

令和 3 年 4 月 13 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K18777

研究課題名（和文）日本列島地殻流体ヘリウムバンク創設に向けた新たな技術の開発

研究課題名（英文）Development of new helium gas sampling technique for crust fluid studyal

研究代表者

高橋 浩晃（TAKAHASHI, HIROAKI）

北海道大学・理学研究院・教授

研究者番号：30301930

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：地震や火山活動等と関連が指摘されている地殻流体の動きを反映すると考えられているヘリウムガス同位体のサンプリングを簡便に実施するため、安価かつ操作容易なサンプリングキットを開発するとともに、それを用いた試験サンプリングを活火山や地震活動が活発な地域で実施した。サンプラーの保持試験を実施するための真空ラインを設計・製作し、試験筐体を用いたガスリークテストを実施した。サンプルキットの物理的な密閉度によるリークがあり得ること、物理的密閉度合いの向上を図ることで、吸着ガスのみの検出が可能である可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヘリウム同位体は地震発生や火山活動に関連する地殻流体の動きを知る唯一の方法であるが、そのサンプリングや分析は容易ではない。今回開発したガスサンプラーは、専門外の研究者でも容易にガスのサンプリングを行うことが出来るため、格段に多数のサンプルを得ることを可能にするものである。今回の研究結果をもとに、サンプラーをより信頼性の高いものとする事で、地下水・温泉を含めた地殻流体の挙動を知るための流体溶存ガスの研究の発展が見込まれ、広範囲の地球の物質循環の研究への発展も期待される。

研究成果の概要（英文）：Helium gas isotopes might reflect crustal fluid migration characteristics for earthquake generation and volcanic activities. Helium gas sampling technique, however, has been not easy for common researchers. Feasibility test for easy sampling of helium gas isotopes was carried out. We develop a inexpensive and easy-to-operative gas sampling kit. The test samplings in high-temperature and acid wells at active volcanoes and seismic regions suggest its durability. A vacuum line for gas leak investigation was designed and manufactured. Gas leak test suggested there may be a leak due to the physical sealing degree of the sample kit. Test with stronger physical sealing sampler indicated only the adsorbed gas was exited inner the kit.

研究分野：固体地球惑星科学

キーワード：ヘリウム同位体 ヘリウムガスサンプラー 地殻流体

1. 研究開始当初の背景

地震の発生には地殻流体が深く関与しているとする考えがある。しかし、地震学では地殻流体の情報を直接的に得ることはできない。地殻流体を直接トレースできる地球化学の力が必要である。地殻流体に含まれるヘリウムガスの安定同位体比 ($^3\text{He}/^4\text{He}$ 比) は、大気・地殻・マントルで大きく異なり、流体の起源を強力に拘束出来る、深部流体の挙動を明らかに出来る数少ない直接的な情報である。一方、地震と地殻流体の関係を調べるためには、少なくとも地震発生前後 2 回のサンプルが必要である。しかし、地震はいつ起こるか分からない。サンプリングの技術的ハードルを下げ費用対効果を改善するため、特別なスキルがなくとも簡便にサンプリングができる新たな技術が必要である。また、ヘリウムは地球での存在比が極めて低いことに加え、近い質量の気体と分離を行うには、サンプリングや分析に熟練した特殊なラインや技術が必要で、日本で分析を行える学術施設は数か所しかない。ヘリウムガスは容易に浸透拡散するため、サンプリング後すぐに分析を行わなければならない。このため、現状では分析を行えるサンプル数にはおのずと限界が生じていた。この問題を解決するために、サンプルを容易に行えるキットを開発し、長期保存を可能することで、必要なサンプルだけを必要な時にだけ分析するというアイデアが提案された。

2. 研究の目的

ヘリウムガスの分析拠点を増やすことは容易ではない。一方、ヘリウムガスが容易にサンプリング出来、かつ、長期保存が可能であれば、例えば、活断層周辺などの地震発生ポテンシャルの高い地域で事前に多くのサンプリングを行って保存しておき、後日、地震が発生した場所のサンプルのみを分析すればよい。専門家でなくとも容易にガスサンプリングを行うことが出来るとともに、特殊な設備を必要とせず長期保存可能なキットを開発することで、効率的に地殻流体に関する研究を進展させる基盤を作ることを目的とした。

3. 研究の方法

ガスサンプラーについては、容易なサンプリング・長期保存・安価であることを条件とし民生品を利用する開発を行う。開発したサンプラーを用いたサンプル試験を地震活動が高い地域・火山周辺などの地殻流体の動きが予想される場所で行う。また、高温試験や耐酸性試験も実施する。開発したサンプラーの密閉度を試験するために、真空ラインを設計し、ガスリークテストを行う。これらのことから、サンプラーの信頼性を検討し、実用に供するための課題を探る。

4. 研究成果

ヘリウムを容易にサンプリングできるサンプルキットを浸透膜と銅管とを組み合わせで制作した。サンプラーは水に沈められ、ヘリウムガスが浸透膜を通じて銅管に捕捉される。サンプラーに入ったヘリウムが再び浸透膜を通して外に出ないように、クランプ(締め具)を用いて銅管を物理的にかしめる機構で密閉を行うこととした。銅管を完全に固くかしめるため、クランプを固定する治具を設計・製作し、それを市販のバイスに挟み、電動ドリルを用いることで容易に強トルクで銅管をかしめることが可能となった。また、深い井戸からの引湯温泉水からのサンプリングを目指し、浸透膜透過型直接吸引サンプラーの開発も実施した。このサンプラーは従来型に比べ短時間での作業が可能であるが、ガス補足能力や密閉性についての検討を行う必要がある。

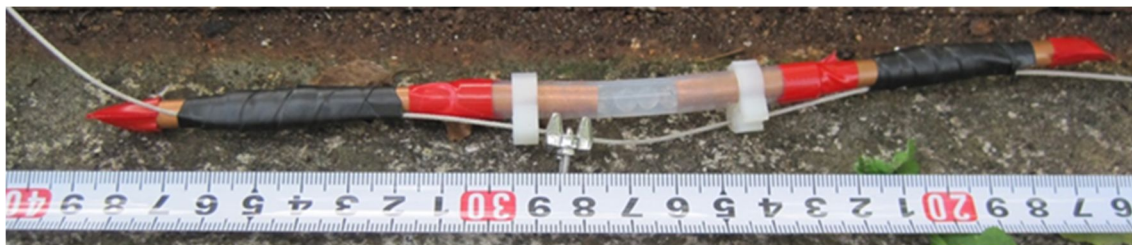


写真1 本研究で開発・製作されたガスサンプラー。中央部の透明部分が浸透膜で両側にある銅管を専用治具でかしめることでガスの漏えいを遮断する。このサンプラーをワイヤー観測井に吊り下ろして数日放置することでヘリウムガス等のサンプリングが行われる。

開発したサンプラーの耐熱・耐酸性試験を京都大学理学研究科附属地球熱学研究施設にある深さ 300m の実験温泉井で実施した。本井戸の深部は温度が 100 を超えるが、引き上げた浸透膜は変色しているものの、劣化して破損することはなかった。このサンプルを分析したところ、ヘリウム以外に、ネオン、窒素、CO₂ などが浸透していることが明らかになった。酸性の温泉 (pH3) 中性の温泉 (pH6.5) でも試験観測を実施したが、サンプラーの劣化は見られなかった。

サンプラーのガス保持度を検討するため、真空ラインを設計してガスリークテストを実施し

た。銅管の片側をかしめて、かしてない方を真空ラインに接続し、真空ポンプを用いて銅管内を真空にして測定したところ、ガスの漏えいが検知された。より強固にかしめて再度試験を行ったところ、銅管の圧力がわずかずつ増加する様子が検出された。この圧力増加割合は、1回目よりも2回目、3回目と徐々に低下しているため、銅管内に吸着しているガスが放出されているものと思われ、内部のガスは密閉されているものと考えられた。密閉性をより高めるためには、サンプルを行う現場でのかしめ具合をよりの確に行うことに加え、銅管内に何らかの物質を充填させたうえでかしめを行うことなどを今後検討することが必要である。

平成30年北海道胆振東部地震震源域周辺の井戸水の水位について調査を行った結果、断層運動による体積ひずみ変化と良い相関を持つことが明らかになった。

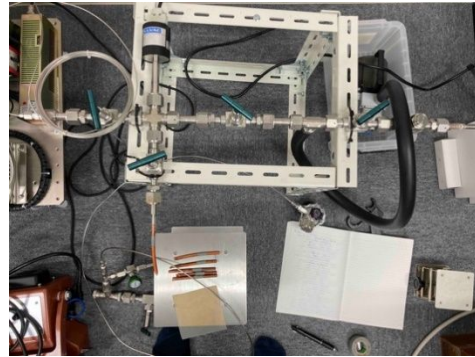


写真2 ガスリーク試験で用いた真空ライン。試験用筐体(手前中央)と真空ポンプ(奥中央)と真空ポンプ(右手中中央)を連結するラインとすることで筐体からのガスリークの測定を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Shibata T., R. Takahashi, H. Takahashi, T. Kagoshima, N. Takahata, Y. Sano, L. Pinti	4. 巻 23
2. 論文標題 Coseismic changes in groundwater level during the 2018 Hokkaido Eastern Iburu earthquake	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earth Planets Space	6. 最初と最後の頁 23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s40623-020-01152-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 柴田智郎, 高橋良, 高橋浩晃, 鹿兒島涉悟, 佐野有司, Pinti Daniele
2. 発表標題 2018年北海道胆振東部地震における地下水位の変化
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴田智郎、高橋良、高橋浩晃、鹿兒島涉悟、佐野有司、Pinti Daniele
2. 発表標題 2018年北海道胆振東部地震における地下水位の変化
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	柴田 智郎 (Tomo Shibara) (80446369)	京都大学・理学研究科・准教授 (14301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	高橋 良 (Ryo Takahashi) (30446372)	地方独立行政法人北海道立総合研究機構・環境・地質研究本 部 地質研究所・主査 (80122)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関