

共同利用実施報告書(研究実績報告書)
(一般共同研究)

1. 課題番号 2014-G-08

2. 研究課題名 (和文、英文の両方をご記入ください)

和文: 極低含有量元素の同位体比から探る構造線沿いの温泉水の起源

英文: Origin of hot spring waters along tectonic line investigated by ultra-trace elements3. 研究代表者所属・氏名 海洋研究開発機構・中村仁美
(地震研究所担当教員名) 中井俊一

4. 参加者の詳細 (研究代表者を含む。必要に応じ行を追加すること)

氏名	所属・職名	参加内容
中村仁美	海洋研究開発機構・研究員	調査・試料採取・実験・分析・解析
中井俊一	東京大学地震研究所・教授	実験・分析
岩森 光	海洋研究開発機構・プログラムディレクター	調査・試料採取・解析

5. 研究計画の概要 (申請書に記載した「研究計画」を800字以内でご記入ください。変更がある場合、変更内容が分かるように記載してください。) 本研究の目的は、温泉水でスラブ起源流体の流れと

物質循環を捉えることである。海溝から沈み込む海洋

プレートがマントル深部へ運ぶ水(スラブ起源流体)を、深部由来の可能性のある高塩濃度温泉水中に検出することを目指す。過去二年間の共同利用研究の結果、非火山域の試験地において、スラブ起源流体を検出する鍵となる極低含有量元素を定量し、元素抽出分離を行い、同位体比を測定する手法を開発することに成功した。この手法を、糸魚川-静岡構造線沿いに湧出する高塩濃度温泉水に適用することで、その起源に制約を与えることができる。構造線沿いにスラブ起源流体が上昇しているのかどうか、更に、その分布を制約することができれば、プレートの沈み込みに伴う流体の挙動を制約することができ、ひいては、流体が絡む沈み込み帯変動現象の理解に繋がる。

従来、地震研究所では温泉水の研究は行われていなかったが、昨年度と本年度(H.24,25年度)一般共同研究制度に採択され、極低含有量元素の定量分析、抽出および同位体測定を目指し、中井俊一教授と実験を行ってきた。その結果、試験地の高塩濃度温泉水は、スラブ起源流体の持つ同位体比と酷似しており、断層が発達している構造線沿いは、深部由来の流体が上昇している可能性が高いと考えることができた。そこで、糸魚川-静岡構造線沿いに調査を展開し、北部の糸魚川から山梨県にかけては、昨年度までに試料採取を完了した。本年度は、糸魚川-静岡構造線から中央構造線にかかる断層沿いで、高塩濃度の温泉水を採取し、大規模構造との関連を探ることを目指している。これは、沈み込み帯の流体の挙動に新たな視点をもたらすと期待される。南部の地域は、プレート境界型地震の研究が行われている地域でもあり、調査地域直下の地震の震源や性質について、地震研究所所有の情報を活用したいと考えている。

6. 研究成果の概要 (図を含めて1頁で記入してください) キーワード (

3~5 程度): 温泉水, 構造線, 有馬型, スラブ, 流体

H24~H25 年度の一般共同研究制度に採択され、極低含有量元素の定量分析・抽出および同位体測定を目指し、中井俊一教授と実験を行ってきた。その成果として、1) 試験的に、対象地域の一部で高塩濃度温泉水を採取し、元素間の相関を調べ (図 1)、2) 鉛やネオジムの含有量は、通常の方法では検出限界以下となる ppb~ppt レベルであること、3) 塩・金属濃度が高いためマトリックス効果が大きく、温泉水の組成に合わせた元素抽出法が必要なこと、4) 元素抽出法を開発し、極低含有量元素の同位体比を測定することに成功した (図 2)。その結果、試験地 (有馬温泉) の高塩濃度温泉水は、スラブ起源流体の持つ同位体比と同じであることがわかった。

H26 年度は、特に温泉水の重元素同位体比定量分析を推し進め、有馬温泉水の同位体比を検出することに成功し、スラブ起源と考えられることを国際紙に発表した (Nakamura et al., 2014, JGG; Kusuda, Iwamori, Nakamura et al., 2014, EPS)。また、国内では、日本地球惑星科学連合 2014 年大会と地球化学会 2014 年会で発表を行い、国際的には、JKASP (Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes) と AGU で関連する発表を行った。同時に、H25 年度までの成果に基づき、断層が発達している構造線沿いには、深部由来の流体が上昇している可能性が高いと推定し、H26 年度は糸魚川-静岡構造線南部地域 (愛知県・静岡県) で高塩濃度熱水の調査・採取を行い (図 3)、起源やプロセスの違いを反映していると考えられる分析結果を得つつある (図 4)。3 年間に渡る本共同利用によって、温泉水研究の一步を踏み出すことができ、研究の礎を築くことができた。中井先生には、実験の試行錯誤や分析に際し、大変お世話になった。改めてここに記し、感謝の意を表したい。

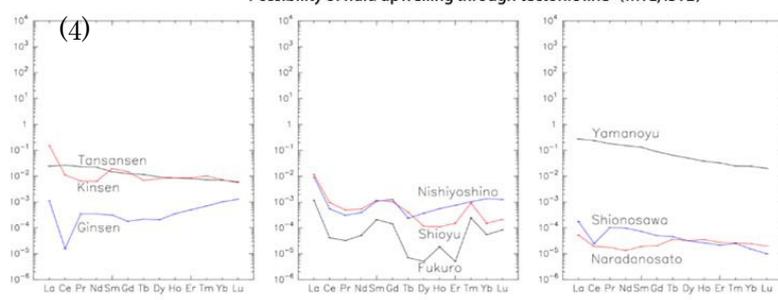
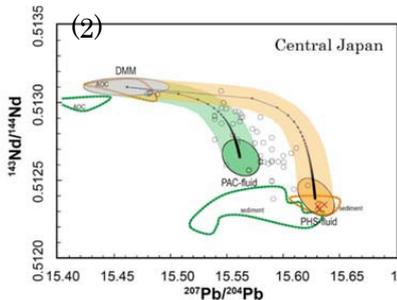
(1)

	$\delta^{18}\text{O}$	δD	Cl	Na	Li	EC^*	Br	Ca	Sr	NH_4	K	Mg	T^*	pH^*	$\delta^{13}\text{C}$	F	SO_4	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}}$	
$\delta^{18}\text{O}$	1.00	0.86	0.98	0.97	0.94	0.94	0.93	0.92	0.87	0.82	0.71	0.48	0.28	0.32	0.23	0.13	0.12	-0.52	-0.58	-0.58
δD	0.89	1.00	0.97	0.97	0.95	0.91	0.84	0.89	0.88	0.82	0.65	0.53	0.30	0.26	0.26	0.08	0.08	-0.41	-0.54	-0.51
Cl	0.99	0.97	1.00	0.99	0.92	0.90	0.97	0.99	0.95	0.78	0.59	0.56	0.28	0.22	0.16	0.01	-0.01	-0.37	-0.54	-0.51
Na	0.97	0.97	0.98	1.00	0.94	0.92	0.98	0.91	0.96	0.81	0.56	0.56	0.33	0.29	0.26	0.01	0.03	-0.27	-0.50	-0.50
Li	0.96	0.95	0.92	0.94	1.00	0.87	0.88	0.82	0.79	0.84	0.72	0.44	0.30	0.33	0.43	0.13	0.29	-0.28	-0.59	-0.49
EC^*	0.94	0.91	0.93	0.92	0.87	1.00	0.87	0.92	0.88	0.69	0.71	0.34	0.48	0.07	0.07	0.21	0.09	-0.08	-0.61	-0.49
Br	0.83	0.84	0.87	0.88	0.88	0.87	1.00	0.86	0.96	0.74	0.41	0.72	0.09	0.30	0.29	-0.05	-0.15	-0.43	-0.54	-0.43
Ca	0.82	0.80	0.85	0.91	0.82	0.92	0.88	1.00	0.88	0.85	0.68	0.37	0.47	-0.07	-0.11	0.04	0.03	-0.23	-0.50	-0.51
Sr	0.87	0.86	0.85	0.98	0.79	0.88	0.98	0.88	1.00	0.82	0.58	0.62	0.13	0.09	0.11	-0.10	-0.23	-0.38	-0.52	-0.46
NH_4	0.82	0.80	0.78	0.81	0.94	0.69	0.74	0.65	0.62	1.00	0.66	0.36	0.21	0.27	0.41	0.08	0.41	-0.22	-0.52	-0.41
K	0.71	0.65	0.59	0.56	0.72	0.71	0.41	0.68	0.36	0.66	1.00	-0.23	0.77	0.10	0.01	0.40	0.44	0.15	-0.42	-0.71
Mg	0.48	0.53	0.56	0.60	0.44	0.34	0.72	0.37	0.67	0.36	-0.23	1.00	-0.33	0.45	0.37	-0.20	-0.59	-0.58	-0.32	0.03
T^*	0.38	0.30	0.28	0.23	0.30	0.48	0.09	0.47	0.13	0.21	0.77	-0.33	1.00	-0.30	-0.39	0.62	0.33	0.42	-0.28	-0.78
pH^*	0.32	0.36	0.22	0.30	0.33	0.02	0.30	-0.07	0.08	0.77	0.10	0.45	-0.30	1.00	0.36	0.33	0.20	-0.43	-0.36	-0.18
SO_4	0.23	0.26	0.16	0.26	0.45	0.07	0.29	-0.11	0.11	0.61	0.01	0.37	-0.39	0.36	1.00	0.03	0.27	-0.19	-0.31	-0.07
$\delta^{13}\text{C}$	0.13	0.08	0.01	0.01	0.13	0.21	-0.05	0.04	-0.10	0.08	0.10	-0.26	0.62	0.33	0.07	1.00	0.32	0.57	-0.44	-0.79
F	0.12	0.08	-0.01	0.00	0.29	0.29	-0.15	0.03	-0.25	0.41	0.64	0.59	0.33	0.29	0.27	0.22	1.00	0.03	-0.04	-0.38
SO_4	-0.52	-0.41	-0.37	-0.37	-0.28	-0.08	-0.43	-0.23	-0.38	-0.32	0.15	-0.56	-0.42	-0.43	-0.18	0.57	0.53	1.00	-0.13	-0.14
$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	-0.58	-0.54	-0.54	-0.56	-0.59	-0.61	-0.54	-0.50	-0.52	-0.42	-0.32	-0.28	-0.36	-0.31	-0.44	-0.04	-0.13	1.00	0.52	0.52
$\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}}$	-0.58	-0.57	-0.51	-0.50	-0.49	-0.49	-0.43	-0.51	-0.46	-0.41	-0.71	0.03	-0.78	-0.18	0.02	-0.72	-0.38	-0.14	1.00	0.52

Figure 2 Correlation matrix among the major solute concentrations and physical-chemical properties. Color coding represents the correlation coefficient: large positive values (0.5) are red, intermediate values (0.5 to -0.5) are white, and small values (< -0.5) are blue. EC*, electrical conductivity; T*, temperature; pH*, hydrogen ion exponent.



Possibility of fluid upwelling through tectonic line (MTL, ISTL)



(1) 有馬温泉水の主成分や物理化学パラメータの相関を示す。赤は正、青は負の相関 (Kusuda et al., 2014)。(2) 有馬温泉水 (金泉) の同位体組成 (×印) と、中部日本火山岩の比較。オレンジ帯は、マントル (DMM) とスラブ起源流体 (PHS-fluid) との混合曲線を示す (Nakamura et al., 2014)。(3) ISTL, MTL 沿いの対象地域の例。(4) 3 地域 (有馬、紀伊半島北西部、ISTL 南部) の希土類元素組成の違いを示す (in prep.)。

報告書（様式 G-2）作成にあたってのお願い

2014 年度関連研究業績報告

<国際誌>

Nakamura, H., Fujita, Y., Nakai, S., Yokoyama, T. and Iwamori, H., Rare Earth Elements and Sr-Nd-Pb isotopic analyses of the Arima hot spring waters, southwest Japan: Implications for origin of the Arima-type brine. *J. Geol. Geosci.*, 3:161, doi: 10.4172/2329-6755.1000161, 2014 (査読有).

Kusuda, C., Iwamori, H., Nakamura, H., Kazahaya, K. and Morikawa, N., Arima hot spring waters as a deep-seated brine from subducting slab. *Earth, Planets and Space*, 66:119, 2014 (査読有).

Nakamura, H., Oikawa, T., Geshi, N. and Matsumoto, A., Migration of a volcanic front inferred from K-Ar ages of late Miocene to Pliocene volcanic rocks in central Japan. *Island Arc*, 23, 236-250, 2014 (査読有).

<学会発表>

*中村 仁美、岩森 光、荒木 修平、稗田 裕樹、藤永 公一郎、加藤 泰浩、中井 俊一、木村 純一、常青. 重元素同位体比から探る鉍化熱水の起源. 日本地球惑星科学連合大会 2014 年大会, 神奈川 2014 年 4 月 28~5 月 2 日, 口頭

http://www2.jpgu.org/meeting/2014/PDF2014/B-PT23_O.pdf

H. Nakamura, H. Iwamori, K. Chiba, Y. Fujita, S. Nakai, J. Kimura, Q. Chang and K. Kazahaya, "REEs compositions of non-volcanic Arima-type hot spring waters along the Median Tectonic Line: Possible origin from subducting slab", JKASP (8th Biennial Workshop on Japan-Kamchatka-Alaska Subduction Processes – Finding clues for science and disaster mitigation from international collaboration), Sapporo, 22-26 Sep. 2014 (oral)

<http://hkdrcep.sci.hokudai.ac.jp/map/jkasp2014/pdf/J33.pdf>

○中村仁美 1,2、岩森光 1,2、千葉紀奈 2、中井俊一 3、木村純一 1、常青 1、風早康平 4 (ハイライト講演) 中央構造線沿いに湧出する有馬型温泉水の分布と起源～REEs 組成からの考察～
2014 年 9 月 15-18 日, 富山, 口頭

<http://www.geochem.jp/conf/2014/pdf/3D.pdf>

Hitomi Nakamura, Yoshiyuki Fujita, Shun'ichi Nakai, Tetsuya Yokoyama and Hikaru Iwamori. Rare earth elements and Sr-Nd-Pb isotopic analyses of the Arima hot spring waters, Southwest Japan: Implications for origin of the Arima-type brine. AGU, SanFrancisco, 15-19, Dec., 2014, Poster (T31C-4613)