

東大雪山系丸山火山の最新の活動*

帯広畜産大学 環境土壌学研究室*²

帯広畜産大学 地学研究室*³

北海道大学理学部地質学鉱物学教室*⁴

北海道大学理学部地震予知観測地域センター*⁵

1 はじめに

丸山火山(1,691.9m, 43° 25' N, 143° 02' E)は、北海道中央高地の大雪山国立公園南東部にあり、東大雪山系ウベサンケ山-ニペソツの中間に位置している。本火山の位置は十勝岳の東方28 km地点に相当するが、これまで本格的な火山調査は行われていない。地質調査として、山頂部の爆裂火口と周辺に存在する硫黄・褐鉄鉱床に関する報告(菊地・五十嵐, 1955)¹⁾および5万分の1地質図幅の調査報告(山岸・松波, 1976)²⁾があるにすぎない。

丸山火山の構造については不明な点が多いが、更新世末期(?)に日高帯の剪断帯に沿って、普通輝石しそ輝石安山岩を主体とする溶岩流の噴出により山体を形成、その後、山頂から北西方向の火口をかけ3~4個の溶岩円頂丘を形成したと考えられる。この溶岩円頂丘群は、石英含有しそ輝石普通輝石角閃石安山岩からなる。山頂部の北西側に爆裂火口群があり、これより北西方向に延びる尾根の北東山腹に噴気活動のあることは知られていたが、火山地質の詳細と最近の活動等については未調査であった。本火山は、これまで噴火記録がないとされていたため、気象庁(1984)の日本活火山総覧³⁾には記述されていない。

1988年12月16日~1989年3月5日の十勝岳噴火活動中、1989年1月14日からニペソツ山(2,013m)と丸山火山の北西部を震源地とする群発地震が発生した(鈴木ほか, 1989⁴⁾; 岡田ほか, 1989⁵⁾; 清水ほか, 1989⁶⁾)。4月から12月の継続観測では、詳細な震央分布と周辺の断層・温泉分布との関係および丸山の火山活動と群発地震との関係などが考察された(鈴木ほか, 1989⁷⁾; 北海道大学理学部⁸⁾)。

すなわち、前回報告⁸⁾した北海道十勝支庁北部の群発地震活動(最大M4.4)は、12月現在も弱いながらも続いている。第1図に定常観測網で検知されたM1.5以上の地震回数を示す。活発であった1989年1~3月以後、6月初旬と7月下旬に地震回数がやや増加した。十勝岳の火山活動、とくに火山性地震(西村ほか, 1989)⁹⁾と今回の群発地震活動とに若干の関連があると考えられる。

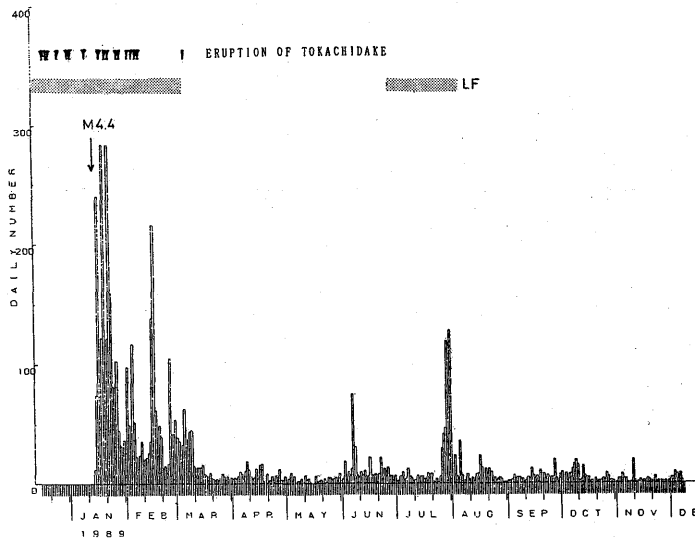
第2図に臨時観測による震央分布を示した。丸山火山を中心にして見ると、今まで北西側で活発であったものが、10月には南南東側でも集中的に起こっている。これにより、丸山を挟むように震源が分布しているようにみえる(第3図)。震央の線状配列の方向(北西-南東)は、後で詳しく述べる丸山火山の爆裂火口群の配列および最大地震M4.4のメカニズム解P軸のものとほぼ同じである。

1989年7月15, 16日、丸山山頂部の爆裂火口周辺の地質学および地球物理学的調査が帯広畜産大学と北海道大学により実施され、その成果の一部が公表された(近堂ほか, 1989)¹⁰⁾。

* Received Dec. 25, 1989

* 2 近堂祐弘 * 3 小柳敏郎 * 4 河内晋平・中川光弘・勝井義雄 * 5 鈴木貞臣

この報文では、本火山の火山地形、とくに爆裂火口群、爆発噴出物の性質と年代、硫黄孔の温度および樹木の年輪年代測定の概要を報告する。ついで野外調査の直後、地元の郷土史研究家井上 寿氏により発見された明治31年12月の本火山の活動記録について紹介し、この火山が中・小規模の水蒸気爆発などを起こす可能性をもっている点について述べる。さらに、丸山火山が日本活火山総覧に登載され、その火山観測と防災について今後適切な対策がとられることを提案したい。

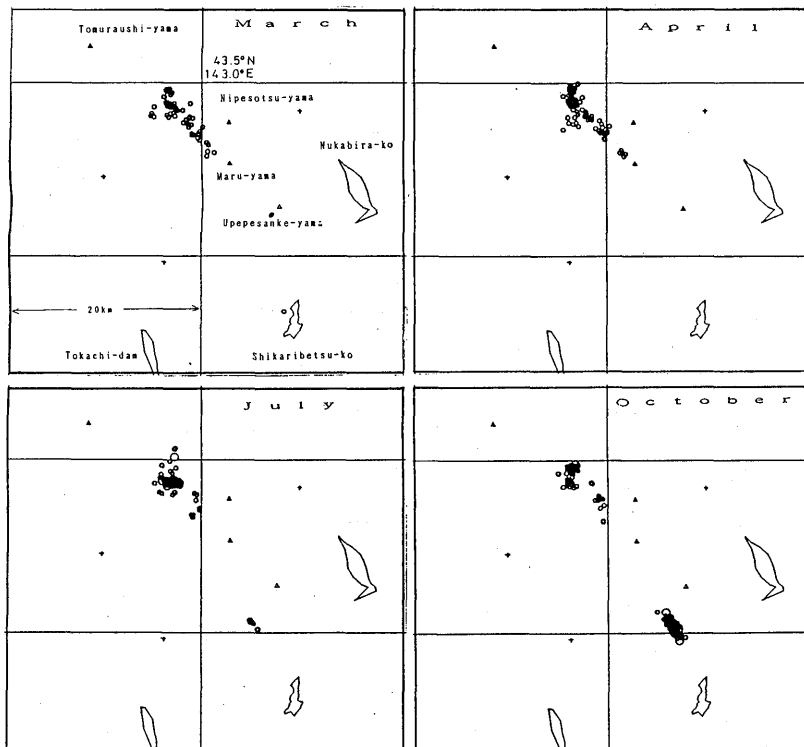


第1図 1989年十勝支庁北部の群発地震 ($M \geq 1.5$) の日別回数 (北大理学部地震予知観測地域センター)。上部に十勝岳の噴火と長周期地震 (LF) の活動期 (西村ほか, 1989) ⁹⁾を示す。

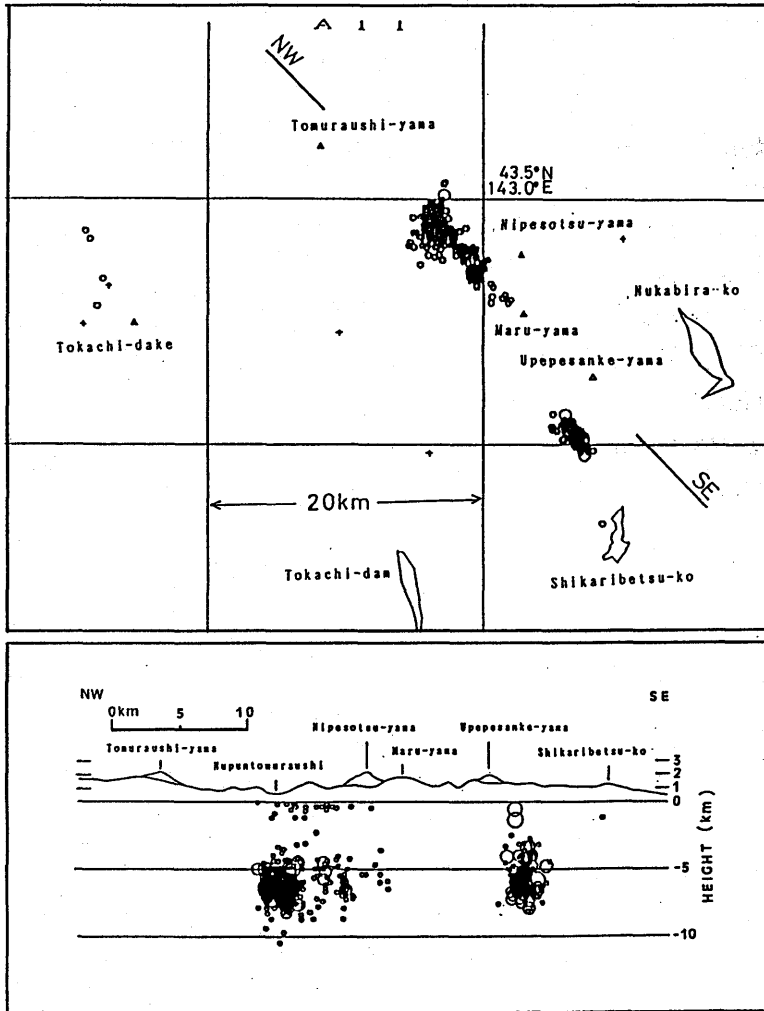
Fig. 1 Daily number of the 1989 earthquake swarm ($M \geq 1.5$) of the northern Tokachi district.

(Source of data : Research Center for Earthquake Prediction, Faculty of Science, Hokkaido Univ.)

Solid triangle indicates eruptions of Tokachi-dake.



第2図 1989年十勝支庁北部の群発地震の震央分布(1989年3月-10月)
 Fig. 2 Epicenter distribution of the 1989 earthquake swarms of the northern Tokachi district (March to October, 1989).
 (Source of data : Research Center for Earthquake Prediction, Faculty of Science, Hokkaido Univ.).



第3図 1989年十勝支庁北部の群発地震の震源分布（北大理学部地震観測地域センター）
 Fig. 3 Hypocenter distribution of the 1989 earthquake swarms of the northern Tokachi district.
 (Source of data : Research Center for Earthquake Prediction, Faculty of Science, Hokkaido Univ.).

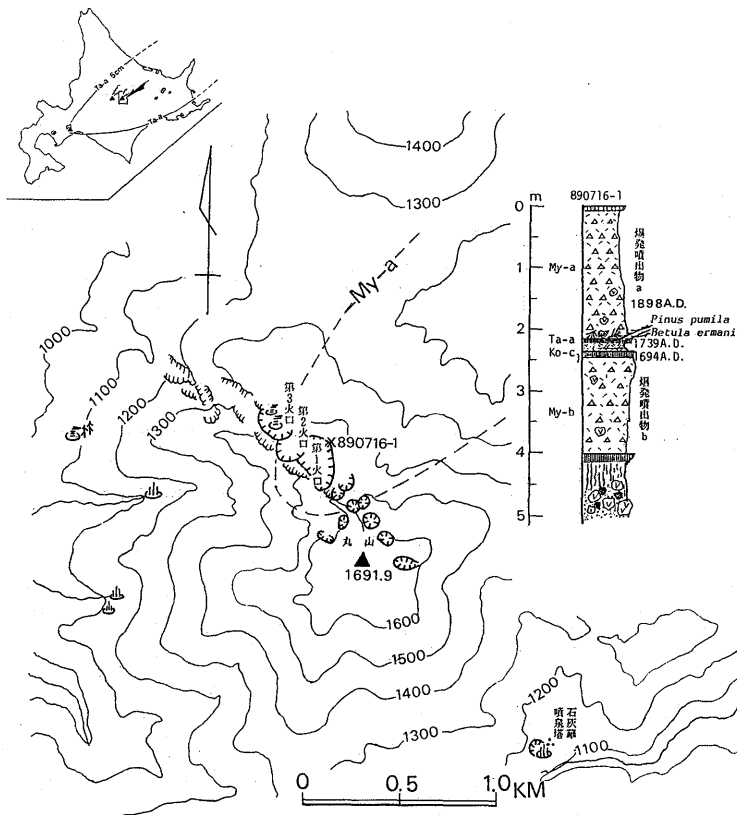
2 火山地形

標高1,700mに近い丸山火山は、十勝川の上流にあたるニペソツ川と幌加音更川の分水嶺をなしている。付近には先第三紀の粘板岩、輝緑岩および中新世のデイサイト質溶結凝灰岩（ウペペサンケ溶結凝灰岩）が広く発達し、これを丸山火山の普通輝石しそ輝石安山岩質の火山角礫岩と溶岩流が覆っている（山岸・松波、1976）²⁾。火山とその基盤の地質境界は、標高1,100～1,300mにあってこの高度

まで地形は比較的緩やかであるが、標高1,300mより上部は急峻となっている。

1989年7月の野外調査により、丸山山頂部の東側200mの地点から、N40° W方向に直径100m未満の小爆裂火口9個と仮称第1火口（直径300×150m、楕円形、最大深さ150m）、第2火口（150×130m、浅いすり鉢形）および第3火口（200×130m、半楕円形）が延長1.2kmにわたって配列していることが明らかとなった（第4図参照）。これらの爆裂火口のうち、仮称第1火口は菊地・五十嵐（1955）¹⁾により丸山山頂北北西の300×150mの爆裂火口として記述されている。形成が最も新しいと見られる第3火口は、火口壁西側から火口底にかけ現在なお噴気活動が活発で、噴気孔群の周辺には120×60mにわたった昇華硫黄鉱床が生成されている。

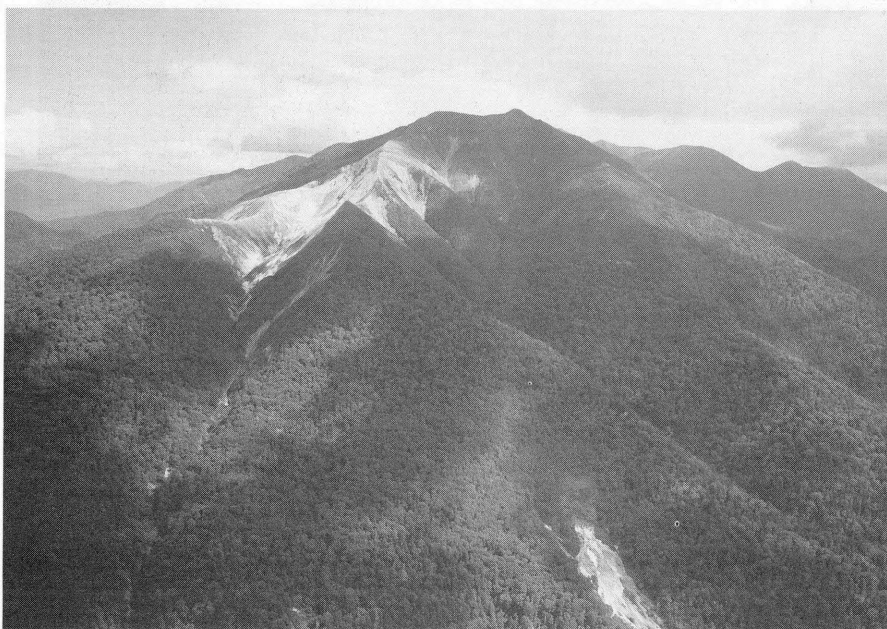
第4図に示した爆裂火口群を空中写真（図版I）で観察すると、北西-南東に約1.2kmにわたる顕著な直線配列の裂目火口であることが明瞭である。このような丸山火山の裂目火口は、例えば北海道知床半島の天頂山（羅臼岳～遠音別岳間の小火山）の裂目火口（守屋，1987）¹¹⁾と地形的に類似するが、丸山の火口列は水蒸気爆発で生じ、天頂山の火口列は溶岩の流出を伴った点で相異なる。火山の爆裂火口の地形は、非常に新鮮で仮称第1，2，3火口ともに浸食が進んでおらず、火口周辺は裸地が広く、その外周には爆発後の再生林と考えられるダケカンバの幼齢林が分布している。



第4図 丸山火山の火山地形と第1火口爆発噴出物の柱状図（×印は資料採集位置）

Fig. 4 Topographic map of Maruyama Volcano and columnar section of the explosion products from the 1st Crater.

なお、山頂から南東1.3kmの山腹（標高1,150m）には、形成年代のやや古い爆裂火口（100×60m）が確認されており、炭酸ガスを噴出する白色沼には、炭酸カルシウムの沈澱物上に高さ1.7mの石灰華噴泉塔（calcareous sinter cone）が生長をつづけている（近堂ほか，1982）¹²⁾。この石灰華噴泉塔は最近，1980年8月になって発見されたものである。



図版 I 北西上空からみた丸山火山。山頂から北西方向に顕著な列目火口が開かれている。上部左手前のV字谷が第3火口，その奥右に第2火口，左に大きい第1火口がみられる。手前中央の舌状の流れは，標高1100mの山腹斜面に湧出した温泉の沈澱物（石灰華）が幅100m，長さ250mにわたって堆積したものである。（1989年7月撮影，朝日新聞社提供）

3 第1火口の爆発噴出物

第1火口の北東-東壁には，第4図右の柱状図および図版Ⅱに示したように，埋没腐植層を介在して少なくとも2層の爆発噴出物（全層厚約5m）が観察される。これらの噴出物は，仮称第1火口底にかけて湛水した火口湖の湖底堆積物を起源とする水蒸気爆発噴出物で，硫気変質をうけた灰色の角礫～岩塊を含む粘土質火山灰を主体としている。表層から，丸山第1火口爆発噴出物a，b（My-a，b）と呼ぶことにする。My-a（層厚220～250cm）は，明黄褐色（2.5Y6/6）を呈し，反応はpH3.59の強酸性を示す粘土質火山灰で，その分布範囲は火口から北東方向約2kmと推定され，丸山北方4.3kmのニベソツ山には分布しない（第4図）。

My-aの下部には，炭化していないハイマツ（*Pinus pumila*），ダケカンバ（*Betula ermanni*）の埋没林と原形をとどめた落葉を含む腐植層が埋積されている。このハイマツの樹幹の断面は新鮮で，最大70の年輪が計測された（長谷川ほか，1989）¹³⁾。さらに，埋没腐植層（層厚6cm，黒褐色（10YR



図版Ⅱ 丸山第1火口 東壁上に爆発噴出物(My-a)とその下位に倒伏したハイマツ、ダケカンバの樹幹がみえる。(1989年7月16日近堂撮影)

2/3), 腐植量13.9%)の下位に樽前a火山灰(Ta-a)の堆積が認められた。第1火口周辺に堆積したTa-a(層厚7~8cm)は、火山ガスの影響を受け水酸化鉄で汚染され、明褐色(7.5YR5/6)を呈している。Ta-a火山灰は特徴的な軽石質火山灰で、大雪山国立公園のほぼ全域に分布することが既往の調査で明らかにされている(天野ほか, 1971¹⁴⁾; 勝井ほか, 1979¹⁵⁾; 近堂, 1982¹⁶⁾; 徳井, 1989¹⁷⁾)。ところで、Ta-aの降灰年代が250年前(1989年基準)の西暦1739年(元文4年)であること、Ta-aの上部の腐植集積が約14%の高含量で、埋積されたハイマツの樹齢が70年であること、さらにMy-a表層の土壌化と現況の植生状態が極めて新しいことから、丸山火山第1火口の最新の爆発は約100年前と推定される。また、Ta-a下位のMy-bの噴出年代は、少なくとも300年前よりは古いと考えられる。

My-a, bのような比較的規模の小さい水蒸気爆発噴出物については、最近、北海道南西部における登別火山の新时期地獄谷降下火砕堆積物(推定約200年前)(Katsui *et al.*, 1981¹⁸⁾; 山崎, 1986¹⁹⁾; 勝井ほか, 1988²⁰⁾; 北海道大学理学部地質学鉱物学教室ほか, 1988²¹⁾)の調査報告がある。

My-aおよびTa-a火山灰の化学組成を第1表に、My-aの $<2\mu\text{m}$ 粘土試料のX線回析図を第5図に示す。

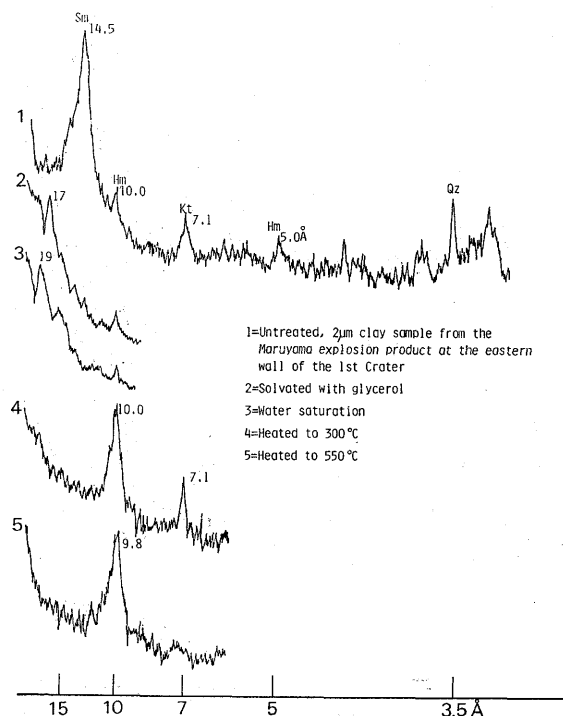
My-aは著しく粘土質で、ス멕タイト(モンモリロナイト)を主成分とし、加水雲母(イライト)とカオリナイトを伴っている。このような2:1型粘土鉱物を多量に含んだ爆発噴出物は、おそらく火口湖底(池)底堆積物に由来したものであろう。

第1表 丸山第1火口爆発噴出物(My-a)および樽前a火山灰(Ta-a)の化学組成
 Table 1. Chemical compositions of the Maruyama explosion product (My-a) and Tarumai "a" ash. (Ta-a)

Oxide	My-a from the 1st Crater of Maruyama	Tarumai "a" ash (Ta-a)	
		E35km (Hayakita)	NE153km (Maruyama)
SiO ₂	67.37	53.45	54.70
TiO ₂	0.89	0.96	0.90
Al ₂ O ₃	16.77	17.56	18.09
Fe ₂ O ₃ *	7.44	11.69	11.80
MnO	0.05	0.19	0.15
MgO	1.96	4.35	3.29
CaO	1.44	8.82	7.99
Na ₂ O	1.55	2.49	2.44
K ₂ O	2.00	0.59	0.73
P ₂ O ₅	0.16	0.11	0.07
Total	99.63	100.21	100.16

*All iron as Fe₂O₃

Analyst : Y. Kondo and C. Higushi



第5図 第1火口東壁における爆発噴出物粘土部分の50X線回折図

略号: Sm: スメクタイト (モンモリロナイト) Hm: 加水雲母 Kt: カオリナイト Qz: 石英
 Fig.5 X-ray diffraction patterns of clay sample separated from the Maruyama explosion product (My-a) at the eastern wall of the 1st Crater.
 Abbreviation: Sm: smectite (montmorillonite) Hm: hydrous mica Kt: k-aolinite Qz: quartz

4 噴火記録

丸山第1火口噴出のMy-aは、250年前のTa-aを被覆しており、約100年前の水蒸気爆発に由来するものと推定された。7月調査から約1カ月後、帯広市在住の郷土史研究家、井上 寿氏により丸山火山の噴火に関する古文書の探索がおこなわれ、その結果、丸山は明治31年(1898年)12月に爆発を起こした記録が発見された。

すなわち、明治34年6月発行の北海道植民状況報文十勝國之部(河野, 1901)²⁾の前編総説地理二頁には、次のようにニベソツ山(ニベソツ山)付近の無名峰で泥土が噴出したことが明記されている。

「石狩岳ヨリ南方ニ分派セル支脈河東郡ノ北部ニ蟠リニベソツ山(高六千八十二尺)ウベサソケヌプリ(高五千七百六十二尺)東ヌプカウシヌプリ(高三千七百六十九尺)西ヌフカウシヌプリ(高三千八百三十八尺)アリ其内ニベソツ山附近ニ泥土ヲ噴出スル處アリテニベソツ川ハ従來白濁ヲ帯ヒタリシカ明治三十一年十二月一大噴出ヲナシテ東西ニ流出シ之レカ為メ十勝川、音更川ノ水ヲシテ白色ナラシメタリ」。

1989年8月22日付十勝毎日新聞に掲載された井上氏の寄稿文を引用すると次のとおりである。

「明治31年の12月の初め、十勝川と音更川の河水を飲料としていた人たちは、白濁の異変に驚いた。人舞村(現在清水町)では『河水濁流と変じ、飲料水にも困難の状を呈せり』とある。(中略)さて、この山はどれを指すのであろうか、『ニベソツ山附近』とすると丸山にちがいない。しかもこの山から流れ出ると、西にニベソツ川の支流ワッカタリベツ川に、東にホロカオトフケ川の支流五ノ沢に流れ込み、十勝川と音更川を濁らせた。

こうして丸山の爆発と、それによる河水の異変は、九十年前の真冬におきたことが、文献にも明記されているのに今まで世間に知られなかったのは、近づくことの困難な位置にあった山だからだ。」

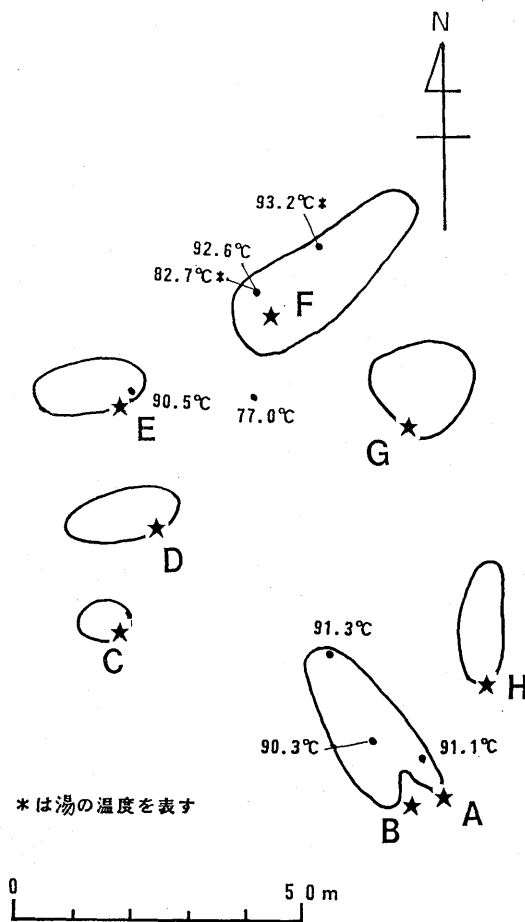
上述の井上氏の丸山火山「明治31年爆発説」によると、1898年(明治31年)当時、丸山はまだ無名峰であったと推測される。また、古記録の「泥土が一大噴出し、十勝川上流と音更川が白濁した」という記述は、水にとむ熱泥(≤100℃?)を伴う水蒸気爆発がおきたことを推定させる。噴出物が高温でなかったという推定は、第1火口東壁上でMy-aに埋積されたハイマツ、ダケカンバの樹幹・枝葉が炭化していないことから支持されよう。

丸山火山に関する噴火の記述および前節で述べた火山灰編年からのMy-aの推定年代を考慮すると、丸山の最新の活動は91年前の1898年(明治31年)12月に発生し、このとき水蒸気爆発がおこり、My-a火山灰が噴出したと推定される。

5 第3火口の噴気孔温度

山頂の裂目火口北西端に開口した仮称第3火口は、形成が最も新しく、火口西壁から火口底にかけて噴気孔活動が現在も活発である。

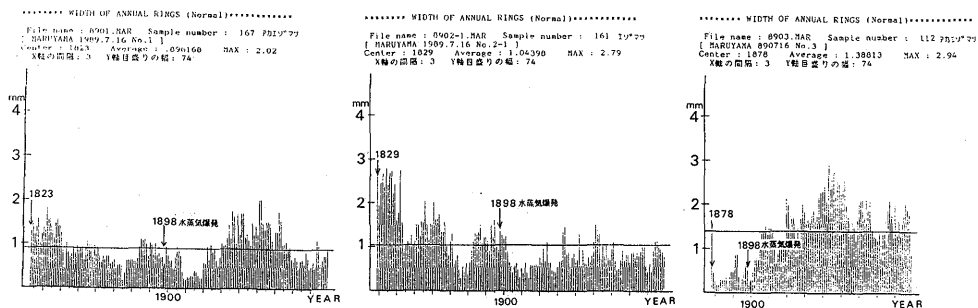
1989年7月16日に火口底の噴気孔の表面温度を、サーミスタ温度計で直接測定した。第6図に各噴気孔の位置・地形の見取り図と表面温度を示す。第6図で77.0°Cの最低値を示した地点はガレ場である。測定値に若干のばらつきはあるが、第3火口底の噴気孔群の表面温度は平均して約90°~93°Cで、全般的に噴気活動は活発である。この第3火口からの噴気による放熱量の測定は、今後の研究課題の一つである。



第6図 第3火口噴気孔の表面温度 (1989年7月16日測定)
Fig. 6 Surface temperatures of fumaroles in the 3rd Crater of Maruyama Volcano. (July 16, 1989)

6 年輪年代と水蒸気爆発の関係

丸山火山の北北東斜面（前述したダケカンバ幼齢林に近接、標高1,150~1,250m）に生育するエゾマツ、アカエゾマツの年輪幅の変動に注目して、これから1898年の水蒸気爆発を年輪年代学的に特定することを目的として調査をおこなった。年輪幅の測定は、北大農学部附属植物園長谷川栄氏によって行われた。代表的なエゾマツ1個体、アカエゾマツ2個体の年輪幅の経時変化を第7図に示す。



第7図 樹木と年輪幅と丸山火山の1898年水蒸気爆発との関係

Fig. 7 Relation between the width of annual rings and the 1898 phreatic explosion of Maruyama Volcano.

第7図の関係グラフによれば、1898年噴火後数年間の年輪幅は、平均値より狭小となる例（No. 3, アカエゾマツ, 樹高22m）と、逆に広がる例（No. 1, アカエゾマツ, 樹高28m ; No. 2-1, エゾマツ, 樹高27m）とがある。このように、噴火後の数年間、生育不振による年輪幅の縮小が明瞭に認められない。つまり、当時の樹高推定20m以上の針葉樹には、1898年水蒸気爆発は、小規模なためあまり悪影響をおよぼさなかったと判断される。悪影響を免されたもう一つの理由として、噴火の発生が初冬であったため、エゾマツがすでに越冬体勢に入っていたことが考えられる。

7 まとめ

北海道十勝支庁管内の上士幌町と新得町にまたがる丸山火山については、これまで組織的な火山地質学的、地球物理学的調査は行われていない。1989年7月の帯広畜産大学と北海道大学理学部の合同調査で、火山地形・爆発噴出物・噴火年代および火口内の噴気温度が明らかにされた。本火山の火山発達史・噴出物の岩石学的、地球化学的調査・火口周辺の植生および熱的狀態などの調査や火山北西-南東地域で発生している群発地震と本火山の活動などに関する地球物理学的研究は今後の課題である。

上記両大学の調査後、7月25日と8月20日に報道機関（NHK, 朝日新聞社）によって丸山火山の詳細な空撮が行われた。これらの空中写真と既存の資料^{1),12)}を総合すると、本火山の西-南東斜面（標高1,000~1,150m）には、多数の新しい温泉・鉱泉・噴気孔と樹木の立枯れ区域が確認される。丸山火山は、おそらく数1,000~100年前に爆裂火口を開く活動が頻発し、山頂火口群と山腹斜面の噴気・熱水活動が活発化して現在に至ったものと考えられる。そして、記述のように、本火山の最新の噴火活動は、91年前の1898年（明治31年）12月の水蒸気爆発であったことが明らかにされた。

以上のような丸山火山の最近の活動状況からみて、将来、長期的には山頂部の爆裂火口群のとくに

第3火口付近、または同火口北西地域で中・小規模の水蒸気爆発の可能性が考えられる。また、噴気・熱水活動の変化は将来とも発生し、本火山に源を発するニペツツ川、幌加音更川などの河川の水質に悪影響をおよぼすことが予想される。

東大雪山系の丸山火山は、上述した理由により日本活火山総覧にリストアップされるべきで、今後、火山周辺に地震計などの観測機器の配置、定期的な火口および火山ガスの熱的、地球化学的調査によるモニタリングと火山防災について適切な対策が望まれる。

謝辞：本報文をまとめるに当たり、下記の方々にお世話になった。記してお礼申し上げる。

帯広市在住の郷土史研究者井上 寿、北大農学部附属植物園長谷川 栄、ひがし大雪博物館山之内 統・川辺百樹、NHK帯広放送局岸 功志・松本 悟、札内中岡久保幸、帯広畜産大学本田 敦、樋口 千洋、神代知恵子、帯広営林支局計画課、新得営林署、上土幌営林署、帯広測候所、帯広開発建設部十勝ダム管理所の諸氏。

参 考 文 献

- 1) 菊地 徹, 五十嵐昭明(1955) : 北海道十勝国菱中十勝鉾山の硫黄・褐鉄鉾床調査報告, 地質調査所月報, 6(8), 485-490.
- 2) 山岸宏光, 松波武雄(1976) : 5万分の1地質図幅説明書「糠平」, 24-25, 北海道立地下資源調査所
- 3) 気象庁(1984) : 日本活火山総覧, 482P.
- 4) 鈴木貞臣ほか18名(1989) : 十勝岳周辺の地震観測, 「1988年十勝岳火山噴火の推移, 発生機構および社会への影響に関する調査研究」文部省科学研究費特定研究(1), 突発災害調査研究成果No.B-63-5, 57-65.
- 5) 岡田 弘ほか22名(1989) : 物理計測による十勝岳の爆発的噴火活動の研究, 「1988年十勝岳火山噴火の推移, 発生機構および社会への影響に関する調査研究」文部省科学研究費特定研究(1), 突発災害調査研究成果No.B-63-5, 31-56.
- 6) 清水 洋ほか6名(1989) : 十勝岳広域地震観測——十勝支庁北部の群発地震活動——, 日本火山学会講演予稿集1989年度春季大会, 35.
- 7) 鈴木貞臣, 本谷義信, 岡山宗夫, 石川春義, 笠原 稔(1989) : 1989年十勝支庁北部の群発地震と丸山火山・十勝岳との関係, 日本火山学会講演予稿集1989年度秋季大会, 46.
- 8) 北海道大学理学部(1989) : 十勝支庁北部の群発地震活動(1989年1月~5月), 連絡会報, 第42号, 13-15.
- 9) 西村裕一, 宮町宏樹, 鈴木敦生, 岡田 弘(1989) : 十勝岳の火山性地震の分類と特性, 日本火山学会講演予稿集1989年度秋季大会, 40.
- 10) 近堂祐弘, 小柳敏郎, 河内晋平, 中川光弘, 鈴木貞臣, 長谷川 栄, 山之内 統, 川辺百樹, 岸功志, 岡久保幸(1989) : 東大雪山系丸山火山の最新の活動, 日本火山学会講演予稿集1989年度秋季大会, 160.

- 11) 守屋以智雄 (1978) : 知床半島火山列を縦断する裂目, 東北地理, 30, 66-67.
- 12) 近堂祐弘, 大熊征雄, 山之内 統, 淵瀬一雄 (1982) : 丸山噴泉塔・三股十四の沢永久凍土調査報告書, 1-10, 上士幌町教育委員会.
- 13) 長谷川 栄, 近堂祐弘, 小柳敏郎, 河内晋平, 中川光弘, 鈴木貞臣, 山之内 統, 川辺百樹, 岸功志, 岡久保幸 (1989) : 東大雪山系丸山火山の最近の活動と植生, 1989年度日本生態学会北海道地区大会講演要旨集, 15.
- 14) 天野洋司ほか3名 (1971) : 樽前火山 a 層の分布様式について, 土肥学会北海道支部秋季大会演旨集, 1.
- 15) 勝井義雄, 横山 泉, 伊藤太一 (1979) : 旭岳, 北海道における火山に関する研究報告書, 第7編, 1-42, 北海道防災会議.
- 16) 近堂祐弘 (1982) : 十勝川源流部原生自然環境保全地域の土壌, 環境庁委託十勝川源流部原生自然環境保全地域調査報告書, 33-45, 日本自然保護協会.
- 17) 徳井由美 (1989) : 北海道における17世紀以降の火山噴火とその人文環境への影響, お茶の水地理, No.30, 27-33.
- 18) Katsui, Y., Yokoyama, I. and Murozumi, M. (1981) : Field excursion guide to Usu and Tarumai Volcanoes and Noboribetsu Spa., Volcanol. Soc. Japan, 55-59.
- 19) 山崎哲良 (1986) : クッタラ火山, 大湯沼-地獄谷爆発堆積物の¹⁴C年代-日本の第四紀層の¹⁴C年代 (158) -, 地球科学, 40, 221-223.
- 20) 勝井義雄, 横山 泉, 岡田 弘, 我孫子勤, 武藤晴達 (1988) : 倶多楽 (日和山) - 火山地質・活動史・活動の現況および防災対策, 北海道における火山に関する研究報告書第12編, 北海道防災会議, 25-28.
- 21) 北海道大学理学部地質学鉱物学教室, 北海道大学理学部有珠火山観測所, 室蘭工業大学工業化学科 (1988) : 登別火山の活動史, 火山噴火予知連絡会会報, 第41号, 82-90.
- 22) 河野常吉編 (1901) : 北海道殖民状況報文十勝國之部前編総説, 1-3, 明治34年6月発行 (東京).