

# 1997年5月11日に発生した秋田県澄川温泉 地すべりに関連した緊急温泉・鉱泉水質調査

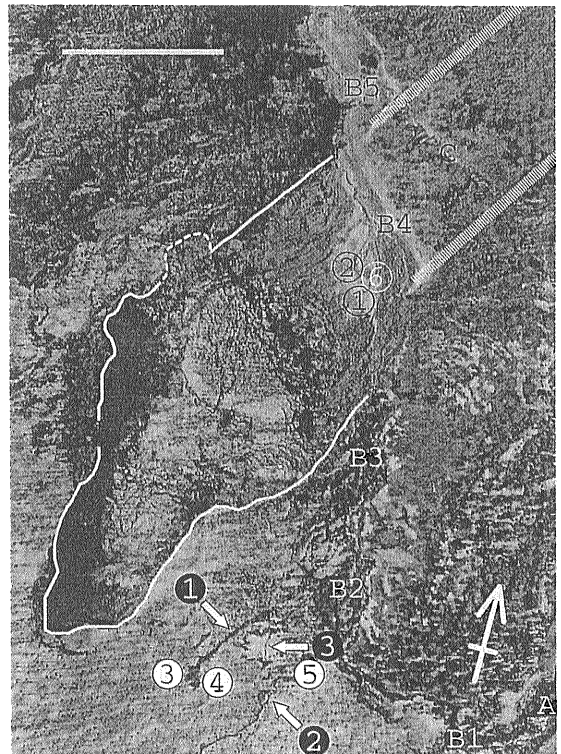
高橋 正明<sup>1)</sup>・遠藤 秀典<sup>2)</sup>

## 1. はじめに

本年5月11日に秋田県鹿角市八幡平の澄川温泉付近で地すべりと水蒸気爆発が発生した。直後に撮影された空中写真に、1)地すべりの起きた斜面の南隣りの斜面上(地すべり側方崖の約150~250m南東の雪原上、以下「南隣斜面」と呼ぶことにする)に「水」が流れた跡が2ヵ所見られること(第1図の①と②、以下便宜的に「沢」と呼ぶことにする)、および2)①と②の沢の間の雪原上に黒い線が見られ(第1図の③)、しかも①の沢の北東斜面(第1図の①とB1の間付近)から②の沢の源頭部付近まで連続的に存在しているように見えるため、これらが今回の地すべりと水蒸気爆発に関連して出現した「泉」や「温泉・鉱泉」、あるいは開口亀裂である可能性について調査することと、アプローチが可能であれば水蒸気爆発が起きたと推定される澄川温泉付近の状況について踏査することを目的として、5月17日~20日に緊急調査を行った。

## 2. 「南隣斜面」の調査

「南隣斜面」の調査は5月18日に行った。大沼(第1図のA)から澄川(第1図のB)に沿う登山道を澄川温泉方向に進むと、②の沢との交差予定地点(第1図の⑤付近)には橋が設置され、相当量の沢水が流下しているのが見られた。水温は低く清澄で無味であった。さらに進むと①の沢との交差予定地点(第2図のB2付近)には数ヵ所沢水を流下させる溝と横杭が設置され、澄川温泉よりの1



第1図 試料採取位置図。①~⑤が水試料採取地点。⑥が泥・砂試料採取地点。澄川温泉は①②付近に存在していた。スケールは250m。白実線は地すべりの滑落崖と側方崖。白破線部分では地すべり堆積物が逆に斜面に乗り上げている。水蒸気爆発は①②付近で発生したと推定されている。白太破線の内側が帯状降灰範囲。Aは大沼の西南端。澄川はB1からB4へと流下し、B5付近で赤川(C)と合流している。基図には国際航業株式会社が5月12日に撮影した空中写真を使用。

1) 地質調査所 地殻熱部  
2) 地質調査所 環境地質部

キーワード: 澄川, 地すべり, 緊急調査, 酸性硫酸塩型温泉, 変質帯

ヵ所では②の沢よりは遥かに少量であるものの沢水が流下しているのが見られた。水温は低く清澄ではあったが飲んでみると「鉄気(かなげ)」がした。この沢の上流部は湿地帯かなと思った。しかし①の沢にしる②の沢にしる登山道との交差点に橋や溝・横杭が設置されていることから、直感的に今回の地すべりと水蒸気爆発に関連して突然出現した現象ではないことが感じとられた。これで緊急調査の第1目的は達したと正直ほっとした気分になった。1)と2)の調査の詳細は以下のようであった。

1) ①の沢の上流部には23℃の湧水が存在していた(湧出量は15~20ℓ/min程度、第1図の③)。湧出口付近では硫化水素臭がしていたことから、この湧水はおそらく鉱泉であろうと推定された。鉱泉湧出口付近の水たまりには硫黄が落葉に付着した状態で存在し、落口の岩には藻が密生しているのが見られたので、この鉱泉が今回新たに湧出したものではないと判断された。

鉱泉湧出口の南約10mには水温5℃の沢水が流下していた(第1図の④)。③の鉱泉と④の沢が合流して①の沢になっている。①の沢が「鉄気」味であるのは③の鉱泉の影響であろうと推定される。また、②には水温約8℃の沢水が流下していた(第1図の⑤)にて試料採取。現地で行った水温、pH、導電率の測定および陰イオン(塩化物イオン、硫酸イオン、重炭酸イオン)濃度の分析から、④の試料も⑤の試料も低温・中性の極めて低濃度であり、雪解け水あるいは通常の沢水であることが示唆された。これらのことから①や②の沢は、春先には恒常的に存在するものであり、特に今回新たに湧出したものではないと判断された。

2) ⑤に見えた雪原は調査を行った18日には一面のミズバショウの原になっていた。空中写真で黒く見えた線の付近には導水管が存在していた。導水管は澄川温泉の方向から②の沢の源頭部方向に伸びていた。①の沢と②の沢の水量、あるいは①の沢の上流部には③の鉱泉が存在していることを考えると、②の沢の源頭部から導水することは当然のことであると感じられた。導水管の周辺のミズバショウのみが特に大きく成長していたことから、⑤に見えた黒い線は導水管周辺の雪原が溶けた結果であると考えることが出来る。

このように1)、2)の現象とも、今回の地すべり、

水蒸気爆発に関連して出現したのではないことが判明した。

### 3. 澄川温泉付近の調査

澄川温泉付近の調査は5月18日と翌19日に行った。「南隣斜面」の沢の調査の後、大沼から澄川温泉に向かう登山道をさらに北に進むと、第1図のB3付近で地すべりの側方崖に達した。この地点で登山道は寸断されていたので、地すべり塊の上を調査しながら澄川温泉付近(第1図の①・②)に達した。澄川温泉付近は「灰色」の世界となっていた。ぶなの大木があちこちに倒れ、中には幹が裂け泥・砂が詰まった木もあったのでこの付近が水蒸気爆発の中心部であろうと感じられた(調査の詳細については本誌遠藤・高橋(1997)に掲載されています)。足元から「怖気」が這い登ってくるのを感じつつも、この付近から水試料2つと泥・砂試料1つを採取した。詳細を以下に示す。

(試料①) 澄川温泉付近から流出する2つの沢のうち、より南側の沢から採取。付近には97.8℃の噴気が存在していた(本号;口絵4参照)。噴気孔付近では硫化水素臭がし、噴気孔付近にある岩石には硫黄が析出し始めていた。

(試料②) 上記試料①採取地点の北西約50mを流れる第2の沢から採取。この沢の源頭部付近にも噴気が存在していた。

(試料⑥) 試料①の北東側で採取した灰色の泥・砂試料を遠心分離して得られた水試料。遠心分離は、pF1.8(60cmH<sub>2</sub>O)の負圧、pF3.0(1,000cmH<sub>2</sub>O)の負圧、pF4.0(10,000cmH<sub>2</sub>O)の負圧の3段階で行われたが、pF1.8の負圧、pF3.0の負圧では水試料は分離されず、pF4.0の負圧で初めて約500mlの泥・砂試料から7mlの試料水が得られた。この水は自由水のうち懸垂水と呼ばれる水であるが、吸湿水(結合水)に近い水であると考えられる(八幡(1975)を参照)。

各試料の水質分析の結果を第1表に示した。

### 4. 結果の解析(今後の調査へのまとめを兼ねて)

第1表に示したように、試料①・②・⑥の水質は試料③と同様に塩化物イオン濃度が極めて低く、

第1表 水質分析値一覧 重炭酸イオン以外の陰イオンと全ての陽イオンはイオンクロマト(Yokogawa IC7000-PR)にて濃度分析を行った。分析条件は以下の通りである。第1流路(陰イオン分析用)の構成;分離カラム(ICS-A23),ケミカルサプレッサ,電気伝導度検出器:溶離液(3.0mM炭酸ナトリウム溶液),除去液(15mM硫酸),流量(1ml/min)。第2流路(陽イオン分析用)の構成;分離カラム(ICS-CS12),エレクトロサプレッサ(CSRS-1),電気伝導度検出器:溶離液(18mMメタンスルホン酸溶液),流量(1ml/min)。重炭酸イオン濃度はフェノールフタレイン酸度を,遊離炭酸濃度はメチルオレンジアルカリ度を,それぞれ換算した。現地で,塩化物イオン濃度をジフェニルカルバゾンを指示薬とする硝酸水銀滴定法にて,硫酸イオン濃度を硫酸バリウム比色法にて,それぞれ分析したが,分析結果はイオンクロマトによる分析と概略一致している。試料6のみは僅量であったため,pHはpH試験紙で分析し,重炭酸イオン濃度は陽イオンと陰イオンのバランスから計算した。

	水温 (°C)	pH	導電率 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Na ( $\text{mg}/\text{L}$ )	K ( $\text{mg}/\text{L}$ )	Mg ( $\text{mg}/\text{L}$ )	Ca ( $\text{mg}/\text{L}$ )	$\text{NH}_4$ ( $\text{mg}/\text{L}$ )
澄川 ①	25.4	7.25	246.	21.2	5.64	8.37	18.1	
澄川 ②	30.7	6.30	301.	19.7	6.59	9.41	27.2	
澄川 ③	22.8	6.19	273.	22.3	7.41	8.44	20.7	
澄川 ④	4.7	7.45	27.2	2.41	0.66	0.54	1.27	
澄川 ⑤	7.6	7.40	83.4	4.46	1.10	1.88	4.01	
澄川 ⑥		5.		37.1	11.6	11.4	394.	0.17
叫沢	90.7	1.97		25.0	8.50	32.5	49.0	7.2
後生掛温泉	96.5	1.98		16.0	3.55	77.5	51.0	5.8
澄川温泉	76.0	2.08		4.15	3.00	18.5	12.3	0.08
秋田焼山	83.3	2.10		7.50	8.00	6.75	5.50	7.4
赤川温泉	42.7	2.85		11.9	1.88	7.25	12.0	0.00
蒸ノ湯温泉	96.9	4.23		60.0	23.8	14.0	100.	15.8
安比温泉	47.3	4.40		39.0	4.00	3.50	270.	0.0
蛇ノ湯	40.2	7.47		88.5	2.05	0.15	128.	0.0
H-21坑	33.0	7.70		195.	13.4	19.2	462.	

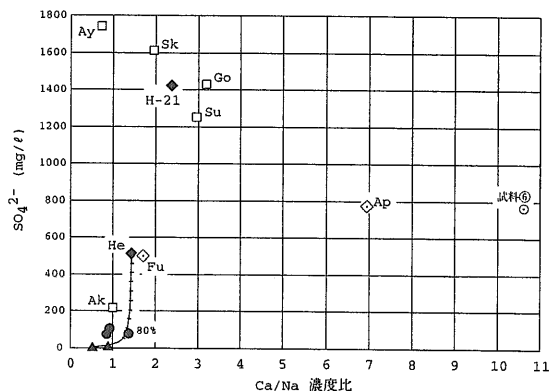
	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	F	free CO <sub>2</sub>	cation	anion
	( $\text{mg}/\text{L}$ )	( $\text{mg}/\text{L}$ )	( $\text{mg}/\text{L}$ )	( $\text{mg}/\text{L}$ )	( $\text{mg}/\text{L}$ )	( $\text{mg}/\text{L}$ )	( $\text{meq}/\text{L}$ )	( $\text{meq}/\text{L}$ )
澄川 ①	5.84	79.3	55.6	0.08		31.7	2.66	2.73
澄川 ②	6.53	83.8	64.7	0.22		123.	3.15	2.99
澄川 ③	5.61	110.6	24.3		0.23	74.9	2.89	2.87
澄川 ④	2.61	5.03	4.61	0.69		9.63	0.23	0.27
澄川 ⑤	2.84	8.47	17.3		0.02	15.7	0.58	0.54
澄川 ⑥	8.48	768.	(380.)	4.39			22.5	(22.5)
叫沢	76.	1610.	0.		0.1			
後生掛温泉	1.	1430.	0.		0.5			(後生掛温泉紺屋地獄)
澄川温泉	5.	1250.	0.		0.3			
秋田焼山	2.	1740.	0.		0.3			(秋田焼山火口)
赤川温泉	7.	218.	0.		0.4			
蒸ノ湯温泉	42.	500.	12.2		0.1			
安比温泉	6.	768.	6.10		1.6			
蛇ノ湯	10.	511.	24.0		0.8			
H-21坑	55.8	1420.	19.					(御在所温泉付近)

硫酸イオン濃度,重炭酸イオン濃度が高いという特徴を持つ。このことから,少なくとも塩化水素ガスを多量に含む高温の火山ガスがこれらの温泉・鉱泉の形成,すなわち今回の水蒸気爆発に参与している可能性はないことが推定できた。

第1表下段に,秋田焼山,八幡平周辺に分布する塩化物イオン濃度が低く,硫酸イオン濃度が高い温泉,坑井水の水質分析値を掲載した(出典は,茂野・阿部(1987)及び野田ほか(1987))。野田ほか(1987)は,(a)硫酸イオン濃度は高いがpHが低い温泉(酸性硫酸塩型の温泉)は,噴気地内で噴気ガスの吹き込みにより生じる沸騰点に近い温度を有する水(起源地Fと呼ばれている)に起因し,一方(b)硫酸イオン濃度が高くpHも高い温泉(弱

酸性~中性硫酸塩型)は,変質帯で生じる低温水(起源地G・Hと呼ばれている)に起因すると述べている。また,第1表下段に掲げた温泉のうち,叫沢から赤川温泉までは起源地Fの寄与が大きく,蒸ノ湯温泉から蛇ノ湯の温泉水とH-21坑内水とは起源地G・Hの寄与が大きいことも示している。

第2図に,第1表に示した試料分析値・文献値の硫酸イオン濃度とCa/Na濃度比の関係を示した。この図から,安比温泉と試料⑥を除くと大部分の試料水,温泉水(文献値)は相対的にCa/Na濃度比が小さいという特徴を共通して持っていることがわかる。このことは野田(1987)が示した起源地Fと起源地G・Hとは,共通した地質条件下で形成さ



第2図 硫酸イオン濃度とカルシウム/ナトリウム濃度比の関係。○：今回採取した温泉・鉱泉・土壌水試料(試料①②③⑥)，△：今回採取した河川水試料(試料④⑤)，□：酸性硫酸塩型温泉(文献値)，◇：弱酸性～中性硫酸塩型温泉(文献値)。上記の記号のうち中点は弱酸性，濃灰色は中性の試料分析値および文献値。Ak：赤川温泉，Ap：安比温泉，Ay：秋田焼山，Fu：蒸ノ湯温泉，Go：後生掛温泉，H21：H-21坑内水，He：蛇ノ湯，Sk：叫沢，Su：澄川温泉。混合線は蛇ノ湯温泉水と試料④が混合した場合を示したもの。蛇ノ湯温泉水と河川水(試料④)が2:8で混合すれば試料①②③と同様の組成の温泉水が形成されることを示している。

れている可能性を示唆している(変質帯，噴気ガス，浅層地下水という「素」は同じであるが「混合率」が異なるという意味で，「混合率」が変化すれば，起源地Fが起源地G・Hに，起源地G・Hが起源地Fにそれぞれ変化し得ることを示している)。試料①・②について考えてみると，一方では起源地G・Hの関与を示唆する中性硫酸塩(一重炭酸塩)型の水質を示しているが，他方では付近の98℃の硫化水素を伴う噴気存在が起源地Fの形成の可能性を暗示している。ここから，試料水①・②は地下水が噴気に暖められて形成された水，現状では起源地G・Hに類似しているが，将来的には起源地Fに進化する可能性を持つ水であると考えることが出来る。

一方，試料③は鉱泉としてすでに恒常的に存在していることを考えると，起源地G・Hの形成機構，すなわち変質帯内の低温水であると考えることが出来る。

さて試料⑥は弱酸性の硫酸塩一重炭酸塩型の組

成であるが，第2図にも示したように，硫酸イオン濃度に対して相対的にCa/Na濃度比が大きいう特徴を持っている。このような特徴を持つ温泉水は秋田焼山・八幡平周辺地域では八幡平北東の安比温泉のみに認められている(野田ほか(1987)では，起源地Gの寄与が50%と計算されている)。安比温泉は，河野・上村(1954)の松尾・八幡平付近の調査では最大級の規模である懸崖の長さ2,000mに達する安比川西方の地すべり(角ほか(1987)の「茶臼岳-2」地すべり)の末端部に位置している温泉である。試料⑥はpF4.0という高い負圧がないと抽出されない，土壌と結合した水に近い性質を持っていることを考え合わせると，変質帯内部に非常に長時間保持されている水で，大規模な地すべりの発生等何からの「絞り出し」機構がないと地表に出現出来ない水である可能性が考えられる。このような水の形成機構あるいは湧出機構については，今後秋田焼山，八幡平地域に存在する弱酸性～中性の硫酸塩型温泉の研究によってさらに詳細に解明していく必要があると考えられる。

謝辞：地質調査所環境地質部の安原正也博士には澄川温泉付近で採取した砂・泥試料の遠心分離をしていただいた。同部石井武政博士には拙稿を読んでいただき原稿の不備について重要な指摘をいただいた。ここに記して深甚なる謝意を表します。

参 考 文 献

遠藤秀典・高橋正明(1997)：秋田県澄川温泉における地すべりと水蒸気爆発・岩屑なだれ堆積物。地質ニュース，no.515，35-43。  
 河野義礼・上村不二雄(1954)：松尾・八幡平硫黄硫化鉄鉱床地帯地質調査報告。地質調査所報告，no.158，13p。  
 八幡敏男(1975)：土壌の物理。東京大学出版会，181p。  
 野田徹郎・阿部喜久男・竹野直人・高橋正明(1987)：坑井水化学調査から推定される仙岩地域の熱水系。地質調査所報告，no.266，295-319。  
 茂野 博・阿部喜久男(1987)：温泉・噴気の化学に基づく仙岩地域地熱系の概念的モデル。地質調査所報告，no.266，251-283。  
 角 清愛・池田一雄・斉藤敬三・須藤 茂(1987)：仙岩地熱地域及びその周辺地域における地すべり地形の分布。地質調査所報告，no.266，159-198。

TAKAHASHI Masaaki and ENDO Hidenori (1997) : Geochemical survey for hot and mineral springs, related to the 1997 May 11 Sumikawa landslide, Akita Prefecture.

< 受付：1997年6月10日 >