
解 説

ロシア・カムチャツカ半島のパラトゥンカ温泉

東邦大学医学部
杉 森 賢 司

Paratunka Hot Spring Area in Kamchatka, Russia

Kenji SUGIMORI
Toho University, School of Medicine

1. はじめに

北海道から千島列島を経て北東に 1,500 km のところに位置しているのがカムチャツカ半島である。この半島は太平洋プレートが北米プレートに沈み込む場所に位置し、厚さが約 40 km の大陸性地殻を有している (Tuezov, 1988)。さらに、千島火山帯に属するこの半島には 30 以上の活火山があり、そのうちのいくつかは現在も活発な火山活動を行っている。特に数年おきに噴火をしていたロシア最高峰 (4,750 m) のクリチェフスコイ (Klyuchevskoy) 火山や 1975 年のトルバチーク (Tolbachek) 火山の火山活動は非常に有名である (Fedotov *et al.*, 1991, Fedotov *et al.* —Photo Album—)。後者はその火山が出来上がる過程を旧ソ連科学アカデミーの研究者たちによって克明に記録されたことでも知られている (竹内, 1986)。また最近では、1996 年 1 月 1 日に M 7.9 の地震を伴い翌 2 日に山頂と湖底から噴火したカリムスキー (Karymtsky) 火山 (Fazlullin *et al.*, 2000)、1991 年には州都ペトロパブロフスク-カムチャツキー (Petropabrovsk-Kamchatky) 市からわずか 30 km しか離れていないアバチェンスキー (Avachinsky) 火山が噴火したことは記憶に新しい (Fedotov *et al.* —Photo Album—, 東京新聞, 1992)。さらにこのカムチャツカ半島には世界でもめずらしく火山列が縦に 3 列走っており、最も東側 (ベーリング海側) に位置する火山列が最も活発な火山活動を行っている。先に挙げた活発な活動をしている火山も当然この火山列に属している。

今回、カムチャツカ半島のペトロパブロフスク-カムチャツキー市近郊に位置し、市民に最もよく利用されているパラトゥンカ (Paratunka) 温泉の状況について温泉水の化学成分の特徴も含め解説する。

2. カムチャツカ半島の熱水と温泉

このような活発な火山活動に伴う熱水については、州都から北東約 150 km に位置し、約 150 km² の広さがあるウゾン・カルデラ (Uzon Caldera) が熱水の規模や量では世界的に有名な場所である。そこには大小約 240 もの自然湧出している温水・冷水のプールや淡水湖が存在する。湧出している温泉は強酸性からアルカリ性、低温から高温、と非常にバラエティーに富んでおり各温泉の化学成分にも特徴が見られるが、全体的にウゾン・カルデラの熱水中には Al や Ba が多いといわれている。アルカリ性泉や酸性泉に分布する希少金属については、それぞれの泉質ごとに量的な違いがはっきり区別されており、希少金属同士の関連性も指摘されている (Leoninov *et al.*, 1991; Karpov, 1998; Chudaev *et al.*, 2000)。またその東にはウゾン・カルデラを源流とするシュンナヤ (Shumnaya) 川の支流であるゲーゼルナヤ (Geysernaya) 川に沿って約 4 km にわたり深く切り込んだ渓谷であるゲイザー・ヴァレイ (Geysir Valley) という地熱地帯があり、そこにはアメリカ合衆国のイエローストーン国立公園に匹敵するほどの規模を誇る数多くの間欠泉が存在する (Leoninov *et al.*, 1991, Karpov, 1998; Chudaev *et al.*, 2000, Fedotov *et al.* —Photo Album—)。

また州都より南西 40 km のところに位置するムツノフスキー (Mutnovsky) 火山の山麓には、火山活動による豊富な地熱を利用した地熱発電所がある。このパウゼトカ (Pauzhetka) 地熱発電所という名の電力供給プラントは一見稼働している様に見えるが (Fedotov *et al.* —Photo Album—), 発電所としての機能を果たし街に送電しているかどうかは、実際に見学した発電所自体の状況とロシアの国情からみても疑問が持たれるところである。しかしロシア全土の 75% 以上の熱水がこのカムチャツカ半島に集中しているという事実 (Chudaev *et al.*, 2000) から、地熱は

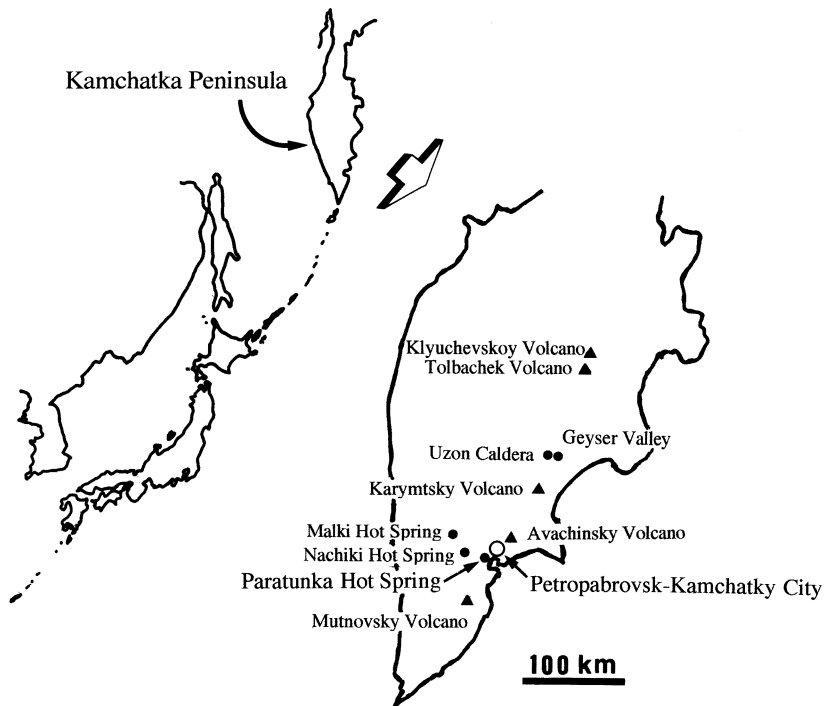


Fig. 1 Locations of Kamchatka Peninsula and its geothermal regions and main volcanoes.

巨大なエネルギー源として注目されている。大きく分類すると以上述べた様にウゾン・カルデラおよびゲイザー・ヴァレイとムツノフスキーといった二つのエリアがカムチャツカ半島の大規模な地熱地帯であるが、その他、州都ペトロパブロフスク・カムチャツキー市から車で半島中央部に向かい2時間ほど走った所にナチキ (Nachiki) 温泉やマルキ (Malki) 温泉がある (橋井, 1996)。市民は暖くなるとピクニックをかねてこれらの温泉に行くそうである。今回紹介するパラトゥンカ温泉を含めさらに多くの天然温泉がカムチャツカ半島全域に分布している。ここで紹介した主な火山や温泉の位置的関係はカムチャツカ半島とともに Fig. 1 にまとめた。

3. パラトゥンカ温泉

パラトゥンカ温泉は市内から近く、日本で言う日帰り温泉といった感覚で行くことができ多くの市民に親しまれている場所である。パラトゥンカ温泉はペトロパブロフスク・カムチャツキー市内のいずれに位置し、旧市街地から見るとアバチェンスキー湾 (Avachinsky Bay) を隔てた反対側にある (Fig. 2)。パラトゥンカへの交通は陸路のみで、旧・新市街地から行くと空港があるエリゼバ (Yelizovo) の街を通りムツノフスキー火山方面へ向かう道路の途中にある。市街地から車で30~40分の距離である。市街地-空港と空港-パラトゥンカはほとんど同程度の距離にあるといってもよい。パラトゥンカには軍関係の施設、公共施設、組合の施設等多数の施設があり、各々に宿泊施設や温水プール等がある。最近ではウォータースライダー等の遊具を備えたプールや、高級感あふれたホテルとレストランを兼ね備えた施設もできてきた。しかし、これらの各施設は隣接してはおらず、独立して存在している。日本の温泉地は同一地区内で隣り合わせにいくつかの温泉旅館が軒を並べそれなりの風情を醸し出しているが、パラトゥンカでは道路脇の入り口から施設にたどり着くまでにかなりの距離があり、また森の中にこれらの施設が点在しているので日本の温泉地のイメージから考えると相当異なったものである。規模の大小はあるにせよこの様な施設が点在しており、各施設の単位が集落のようで、ひとつひとつが小さな社会を形成しているようにも感じられた。1993年8月に日・ロ共同で行われた火山と流体の相互作用—活動的の火口湖における諸過程の研究— (科学研究費; 班長, 高野穆一郎 教授) におけるフィールドワークの休息に私たちが訪れたのはその中で一つで、施設の入り口の表示板 (Photo 1-2) や人の話からカムチャツカ建設局労働組合の保養施設であろうと推察されるが、実際のところはどのような機関の関連施設であるのかはあまりよく理解できなかった。

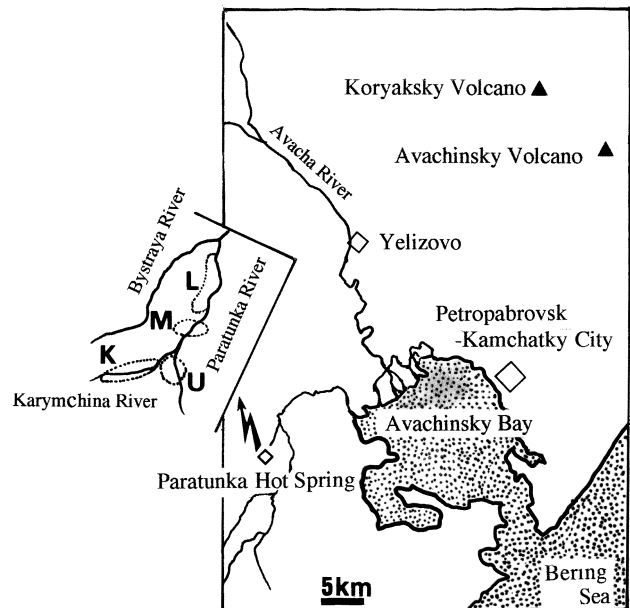


Fig. 2 Paratunka Area and its geothermal regions.
(U: Upper Paratunka, M: Middle Paratunka, L: Lower Paratunka, K: Karymchina)

我々の仲間であるロシア科学アカデミー極東支部火山研究所のファズルリン (Sergey M. Fazlullin) 氏は旧ソ連時代潜水艦乗りであったが、会話の中で彼は過去を振り返り、かつて、長い潜水艦の航海が終わると数カ月の休みが国から与えられ、このような施設で休養していたことを語った。我々が利用したこの施設は道路から入るとすぐ両側に駐車場があり、さらにその 300 m 先の左手にこの施設の中心である L 字型の建物が見える (Photo 1-1)。その建物の向かいには公園や子供のためのプレイルーム (Photo 2) があり、さらにその先には宿泊用の大小コテージ、コテージ管理棟、医療用プール (2 階建て建物併設)、一般用プール等がある (Fig. 3)。この施設の中心である L 字型の建物内にはレストラン、宿泊施設、シアター等がそろっていたが、その中でも温泉を利用した医学的な加療・療養施設には興味深いものがあった。単にフィールドワークの途中に立ち寄った我々は、ここでは寝泊まりだけの利用のみであったので、実際に医学的な治療等に使用している場面にはお目にかかることが出来なかった。また、館内を案内されたのも日曜日であったため、どれだけの患者さんを実際に診察・治療しているのか解らなかったが、食堂での顔ぶれを見ると老人の数が圧倒的に多く、全体で 100 名弱といった人数であった。普段はお目にかかれない多くの人々が食事時には集まってくるので、いったいこの人たちは普段どこにいるのだろうかとか考え込んでしまい、あらためてこの施設の広さに驚いた次第である。

診察・治療施設を案内して下さった職員のアナスターシア (Anastasia) さんの話をもとに館内の説明をすると、この L 字型の建物の内部は次のようになる。リハビリテーションならびに生理機能検査のための大きな部屋 (5×10 m 位) があり、種類や数は豊富ではないが内部には旧式の自転車エルゴメーター等の生理機能検査機械やトレーニングを行うための道具、さらには一通りのリハビリに用いる器具はそろっていた (Photo 3)。旧式の体重計やシャワールームも別室に完備されている。そのとなりの部屋は温泉水を直接用いて治療を行う部屋で、西洋のバスタブよりも日本のバスタブに似た深い作



Photo 1-1 : Main building of the sanatorium.



Photo 1-2 : Official sign board at the entrance of main building.

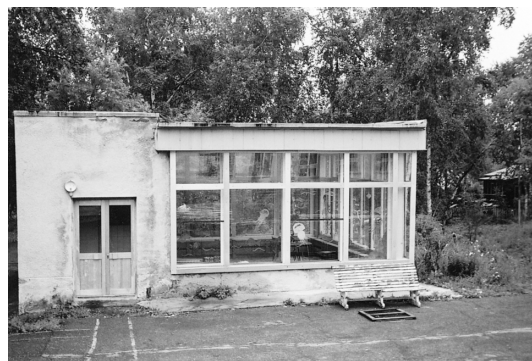


Photo 2 Children's recreation room for cold or rainy day.

りになっている浴槽 (Photo 4-1) が壁に仕切られて三つ並んでいる。使用時患者さんたちは壁に仕切られているのでお互いに干渉せず治療を受けられ、医師や看護婦用には窓際に通路がありこの三つのバスタブを行き来し、適時患者さんたちの状態を把握することができる。一つのバスタブに対して廊下側にドアがあり、バスタブの手前には水着に着替えるための部屋がある。バスタブ内にはすのこ状のもの (Photo 4-2) が置いてあり、患者さんはこの上に座る格好になるのだが、ここに圧縮空気送り込み、あわ風呂の状態で用いられるらしい。天然の温泉水の他に薬草を混ぜて患者さんに使用したりすることも行われていると聞いた。また、バスタブに板を渡し、その上に砂時計を置いて自分が入浴治療する時間も自分できちんと管理させているという話であった。その他マッサージルーム、気道や鼻腔等の呼吸器疾患のための治療室 (吸入治療)、診察室等が完備されているが、日本の病院と比べると診察や治療の機械類はさほど多くなかった。

次にだいたい色のビニールシートが敷いてあるベッドが整然と並んでいる大きな部屋に通された (Photo 5-1)。一見この様子は何か解剖室の様な雰囲気を感じさせたが、これも治療室の一種で、このサナトリウムの目玉商品といってもよい治療法が行われているのである。近くの湿地帯から産出される泥を用いそれを全身に塗るいわゆる泥パック治療が行われている (Photo 5-2)。その泥は湿地の植物が腐り長年かかって出来上がったもので、ミネラルを多量に含み、人体に有用な成分がぎっしり詰まったものであるという説明があった。天然に産出した泥は使用する前にある温度に保たれた大きな槽に蓄えられ (Photo 6)、そこでいわゆる熟成をさせてから使用しているという説明があった。

この L 字型の建物から程近い場所に 2 階建ての建物がついた温水プールがある。その大きさは日本の 25 m プールを一回り小さくしたものである (Photo 7-1)。このプールは

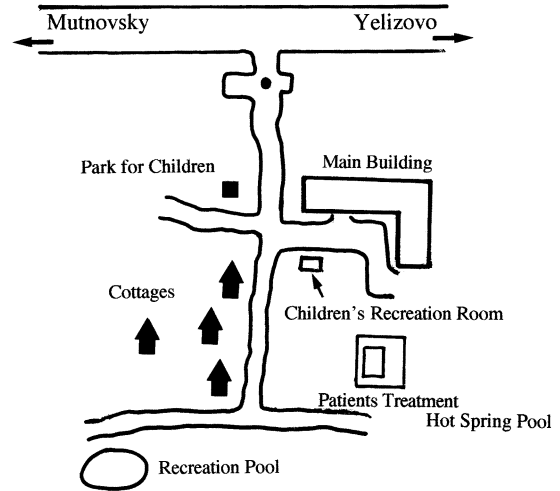


Fig. 3 Map of the sanatorium "Kamchatka" in the Paratunka Hot Spring Area.



Photo 3 Physiological examination/rehabilitation room (in the main building).

医師の許可(処方)がないと入れないのだが、我々は特別な許可をもらい利用する事が出来た。建物内にはビリヤード台やサウナがあり、保養のための遊技施設を伴った場所であった。この医療用プール内には細いノズルから温泉水が勢いよく噴出する設備があり、それは局所のマッサージに用いるためのもので、高さが一定でなくその配管が斜めになっていて、使用する人の身長等により自分に必要なマッサージ場所を選ぶシステムになっている(Photo 7-2)。こちらは利用時間がきちんと決められており、先にも書いた様に利用条件があるのだが、もう一つ別のプールは自由に利用することが出来た。こちらのプールは所々電球が切れていたが夜間照明も完備されており24時間利用可能である。昼間は管理人がいて外来者からは利用料を受け取っているらしいが、我々は滞在者なので出入りは自由であった。暗くなって(夜10時半位から)からは食べ物やアルコールを持ち込んで多くの利用者が訪れていたが、その一つの理由として、管理人がいない夜間はお金がかからないので非常ににぎわっていたと想像する。またこのプールには体を洗うための温水シャワーもあり、私たちはパラトゥンカ滞在中風呂代わりにこのプールを利用させてもらった。ただし、このシャワーに関してはお湯が出ない時があり、ここで我々はカムチャツカでの水シャワーのつらさを何度も味わった次第である。

ところで、近年、カムチャツカに行くと案内されるのが先に書いた高級ホテル・レストラン付きの温水プールである。人々のにぎやかさは変わらず、また設備が整っているのは結構であるが、どうもロシアとしての風情がなくなったようで、少々寂しい思いをしている。

4. パラトゥンカ温泉の化学成分

このパラトゥンカ温泉の広さは約690 km²、総湧出量は最大780 liter/secで、ロシア全土の温泉の中で、有数の湧出量を誇っている温泉である。チュダエフ(Oleg V. Chudaev, 1997, 2000)氏ら



Photo 4-1 : Bathtub used for rehabilitation of patients.



Photo 4-2 : Bubbling system in the bottom of bathtub.



Photo 5-1 : Mud treatment bed.

の長年の研究により、その源泉は基本的に上部パラトゥンカ (Upper Paratunka) 群, 中部パラトゥンカ (Middle Paratunka) 群, 下部パラトゥンカ (Lower Paratunka) 群, カリムシナ (Karymshina) 群の 4 グループに分類されている (Fig. 2). 各温泉群には多くの源泉が存在しているが, チュダエフ氏らの報告に基づきカリムシナ 2 カ所, 上部パラトゥンカ 10 カ所, 中部パラトゥンカ 7 カ所, 下部パラトゥンカ 6 カ所の温泉水の pH, 泉温, 化学分析結果について Table 1 にまとめた. 全体的にパラトゥンカ温泉の温泉水は中性からアルカリ性の温泉であり, Na や SO_4 が多く含まれている. 下部パラトゥンカ群においては高温泉が多く存在し, パラトゥンカの源泉の中でも最高温度の温泉はこの群に属している. 総溶存物質質量に関しても下部パラトゥンカ群に多い傾向が見られた. 溶存物質についてみると Mg 濃度は全体的に低く, 中でも上部パラトゥンカ群, 中部パラトゥンカ群のサンプルにおいては検出限界以下であったが, 逆に Sr 濃度は全体的に非常に高い傾向にあった. 特に Rb, Cs, Li の関係については次のような特徴が見られた. Li 濃度については上部パラトゥンカ群で高く, 下部パラトゥンカ群で低い傾向にあり, Rb 濃度は Li



Photo 5-2 : Patients receiving mud treatment.
(The image obtained from the sanatorium photo disalay)



Photo 6 Mud preparation chamber used to mel-low mud composed of decayed grasses.



Photo 7-1 : For patients treatment hot spring pool.
(According to physician's instructions)



Photo 7-2 : Water massage system. Arrow indicates a nozzle expelling hot spring water into pool for massage.

Table 1 Chemical composition of the water samples from the paratunka geothermal district

(Chudaev, O. V. et al., 2000)

Sample	Temp °C	pH	Eh mV	SEC $\mu\text{S/cm}$	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	HCO ₃ mg/l	SO ₄ mg/l	Cl mg/l	Si mg/l	B mg/l	F mg/l	Br mg/l	I mg/l	Li $\mu\text{g/l}$	Be $\mu\text{g/l}$	Al $\mu\text{g/l}$	
Karymchina																			
Karymchina-1	65.1	7.99	-123	1,560	256	48.7	<0.04	43.9	438	115	24.6	6.13	3.3	0.31	0.06	831	<0.02	4.3	
Karymchina-2	50	7.99	-200	1,000	166	32.9	0.21	33.7	286	79	19.8	3.97	2.16	0.2	0.04	539	<0.02	9.2	
Upper paratunka																			
borehole-1	59.5	8.55		1,280	231	74.5	<0.04	22	521	107	22	5.18	3.6	0.25	0.05	577.7	0.07	57.2	
borehole-2	33.1	8.61	-31	1,480	226	190	<0.04	20.8	814	55	23.1	3.01	2.52	0.16	0.04	317	<0.02	10.7	
borehole-3	58.2	8.78		1,580	231	199	<0.04	20	871	63	24.5	3.1	2.58	0.13	0.04	537.3	0.92	43	
borehole-4	67.7	8.69	-29	1,680	225	192	<0.04	20	823	59.9	23.7	2.83	2.46	0.15	0.04	522.1	0.93	58.7	
borehole- "Hot Vocano"	55.2	8.66	-88	1,370	244	76.4	<0.04	35	536	100	21.9	5.49	3.45	0.26	0.05	572	<0.02	6.6	
borehole-5	44.1	8.92	-65	1,370	233	74.9	<0.04	27	511	105	22.2	5.46	3.21	0.27	0.06	593.9	0.09	41.4	
borehole- "Volcanology"	60.2	8.82		1,220	224	57.3	<0.04	28.2	457	105	24.8	5.27	3.7	0.28	0.05	939.5	1.54	45.4	
borehole- "Volcanology"	53.2	8.96	-99	1,290	225	56.1	<0.04	29	446	105	24.9	5.34	3.29	0.25	0.06	887.4	1.18	36.3	
spring: "Hot Hills"	39	8.36	-197	524	90.5	24.9	0.05	31.7	177	37.8	14.6	1.99	1.32	0.1	0.02	223	<0.02	12.7	
spring: "Hot Hills"	38.6	8.35	-192	521	90.4	25	0.06	38.4	177	38	14.6	1.98	1.26	0.1	0.02	223	<0.01	10.3	
Middle Paratunka																			
borehole-1	15.7	9.26	-44	1,240	227	90.6	<0.04	36	624	30	29.2	1.65	1.56	0.11	0.02	186	<0.02	7.1	
borehole-2	54	8.70	-89	1,690	274	151	<0.04	30	804	60	26.6	2.8	2.04	0.21	0.04	275	<0.02	8	
borehole-3	58.6	8.52	-83	1,560	264	149	<0.04	27	807	71.2	26.5	2.77	2.03	0.19	0.04	239.6	0.04	22.4	
borehole-4	74.6	8.57	-103	1,830	280	162	<0.04	28	834	65	27.5	2.97	2.16	0.22	0.04	269	<0.02	7.5	
borehole-5	86.6	8.50	-133	1,620	264	154	<0.04	27	814	73.1	27.2	2.83	2.01	0.2	0.04	238.2	0.05	24.9	
borehole GK-3	80.8	8.67	-105	1,200	215	85.2	<0.04	32	592	40.4	26	2.09	1.85	0.13	0.02	219.7	0.02	34.8	
borehole GK-6	76.8	8.56	-124	1,230	220	94.1	<0.04	26	620	37.3	23	2.11	1.75	0.12	0.02	222.9	0.04	29.9	
Lower Paratunka																			
borehole G-2	72.3	7.62	-166	1,900	304	216	0.3	28	1,050	53	23.4	1.49	2.32	0.18	0.02	166.8	0.31	25.9	
boreholeG-1	58.0	7.43	-197	1,880	320	203	0.69	36	1,100	42.8	21.9	1.72	2.14	0.14	0.02	151.9	0.03	23	
borehole G-102	96.2	7.93	-102	2,010	334	243	0.11	25	927	265	30.5	1.47	1.79	0.89	0.05	158.7	0.36	40.5	
borehole GK-139	98.4	7.39	-18	2,270	390	200	0.2	35	804	356	40.2	1.68	1.89	1.37	0.07	366.1	0.63	23.5	
borehole 502	71.9	7.62	-96	2,350	333	324	0.34	22	957	371	25.9	1.37	1.94	1.52	0.03	148.5	0.29	19.1	
spring	33.7	7.65		1,230	199	123	3.13	48.7	523	125	24.3	1.54	0.9	0.4	0.02	113.3	0.41	31.5	

Table 1 (continued) (Chudaev, O.V. et al., 2000)

Sample	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	Rb	Sr	Y	Zr	Mo	Cd	Sb	Cs	Ba	La	Tl	Pb	Bi	U	
	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	
Karymchina																						
Karymchina-1	0.1	<0.03	<0.4	0.16	<1	0.34	5.4	18	726	<0.004	0.39	21.2	0.21	34.7	66.9	16.1	0.01	<0.03	0.59	<0.09	<0.01	
Karymchina-2	0.33	<0.03	<0.4	0.16	<1	0.42	5.6	18.7	463	0.04	0.23	17.1	<0.03	18.7	49.9	5	<0.006	<0.03	0.19	<0.09	<0.01	
Upper paratunka																						
borehole-1	1.11	0.1	1.6	1.56	3.9	1.42	10.5	15.7	1,260			22.4	0.13	14	18.7	7.5	0.015	0.04	0.6	0.04	0.003	
borehole-2	0.33	<0.03	0.7	0.14	<1	1.08	4.3	11.1	1,414	0.03	0.74	16	<0.03	10.4	11.3	17.7	<0.006	<0.03	0.35	<0.09	0.01	
borehole-3	0.14	0.4	7.4	2.22	11.5	1.5	6.1	13.7	1,415	0.023		19.5	0.24	11.7	12.1	22.4	0.022	0.39	0.38	0.63	0.409	
borehole-4	0.14	0.39	7.8	1.93	3.3	1.31	5.8	13.4	809	0.024		19.8	0.24	3.4	11.8	23	0.022	0.39	0.18	0.63	0.409	
borehole-"Hot Vocano"	0.07	<0.03	<0.4	0.07	<1	0.7	5.4	12.5	557.6	0.01	0.42	16.5	0.05	19.2	22.1	8.2	<0.006	0.1	0.48	<0.09	0.02	
borehole-5	0.3	0.1	1.7	3.06	5.5	1.42	11.4	16.8	551.3			23.6	0.14	14.8	19.8	7.5	0.009	0.01	0.72	0.04	0.003	
borehole-"Volcanology"	0.85	0.1	1.3	0.92	1.6	1.72	8.2	15.5	249	0.015		31.9	0.12	18	12.2	23.3	0.011	0.19	0.68	0.32	0.205	
borehole-"Volcanology"	0.07	0.1	1.2	0.48	1.6	1.61	8.9	15.4	254	0.013		29.8	0.12	17.4	11.1	24.1	0.011	0.19	0.35	0.32	0.205	
spring-"Hot Hills"	0.56	<0.03	<0.4	0.54	1.7	0.24	2.1	4.1		0.01	2.64	8.4	<0.03	7.9	4.8	1.2	<0.006	0.06	0.27	<0.09	<0.01	
spring-"Hot Hills"	0.6	<0.03	<0.4	0.25	2.1	0.35	2.5	4		0.02	1.02	7.6	<0.03	7.8	5.2	1.3	0.03	<0.03	0.18	<0.09	<0.01	
Middle Paratunka																						
borehole-1	0.47	<0.03	<0.4	0.63	<1	0.61	3.5	15.9	883	<0.004	0.35	18.7	0.06	4.1	4.1	14.6	<0.006	<0.03	0.25	<0.09	<0.01	
borehole-2	0.2	0.03	0.5	0.37	<1	0.79	3.6	14.2	1,370	0.04	<0.11	18.4	<0.03	7.3	7.1	16.7	<0.006	0.04	0.26	<0.09	<0.01	
borehole-3	0.3	0.15	2.2	3.06	3.1	1.41	5.5	18.3			19	0.08	0.08	3.7	6.7	15.7	0.003	0.02	0.34	0.03	0.003	
borehole-4	0.25	<0.03	<0.4	0.27	<1	0.81	3.8	13.7	1,440	0.01	0.26	17.2	<0.03	7.3	6.7	20.9	0.06	<0.03	0.45	<0.09	<0.01	
borehole-5	0.3	0.16	2.6	3.06	3.1	1.45	5.2	18.2			18.8	0.08	0.08	3.9	6.4	19	0.003	0.02	0.31	0.04	0.003	
borehole GK-3	0.3	0.1	1.6	3.06	4.2	1.87	5.5	13.3			20.5	0.1	0.1	3.5	4.6	11.4	0.004	0.01	0.44	0.04	0.003	
borehole GK-6	0.3	0.1	1.5	3.06	3.7	1.48	4.1	11.9			18	0.06	0.06	2.9	4.7	9.6	0.003	0.001	0.37	0.04	0.003	
Lower Paratunka																						
borehole G-2	0.17	0.45	9.4	1.72	9.5	0.29	4.8	13	4,000	0.109		19.6	0.07	1.4	4.3	167	0.019	0.29	0.93	0.61	0.27	
borehole G-1	0.59	0.28	3.8	1.71	9.4	0.23	5.6	11.3			23.7	0.15	0.15	2	4	152	0.005	0.04	0.99	0.08	0.007	
borehole G-102	0.14	0.52	10.3	1.61	7.8	0.55	3.1	24.6	3,153	0.079		14.4	0.16	1.3	8.9	159	0.019	0.29	0.58	0.61	0.27	
borehole GK-139	0.14	0.2	3.4	1.08	8.4	0.49	3.5	36.9	2,382	0.017		18.7	0.24	2.3	19.1	366	0.022	0.39	1.23	0.63	0.409	
borehole 502	0.3	0.77	15.2	2.02	7.2	0.45	3.7	23	3,967	0.101		17.1	0.12	1.3	10.4	149	0.019	0.29	1.01	0.61	0.27	
spring	1.21	0.23	4.4	1.2	1.6	0.25	1.5	8.4	287.2	0.019		12.4	0.12	1.1	0.6	113	0.011	0.19	0.3	0.32	0.205	

濃度と逆の傾向にあった。Cs 濃度についてはカリムシナ群で非常に高く、他 3 群中では上部パラトゥンカ群で高い傾向にあった。また中部パラトゥンカ群の各サンプルについて見ると、Li, Rb の両濃度は量的に上部パラトゥンカ群と下部パラトゥンカ群の中間に位置づけられ、Cs 濃度は 4 群中最低であった。Br/Cl の比については海水に類似しているという特徴が見られた。

各溶存物質の量的関係からみると上部パラトゥンカとカリムシナの温泉群には類似性が認められ、これら 2 群の温泉水の起源が相互に関連あるものと推測された。パラトゥンカ温泉の温泉水は水が岩石の中を通過することによる水と岩石の相互作用や火山ガス等の影響により、Cl, I, Br, B, S 等が水にとけ込んでくることが報告されている。しかし個々の温泉群を比較すると化学成分等に特に大きな差はなく、全体的に見ると、この温泉水はハロゲンやアルカリ土類金属に富んだ Na-SO₄ 型の温泉に分類された。また温泉の湧出に伴って産出するガスは、メタンガスを主成分とする天然ガスであるということも報告されている。

5. おわりに

カムチャツカ半島は地球上でもまれな 3 列の火山列を持ち、海洋性プレートと大陸性プレートが沈み込む場所に位置する。また、He の同位体比の研究により火山のマグマ溜まりが非常に浅いことを意味する結果が得られ、学術的に非常に興味深い場所である。このような島弧火山帯を形成するカムチャツカ半島では、活発な火山活動に伴う熱水が様々な形で人々に対し恩恵を与えているが、特にパラトゥンカ温泉は街から大変に近いので、利用しやすく人々の憩いの場となっている。しかし先に述べたように大量に地熱が存在するこのカムチャツカで、今後、この地熱を入浴以外に有効利用することがカムチャツカ半島のさらなる発展につながるものと期待する。

謝 辞

このようにロシアの温泉を紹介することが出来るのも東京大学大学院総合文化研究科教授高野穆一郎先生がカムチャツカでのフィールドワークにお誘い下さったことに端を発した事である。深く感謝いたします。データを提供して下さい、共同研究者のロシア科学アカデミー極東地質学研究所副所長のオレグ・チュダエフ氏、助言をいただいたロシア科学アカデミーカムチャツカ火山研究所副所長のゲンナディ・カルポフ氏に感謝します。

文 献

- Chudaev, O.V., Chudaeva, V.A., Shand, P., Edmunds, W.M. and Petrov, M.A. (1997) Geochemistry and origin of the two groups of mineral waters in the South Kamchatka, Russia. Proceedings of the 33rd Conference of SITH in Hakone, Kanagawa, Japan, 31-34, Tokyo.
- Chudaev, O.V., Chudaeva, V.A., Карпов, G.A., Edmunds, W.M. and Shand, P. (2000) Геохимия вод Основных Геотермальных Районов Камчатки (Geochemistry of Waters of the Main Geothermal Areas of Kamchatka). 162 p, Владивосток (Vladivostok).
- Fazlullin, S.M., Ushakov, S.V., Shuvalov, R.A., Aoki, M., Nikolaeva, A.G. and Lupikina, E.G. (2000) The 1996 subaqueous eruption at Academii Nauk volcano (Kamchatka) and its effects on Karymsky lake. J. Volcanol. Geotherm. Res., **97**, 181-193.
- Fedotov, S.A. and Masurenkov, Yu. P. ed. (1991) Действующие Вулканы Камчатки Том 1, 2 (Active Volcano of Kamchatka Vol. 1 and 2). 303 p and 416 p, Москва (Moscow).
- Fedotov, S.A. and his group ed. Камчатка Страна Вулканов (Фотоальбом) (Kamchatka The

- Land of Volcanoes (Photo Album)). 221 p, Москва (Moscow).
- 橋井宣二 (1996) カムチャツカの温泉. 温泉, 64, 16-22, 日本温泉協会.
- Karpov, G.A. (1998) Узон Эмля Эапovedная (Uzon A Protected Land). 63 p, Петропавловск-Камчатский (Petropavlovsk-Kamchatky).
- Leonov, V. L., Grib, Ye. N., Karpov, G.A., Sugrobov, V.M., Sugrobova, N.G. and Zubin, M.I. (1991) Uzon Caldera and Valley of Geysers. (Fedotov, S.A. and Masurenkov, Yu. P. ed.) Действующие Вулканы Камчатки Том 2 (Active Volcano of Kamchatka Vol. 2). 138-141, Москва (Moscow).
- 竹内 均 監修 (1986) ニュートンコレクション 生きている地球. 236 p, 教育社・東京.
- 東京新聞 (1992) 1992年10月13日号 (夕刊) 4面, 東京.
- Tuevov I.K. (1988) Asthenosphere of the Okhotsk Sea and adjacent areas. J. Phys. Earth, 36, S 81-S100.
- 上井裕徳 (1995) カムチャツカ半島におけるヘリウム同位体比の研究 平成7年度修士論文, 101 p, 東京大学理学部, 東京.