏に察知しうる活動地帯に接近した地点での、2) できる限り、電源・通信を独立させた機材による連続観測をおいている。このゴールへ向けた、耐久試験の最初のステップとしては、比較的活動的な噴気地帯に近く、開発できた機材の展開も可能な範囲内での雨露をしのぎうる屋外が現実的であった。大涌谷園地内の建築物には金属部分（例えば、水道蛇口）などに火山ガス雰囲気特有の腐食が様々な程度でみられており、高濃度火山ガスに暴露される噴気地帯野外その場での観測を目指すからには、同園地屋外程度の火山ガス雰囲気には、相当に長期の耐久性をまずは持つ必要がある。ここで、ロープウェイ大涌谷駅に近接する商業施設である「くろたまご館」は1階に箱根町立の「箱根ジオミュージアム」が併設されているコンクリート造2階建ての建築物であり、機械室外にドライエリアが設けられている。このドライエリアには、かねてより神奈川県立温泉地学研究所のガス計測装置が設置されており、電源が備わっている（図1）。

計測装置はドイツ連邦共和国Saphymo GmbH製の可搬型ラドン計Alpha GUARD2000（2010年製造）である。内部に有効容積500mLの電離チャンバを有し、高電圧を印加したチャンバ内に環境大気を導入し、ラドンの壊変による放射線を計測する。チャンバ内で放射性同位元素が壊変することで放出される荷電粒子による電磁パルスの計測により放射能を計測するため、ガンマ線への感度は高くない。また、ペーパーフィルターを介して環境大気を導入するという試料導入方式からは実質全ラドンを核種の区別なく計測すると期待される。腐食を軽減する目的でプラスチック製コンテナボックス（サンボックス、株式会社サンコー）に装置を取めた。このため、環境（ボックス外）の大気を導入するために、ペーパーフィルターを通して純正付属品の小型空気ポンプ（Alpha Pump）により圧送するようにした。このため、ボックスにはガス導入およびガス排気管と電源導入のためとして、計3か所の貫通穴を設けることとなったので、コーキング材で隙間を塞いである。加えて、ボックス蓋部にはパッキン（特殊発泡ゴム（EPDM）隙間テープ・トラスコ中山）を挟んで密閉度が高まるよう工夫した。内部には電源用のテーブルタップを設け、計測装置本体とポンプに電力を供給している（図2）。

計測にあたっては、できる限り長期の観測が可能ないように積算時間を機材設定オブ

ションの中で最も長い10分とし、これに合わせて10分間で計数管内空気が入れ替わるようにポンプ流量は最少の0.05L/minとした。データは、計測器本体に蓄積¹、定期的にデータ蓄積用の純正データベース（DataExpert）をインストールしたWindowsPCに取り込むようにした。データ回収時にもポンプによる外気の圧送も計測も中断されないが、プラスチックコンテナの密閉を解き、シリアルケーブルの接続を行うため、環境の擾乱はあり得る。

装置の設置は2023年1月17日、当初は機材の連続動作に不安があったことから、故障なく継続的に動作するかの試験として6月まで密閉を解くことなく設置を続けたところ、この間の作動は良好であった。データには計測器本体メモリからのオーバーフローによる欠落があるが、装置は2023年11月14日現在も連続して稼働している。

3. 結果

データがほぼ連続で取得できた2023年7月以降のラドン濃度データを図3に時系列で示す。観測期間を通じた平均は6Bq/m³の程度で、概してラドン濃度は低い。ここで、日本における屋内ラドンの平均濃度は16Bq/m³の程度である（Suzuki et al., 2010; 環境省, 2015）。変動は、おおむね計数の平方根の程度ではあるものの、計数誤差の程度を超えてパルス的に増大することがあり、多くの場合、次の計測値となる10分後の値は増大前の水準に戻る。観測地点は千メートルを超える標高であるため、観測期間を通じて大気圧は900hPa内外であるが、これの標準大気圧への補正は行っていない。

一見して、パルス状の瞬時値の増大が頻繁になることによる10–15日程度および3–5日程度の周期が認められるほか、9月24日を境に以降のラドン濃度は高まっている（図3）。このラドン濃度の変化は、最大値が大きくなっただけでなく、ベースラインの増大と読める。9月のデータ回収は13日13時に実施しているため、機材に触れたことによる計測環境の変化や中断の影響ではない。これら周期、ならびに、ラドン濃度増については今後詳しい解析を行う予定である。一方、ガス放出の経路となりうる裂かの状態やさらに熱水活動に対しては降水が影響する可能性があるため、併せて解析を試みていく。

4. おわりに

噴気活動を伴う火山地帯での連続観測は腐食性ガスとの戦いともなり、せつかくの機材を守るための工夫は欠かすことができない。ガスを導入しての観測と、そのような工夫とは相反する性格のものだが、電離チャンバ式放射線計測器というそれなりにデリケートな機材で、まずは長期観測の実績を積み上げていきたいと考えている。

¹ メモリのオーバーフロー時には古いデータから上書きされていく。データ蓄積の最大期間は計測の間隔だけでなく数値そのものにも依存するものと思われ、一定でない（技術情報未公開）。実績としては34日強。

謝辞：

本研究の一部はJSPS科研費助成基盤研究（C）「突発的火山活動の監視をめざす完全リアルタイム現場ヘリウムモニタリング（JP21K04602）」を受けたものである。箱根町立「箱根ジオミュージアム」の皆様には観測の便宜を図っていただいた。また、本命のヘリウム観測に先立って、機材開発時点からの耐久性試験の必要性を認識した契機は、2019年火山学会秋季大会での株式会社ジェイエムエスの皆様のご講演ならびに意見交換であった。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献：

- 環境省（2015）放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（平成30年度版）<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h30kisoshiryo/h30kiso-02-05-08.html>（2023年11月16日閲覧）
- Saphymo GmbH (2010) User Manual Portable Radon Monitor “AlphaGUARD.”
- Suzuki G, Yamaguchi I, Ogata H, Sugiyama H, Yonehara H, Kasagi F, Fujiwara S, Tatsukawa Y, Mori I, Kimura S. A nation-wide survey on indoor radon from 2007 to 2010 in Japan. *J Radiat. Res.* 2010; 51(6): 683-9. doi: 10.1269/jrr.10083. Epub 2010 Oct 6. PMID: 20940519.

（本学教授，神奈川県温泉地学研究所主任研究員）

箱根大涌谷でのラドン観測

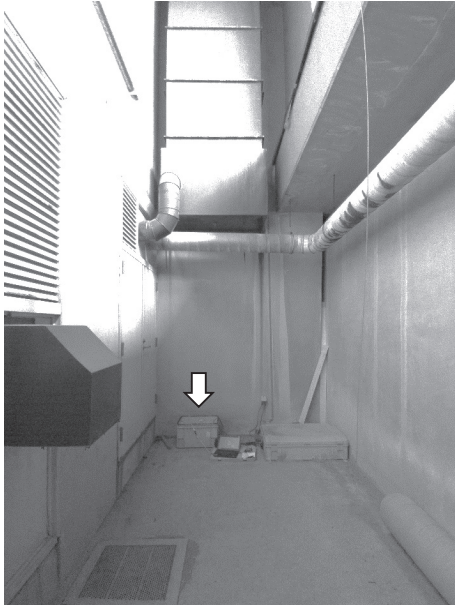


図 1：ラドン計設置のくろたまご館ドライエリア。白抜き矢印は装置を取めたコンテナ。

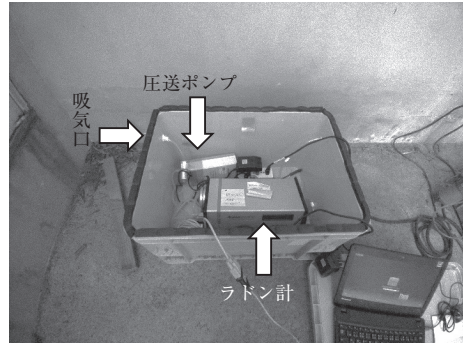


図 2：ラドン計を取めたコンテナ。データ回収のさいに上蓋をあけてPCとシリアルケーブル接続を行ったところ。

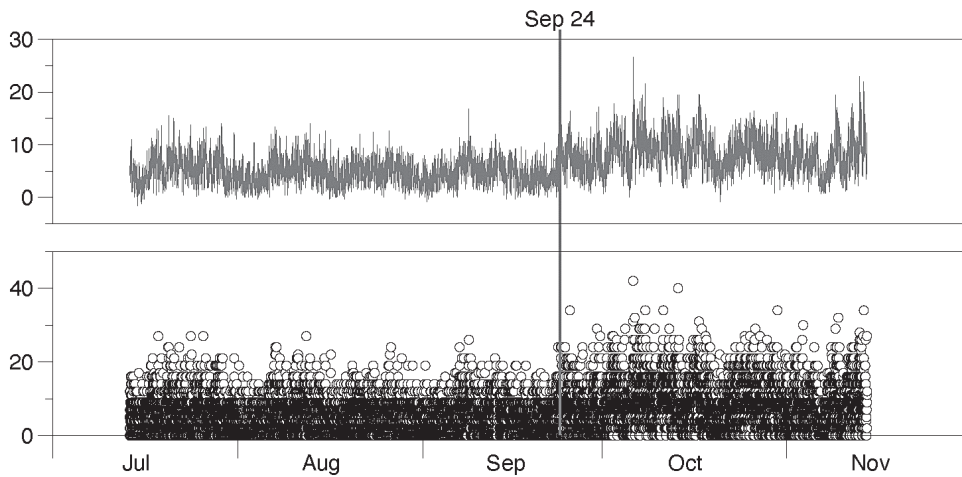


図 3：2023年7月13日～11月14日の4か月間のラドン濃度変化。10分値により作図。上) 前後20分（40分間、5測定値）の重み付き移動平均。下) 10分値。

