

樽前山火山観測における湧水および地下水の水質調査報告(1998-2015)

Water quality of springs and groundwater in Tarumai volcano

荻野 激・高橋 良・岡崎紀俊

Tagiru Ogino, Ryo Takahashi and Noritoshi Okazaki

キーワード: 樽前山, 水質, 湧水, 地下水

Key words : Tarumai volcano, water quality, springs, groundwater

I はじめに

当研究所では北海道で活動的な火山である雌阿寒岳, 十勝岳, 樽前山, 有珠山および北海道駒ヶ岳において, 地球物理学的・地球化学的観測による火山活動の現況把握と火山活動システムの解明を目指した調査・研究を継続的に行っている。この中で, 地球化学的観測の一環として, これらの火山周辺の温泉水などの温度や化学成分, 酸素・水素同位体比の変化についてモニタリングを実施している(村山ほか, 2010; Takahashi et al., 2015)。

火山周辺にみられる温泉水・湧水の温度や溶存成分濃度が, 火山活動に伴って変化することは, これまでも多くの火山で報告されている。例えば, 十勝岳の1988-89年の噴火では, 2年前の1986年から十勝岳周辺の温泉の一部で泉温の上昇と溶存成分組成の連続的な変化が観測されている(村山ほか, 1991)。また, 十勝岳では最近火山活動が上昇傾向を示しており, 1988-89年噴火前と類似した水質変動が観測されている(Takahashi et al., 2015)。有珠山の1977年および2000年の噴火では, 噴火に伴う周辺の温泉水・地下水などの温度・溶存成分組成の変化が確認されている(松尾ほか, 1977; 井上ほか, 1980; 山口・堀津, 1984; 我孫子, 1988; 秋田ほか, 2000; 柴田ほか, 2000)。

当研究所では, これまで樽前山において, A火口およびドーム南西噴気孔群(B噴気孔群)の火山ガスの温度測定と採取, 山麓周辺の湧水等(温泉沢, 錦多峰川源流部及び口無沼)における温度, 化学成分の変化など地球化学的観測を実施している。

本報告では, 山麓周辺における1998~2015年までの水質調査の結果を報告するとともに火山活動との関連性について若干の考察を示す。

II 調査地概要

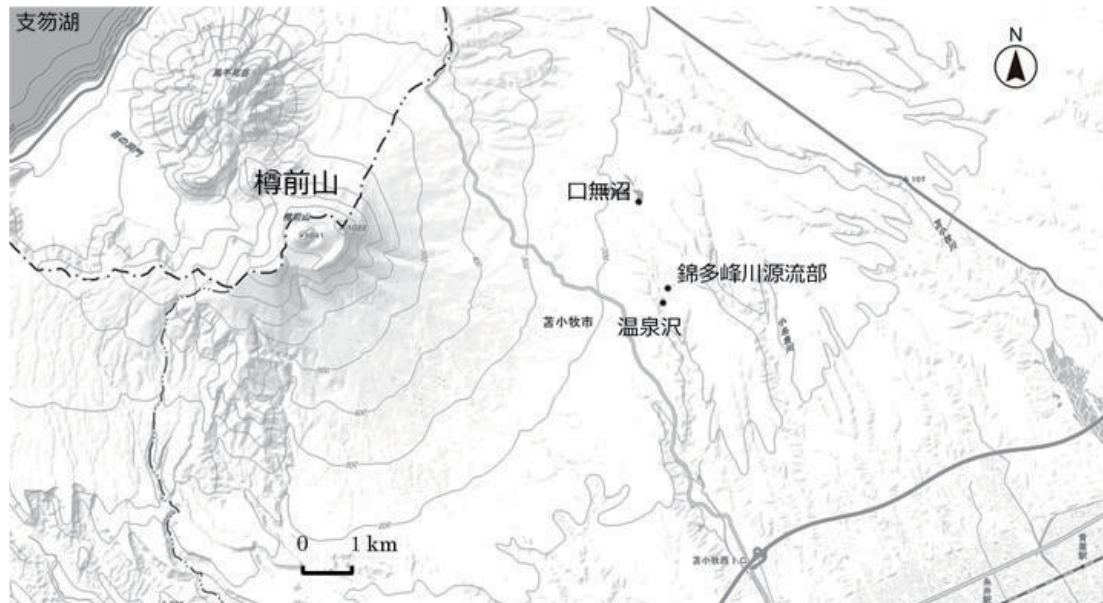
樽前山は, 北海道南西部支笏洞爺国立公園内にあり,

支笏湖の南に位置する。標高は1041mで, 山頂に溶岩ドームを持つ。噴火は, 1978~1980年にごく小規模のものを最後に発生していない。その他, 火口が明るく見える現象が確認されたほか, 2013年に火山性地震の急増などが起きたものの, 比較的静穏な状態が続いている。

山麓周辺の調査地点を, 第1図に示す。口無沼は, 樽前山の東方約6kmの地点にある, 周囲約2kmの浅い沼である。通常は, 水の流入・流出口は不明であるが, 沼の水位が1m程度低下した2003~2006年には, 沼の西側に湧水箇所を確認している。錦多峰川の源流部は, 口無沼から南に約2kmの地点で, 樽前火山噴出物から湧出している(土居, 1955)。錦多峰川は苫小牧市の水源の一つとなっており, 流域面積は42.5km²である(山口ほか, 1963)。温泉沢は, 錦多峰川源流部付近に位置する深度100mのボーリング井(温泉採取深度は不明)である(山口ほか, 1963)。毎分約24Lで自噴しており, 水温が24℃程度とやや高く, 樽前山の熱源との関連が指摘されている(土居, 1955)。

III 調査・分析方法

調査は, 現地において水温およびpH等を測定し, 併せて水質分析用試料の採取を行った。採水した試料は, 実験室に持ち帰り, 後日分析に供した。主成分の濃度については, ナトリウムイオン(Na⁺), カリウムイオン(K⁺), カルシウムイオン(Ca²⁺), マグネシウムイオン(Mg²⁺), 硫酸イオン(SO₄²⁻)および塩化物イオン(Cl⁻)を, 試料を0.2μmのメンブランフィルターで濾過した後, イオンクロマトグラフ法(横河アナリティカルシステム製: IC7000, DIONEX製: LC-25, サーモフィッシャー製: DIONEX ICS-2100)によって, 重炭酸イオン(HCO₃⁻)はメチルオレンジを指示薬として, 0.2MHClによる滴定法で, それぞれ求めた。その他, 鉄(T-Fe)については原子吸光法(日立製作所: Z-6100)で, 砒素(As)については水素化物一原



第1図 調査位置

Fig. 1 Sampling points of springs and groundwaters.

第1表 水質分析結果

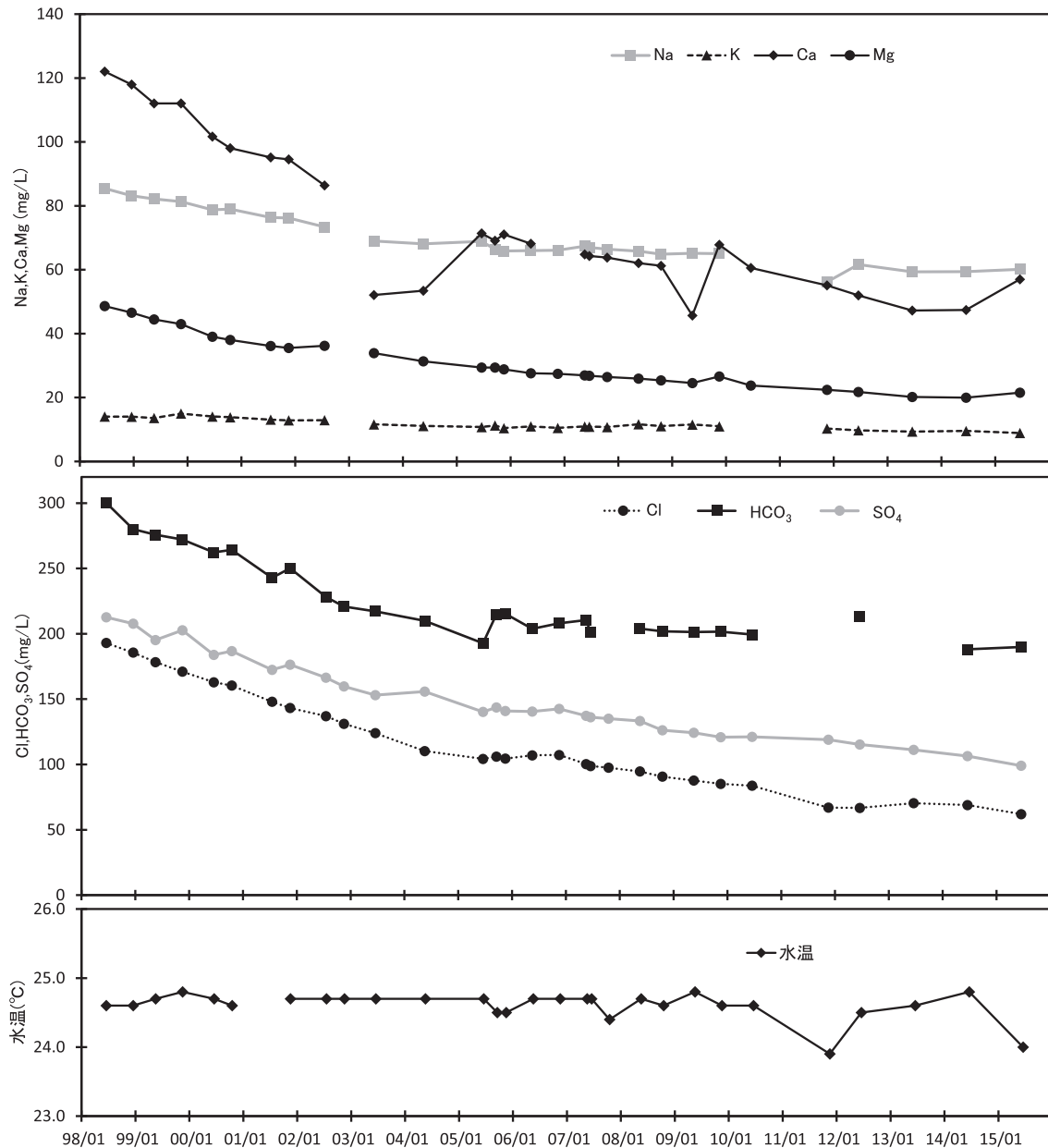
Table 1 Water quality of sampling points.

Sample	採水年月日	水温 °C	pH	流量 L/min	mg/L										
					Cl	HCO ₃	SO ₄	CO ₃	Na	K	Ca	Mg	T-Fe	As	SiO ₂
□無沼	1998/06/11	15.1	-	-	21.7	91.5	50.7	-	25.0	3.4	23.5	9.6	<0.01	-	44.4
□無沼	1998/12/07	0.9	6.8	-	20.8	89.7	48.5	-	24.2	3.8	23.4	9.3	<0.01	-	50.0
□無沼	1999/05/18	14.5	8.3	-	21.3	88.5	49.2	-	24.2	3.4	22.9	9.2	-	-	42.5
□無沼	1999/11/05	7.5	7.9	-	19.3	88.5	47.4	-	23.1	3.9	23.5	8.9	-	-	45.9
□無沼	2000/06/07	17.1	7.4	-	18.9	89.7	44.0	-	22.7	3.2	21.3	8.2	-	-	44.1
□無沼	2000/10/13	13.7	7.1	-	19.7	91.5	45.8	-	23.3	3.7	21.7	8.4	-	-	44.7
□無沼	2001/07/02	-	-	-	21.6	93.4	50.2	-	25.0	4.1	23.4	9.0	-	-	-
□無沼	2001/11/13	6.0	7.4	-	19.9	92.7	47.8	-	23.8	3.7	23.0	8.7	-	-	-
□無沼	2002/07/03	19.2	6.5	-	17.1	-	56.3	-	17.7	1.9	14.5	5.6	-	-	-
□無沼	2002/11/01	6.6	8.1	-	20.6	92.7	48.6	-	-	-	-	-	-	-	-
□無沼	2005/11/01	9.7	8.0	-	21.1	78.7	53.2	4.2	24.7	3.4	24.4	10.2	-	-	-
□無沼	2006/11/20	6.6	7.1	-	21.1	90.3	50.9	-	23.7	3.3	24.2	9.6	-	-	-
□無沼	2007/05/17	16.0	8.6	-	19.3	73.2	48.7	3.6	23.9	3.3	18.0	8.8	-	-	-
□無沼	2007/10/16	9.4	8.9	-	19.7	-	48.3	-	23.7	3.2	16.9	8.6	-	-	-
□無沼	2013/06/04	21.8	8.8	-	19.3	-	47.6	-	24.1	3.3	18.2	8.4	-	-	-
□無沼	2015/06/18	21.1	8.3	-	18.3	94.0	46.5	-	23.7	3.4	23.4	9.1	-	-	-
□無沼湧出口	2003/06/04	13.3	6.7	-	22.8	99.5	55.9	-	26.4	4.3	27.1	11.0	-	-	-
□無沼湧出口	2004/05/13	11.0	6.5	-	20.3	85.4	53.6	-	22.6	3.3	21.9	9.1	-	-	-
□無沼湧出口	2006/05/16	11.8	6.8	-	-	97.0	-	-	25.7	3.6	25.2	10.0	-	-	-
□無沼湧出口付近	2005/06/10	22.3	6.6	22	22.5	93.4	55.4	-	26.4	3.3	26.7	10.8	-	-	-
□無沼湧出口付近	2005/09/06	15.7	6.7	-	21.4	100	52.8	-	25.0	3.4	25.5	10.2	-	-	-

第1表 続き.
Table 1 Continued.

Sample	採水年月日	水温 °C	pH	流量 L/min	mg/L										
					Cl	HCO ₃	SO ₄	CO ₃	Na	K	Ca	Mg	T-Fe	As	SiO ₂
錦多峰川源流部	1998/06/11	14.1	7.1	-	34.5	135	58.2	-	48.3	5.5	25.5	10.1	<0.01	-	59.0
錦多峰川源流部	1998/12/07	14.0	6.8	-	29.8	122	51.4	-	43.5	5.3	23.0	8.9	<0.01	-	58.0
錦多峰川源流部	1999/05/18	14.4	6.9	-	30.1	119	51.5	-	44.2	5.1	23.0	8.8	<0.01	-	58.7
錦多峰川源流部	1999/11/05	13.9	7.0	-	25.1	113	48.0	-	39.9	5.0	21.3	7.7	-	-	57.4
錦多峰川源流部	2000/06/07	13.8	6.8	-	29.5	124	48.2	-	42.1	5.2	21.9	8.5	-	-	54.6
錦多峰川源流部	2000/10/13	13.9	6.8	-	29.1	122	48.5	-	42.6	5.0	22.0	8.4	-	-	56.0
錦多峰川源流部	2001/07/02	-	-	-	25.5	125	44.1	-	40.7	4.7	19.4	7.1	-	-	-
錦多峰川源流部	2001/11/13	13.5	7.1	-	23.6	107	42.3	-	38.0	4.5	18.7	6.7	-	-	-
錦多峰川源流部	2002/07/04	13.7	7.0	-	29.3	118	48.7	-	42.2	5.3	20.8	8.4	-	-	-
錦多峰川源流部	2002/11/01	13.8	7.0	-	30.1	121	49.8	-	-	-	-	-	-	-	-
錦多峰川源流部	2003/06/04	13.7	6.9	-	28.0	113	48.0	-	40.7	4.1	22.5	8.6	-	-	-
錦多峰川源流部	2004/05/14	14.2	6.7	-	37.2	143	67.7	-	49.5	5.8	28.8	12.1	-	-	-
錦多峰川源流部	2005/06/10	14.4	6.6	-	29.8	124	54.0	-	45.3	4.6	25.2	9.6	-	-	-
錦多峰川源流部	2005/09/06	14.3	6.8	-	31.7	135	55.2	-	44.7	4.8	27.2	10.3	-	-	-
錦多峰川源流部	2005/11/01	14.2	6.7	-	31.0	138	54.0	-	44.0	4.9	25.8	10.0	-	-	-
錦多峰川源流部	2006/05/16	14.5	7.1	-	32.7	126	49.2	-	44.7	5.1	25.4	9.5	-	-	-
錦多峰川源流部	2006/11/20	14.3	6.8	-	26.9	121	49.0	-	41.1	4.5	22.7	8.8	-	-	-
錦多峰川源流部	2007/05/17	14.7	7.2	-	30.7	138	54.1	-	45.6	5.2	22.8	9.4	-	-	-
錦多峰川源流部	2007/06/28	14.0	7.1	-	24.2	115	46.3	-	40.7	4.3	18.4	7.1	-	-	-
錦多峰川源流部	2007/10/16	14.3	7.0	-	22.8	-	44.0	-	39.9	4.2	17.4	6.8	-	-	-
錦多峰川源流部	2008/05/19	14.3	7.2	-	23.0	115	41.9	-	41.0	4.8	18.0	6.8	-	-	-
錦多峰川源流部	2008/10/31	13.9	7.3	-	24.2	119	41.9	-	39.9	4.6	18.9	7.1	-	-	-
錦多峰川源流部	2009/05/22	14.1	7.1	-	28.0	128	47.4	-	43.0	5.3	21.8	8.3	-	-	-
錦多峰川源流部	2009/11/19	14.0	7.0	-	33.5	148	55.2	-	47.1	5.8	28.0	10.1	-	-	-
錦多峰川源流部	2010/06/11	14.2	7.0	-	29.6	138	51.1	-	-	-	24.9	9.5	-	-	-
錦多峰川源流部	2011/11/04	-	-	-	18.9	-	39.6	-	33.6	4.1	16.5	6.6	-	-	-
錦多峰川源流部	2012/06/12	13.8	7.0	-	21.9	120	42.9	-	40.3	4.4	17.3	7.3	-	-	-
錦多峰川源流部	2013/06/04	13.5	7.0	-	24.5	-	44.0	-	39.8	4.4	16.4	6.9	-	-	-
錦多峰川源流部	2014/06/03	13.8	6.7	-	24.7	130	45.7	-	40.5	4.3	18.0	7.7	-	-	-
錦多峰川源流部	2015/06/18	13.0	6.7	-	20.3	112	38.6	-	36.7	4.5	30.6	7.2	-	-	-

Sample	採水年月日	水温 °C	pH	流量 L/min	mg/L										
					Cl	HCO ₃	SO ₄	CO ₃	Na	K	Ca	Mg	T-Fe	As	SiO ₂
温泉沢	1998/06/11	24.6	6.9	18	193	300	213	-	85.5	14.0	122	48.6	15.3	-	62.5
温泉沢	1998/12/07	24.6	6.8	-	186	280	208	-	83.1	14.0	118	46.6	13.8	-	85.5
温泉沢	1999/05/18	24.7	6.8	24	178	276	195	-	82.2	13.6	112	44.5	12.7	0.012	79.4
温泉沢	1999/11/05	24.8	6.9	28	171	272	203	-	81.3	15.0	112	43.0	11.0	0.010	78.7
温泉沢	2000/06/07	24.7	6.8	25	163	262	184	-	78.8	14.1	102	39.0	10.2	0.009	82.0
温泉沢	2000/10/13	24.6	6.8	22	160	264	187	-	79.0	13.8	98.0	38.1	10.5	0.009	78.5
温泉沢	2001/07/02	-	-	-	148	243	172	-	76.4	13.1	95.1	36.1	9.7	0.012	-
温泉沢	2001/11/13	24.7	7.0	25	143	250	176	-	76.2	12.9	94.6	35.5	10.3	0.011	-
温泉沢	2002/07/04	24.7	6.8	24	137	228	166	-	73.4	12.9	86.4	36.2	-	-	-
温泉沢	2002/11/01	24.7	7.0	22	131	221	160	-	-	-	-	-	9.1	0.011	-
温泉沢	2003/06/04	24.7	6.8	23	124	217	153	-	69.0	11.6	52.1	33.9	-	-	-
温泉沢	2004/05/13	24.7	6.8	-	110	210	156	-	68.1	11.1	53.4	31.4	-	-	-
温泉沢	2005/06/10	24.7	6.7	24	104	193	140	-	68.9	10.8	71.4	29.4	8.0	0.009	-
温泉沢	2005/09/06	24.5	6.8	25	106	215	144	-	66.4	11.2	69.1	29.4	7.3	-	-
温泉沢	2005/11/01	24.5	6.9	25	104	215	141	-	65.8	10.4	71.1	28.8	-	-	-
温泉沢	2006/05/16	24.7	7.2	25	107	204	140	-	66.0	11.0	68.2	27.6	7.4	0.009	-
温泉沢	2006/11/20	24.7	7.0	25	107	208	143	-	66.1	10.5	-	27.4	7.4	0.016	-
温泉沢	2007/05/17	24.7	7.0	-	100	211	137	-	67.4	10.9	64.8	26.9	7.1	0.017	-
温泉沢	2007/06/28	24.7	7.3	24	98.8	201	136	-	67.0	10.9	64.3	26.8	7.1	0.013	-
温泉沢	2007/10/16	24.4	7.0	24	97.5	-	135	-	66.4	10.8	63.8	26.4	7.4	0.014	-
温泉沢	2008/05/19	24.7	7.0	-	94.6	204	133	-	65.8	11.6	62.1	25.9	6.4	0.005	-
温泉沢	2008/10/31	24.6	7.0	-	90.7	202	126	-	64.8	11.0	61.3	25.3	-	-	-
温泉沢	2009/05/22	24.8	7.2	-	87.7	201	124	-	65.1	11.6	45.7	24.5	-	-	-
温泉沢	2009/11/19	24.6	7.0	-	85.1	202	121	-	65.0	11.0	67.8	26.6	-	-	-
温泉沢	2010/06/11	24.6	7.1	-	83.7	199	121	-	-	-	60.6	23.7	-	-	-
温泉沢	2011/11/04	23.9	7.2	23	67.0	-	119	-	56.2	10.3	55.1	22.4	-	-	-
温泉沢	2012/06/12	24.5	7.1	-	66.7	213	115	-	61.6	9.7	52.0	21.8	-	-	-
温泉沢	2013/06/04	24.6	7.3	-	70.4	-	111	-	59.4	9.4	47.3	20.2	5.2	-	-
温泉沢	2014/06/03	24.8	6.9	-	69.0	188	106	-	59.4	9.6	47.4	20.0	-	-	-
温泉沢	2015/06/18	24.0	6.6	-	62.0	190	99	-	60.1	8.9	57.0	21.5	-	-	-



第2図 温泉沢の水温・溶存成分濃度の推移

Fig. 2 Changes of temperature · concentrations of Onsennsawa.

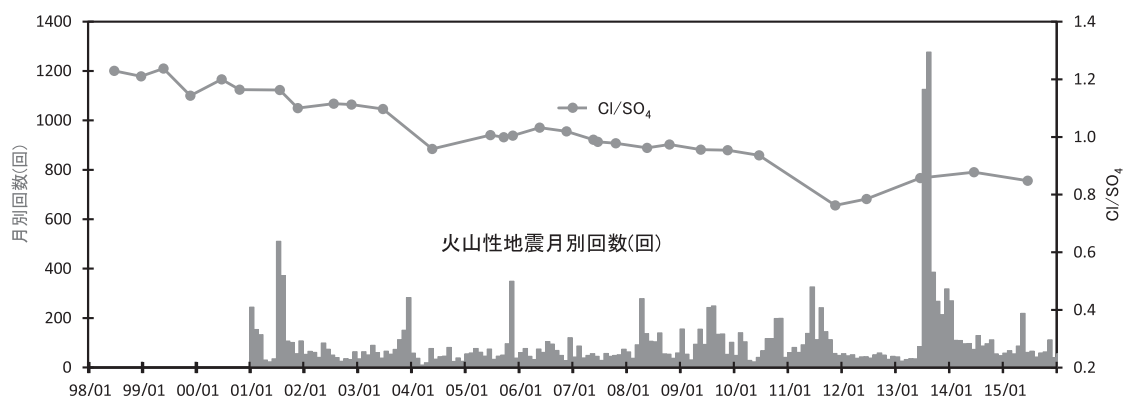
子吸光法(日立製作所: Z-6000)で、ケイ酸(SiO₂)についてはモリブデンイエロー吸光光度法で濃度を求めた。

IV 結果と考察

現地測定の結果と分析結果について、第1表に示す。口無沼は、Cl⁻濃度が17.1~22.8mg/L、HCO₃⁻濃度が73.2~100mg/L、SO₄²⁻濃度が44.0~56.3mg/Lであり、陰イオンでは、HCO₃⁻濃度が5割弱を占める。陽イオンでは、Na⁺とCa²⁺濃度が高く、Na⁺濃度は17.7~26.4mg/L、Ca²⁺濃度は14.5~27.1mg/Lとなっており、NaとCaはほぼ同程度である。

錦多峰川源流部は、水温は13.0~14.7℃で、ほぼ一定である。溶存成分では、Cl⁻濃度が18.9~37.2mg/L、HCO₃⁻濃度が107~148mg/L、SO₄²⁻濃度が38.6~67.7mg/Lであり、陰イオンでは、HCO₃⁻濃度が5割以上を占める。Na⁺濃度は33.6~49.5mg/L、Ca²⁺濃度が16.4~30.6mg/Lで、陽イオンでは、Na⁺がやや高くなっている。錦多峰川源流部は口無沼よりも若干溶存成分の濃度が高くなっている。

温泉沢は、水温が23.9~24.8℃で、ほとんど変化なく安定的である。Cl⁻濃度は62.0~193mg/L、HCO₃⁻濃度は188~300mg/L、SO₄²⁻濃度は99.0~213mg/Lであり、陰イオンでは、HCO₃⁻濃度が高い。Na⁺濃度は



第3図 2000年以降の樽前山地震月別回数と温泉沢のCl/SO₄モル比の推移

Fig. 3 Monthly number of Tarumae volcanic earthquakes of since 2000 and Changes of Cl/SO₄ molar ratio of Onsennsawa.

56.2~85.5 mg/L, Ca²⁺濃度は45.7~122 mg/Lで、陽イオンでは、Caがやや高くなっている。

温泉沢については、他の2地点よりも水温や溶存成分の濃度が高く、先に述べたように、樽前山の熱源との関連が指摘されている。第2図に、温泉沢の水温・溶存成分濃度の推移を示す。この図から、水温は、測定開始からほぼ24~25℃で推移しており、目立った変化は見られない。一方、各成分の濃度は、観測開始から若干の増減を繰り返しながら、減少傾向を示しており、2015年まででCl⁻濃度が68%、SO₄²⁻濃度及びCa濃度が約54%と特に減少幅が大きい。

温泉沢の溶存成分濃度の減少傾向の要因の一つとして、火山活動による地下の状態変化(地下水・火山性ガスの流動状況変化)の可能性が考えられる。火山活動との関連性について検討するため、第3図に、札幌管区気象台が観測している樽前山の2000年以降の火山性地震の月別発生回数と温泉沢の溶存成分のなかで、ClとSO₄のモル比(Cl/SO₄)の経年変化を示す。Cl/SO₄のモル比は、十勝岳では火山活動との関連性が指摘されており、火山活動の活発化とともに値が高くなることが確認されている(村山ほか, 2010; Takahashi et al., 2015)。この図から、火山性地震が300回以上となった2001年7月~8月と2005年7月、1100回以上となった2013年7月と8月の、それぞれの時期において、その前後の期間でのCl/SO₄のモル比は、特に目立った変化は無く、また水温やほかの成分についても、同時期に目立った変化は確認できない。したがって、現時点では、温泉沢の溶存成分の変化と火山活動との関連性を示す明確な観測・測定結果は得られておらず、関連性については不明である。

V おわりに

樽前山は、1978~1980年にごく小規模の噴火が最後で、近年は比較的静穏な状態が続いている。このた

め樽前山では、十勝岳や有珠山で確認されている火山周辺の温泉等の温度・成分組成の変化と火山活動との関連性については、データの蓄積がまだ十分ではない。今後も樽前山周辺の地下水・湧水の水質調査を継続し、長期的なデータの解析を行うことにより、火山活動の現状把握と火山活動のメカニズムの解明に資する資料を提供したい。

謝 辞

本調査において、札幌管区気象台からは、調査を行う際に必要な情報および樽前山の地震データについて提供していただいた。また当研究所の多くの職員には、試料採取にご協力をいただいた。ここに記して、これらの方々に深く感謝いたします。

文 献

- 我孫子勤(1988):火山活動と温泉水の成分変化。化学と工業, 41, 924-926.
- 秋田藤夫・柴田智郎・鈴木敦生・松島喜雄・佐藤 努(2000):有珠山噴火に伴う温泉・地下水の変化。温泉科学, 50, 43-46.
- 土居繁雄(1955):錦多峯川上流の温泉湧出地点地質調査報告。北海道立地下資源調査所, 依頼調査報告綴り。
- 井上勝弘・北山正治・佐藤洋子・都築俊文・伊藤八十男(1980):1977年の有珠山噴火後に生じた洞爺, 壮瞥温泉群の泉質変化。北海道立衛生研究所所報, 30, 57-62.
- 松尾禎士・日下部実・千葉 仁・牛木久雄・小坂丈子・平林順一・安孫子勤・野津憲治・小沢竹二郎・荒牧重雄・佐藤和郎・林 保・佐藤 純・藤井直之(1977):1977年有珠山噴火直後の地下水, 温泉水および火山灰の地球化学的研究。火山, 20, 201-220.
- 村山泰司・大島弘光・秋田藤夫・高見雅三(1991):1986年から1989年までの十勝岳火山山麓温泉の泉質変化。地下資源調査研究報告, 20, 13-26.

- 村山泰司・岡崎紀俊・石丸 聡・田村 慎・荻野 激・柴田智郎(2010): 雌阿寒岳の化学的長期観測(1986-2009年). 北海道立地質研究所報告, 81, 45-64.
- 柴田智郎・秋田藤夫・鈴木隆広・高橋徹哉・藤本和徳・鈴木敦生・佐藤 努・松島喜雄(2000): 有珠山噴火に伴う温泉水・地下水・河川水の水質調査報告. 北海道立地質研究所報告, 72, 139-143.
- Takahashi, R., Shibata, T., Murayama, Y., Ogino, T. and Okazaki, N. (2015): Temporal changes in thermal waters related to volcanic activity of Tokachidake Volcano, Japan: implications for forecasting future eruptions. *Bull. Volcanol.*, 77, DOI 10. 1007/s00445-014-0887-6.
- 山口久之助・二間瀬 洌・小原常弘・国府谷盛明・早川福利(1963): 北海道水理地質図福 苦小牧・室蘭 および説明書. 北海道立地下資源調査所. 51p.
- 山口久之助・堀津多三郎(1984): 洞爺湖温泉におよぼした1977-1978有珠山噴火の影響. 主要活火山の集中総合観測報告, 105-116.