

1995年2月11日長野県中の湯で発生した水蒸気爆発（熱水性爆発）*

A phreatic explosion on the February 11, 1995 of Nakanoyu, Nagano Pref. - a case of the hydrothermal explosion -

地質調査所**

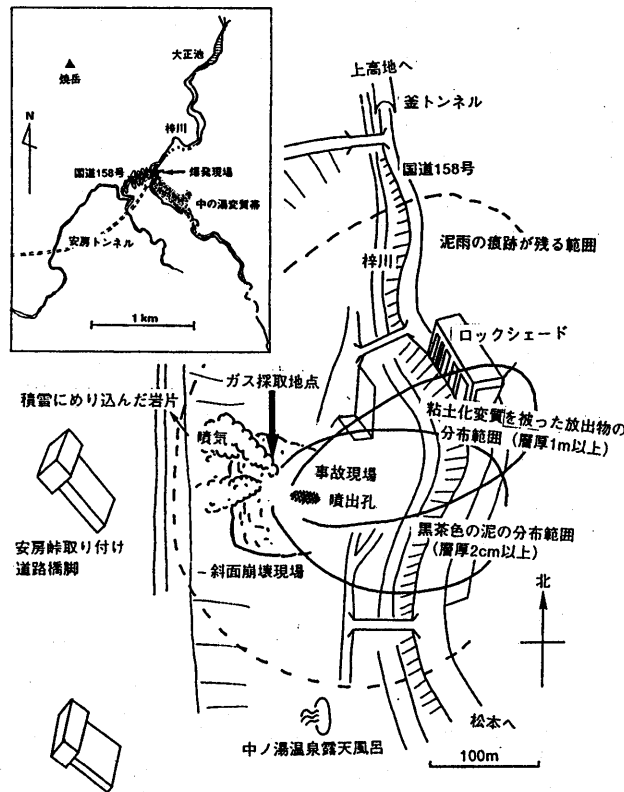
Geological Survey of Japan

1. はじめに

平成7（1995）年2月11日午後2時30分頃、長野県南安曇郡安曇村中の湯の安房トンネル関連の取り付け道路建設工事現場で水蒸気爆発が発生した。地質調査所では噴出物調査と噴気採取を実施した。

2. 爆発現場の地質概略

現場は焼岳火山（標高2,455m）山頂の南東約3kmに位置する中の湯温泉近傍で（第1図）、穂高安山岩類の一部とされる火砕岩脈と焼岳火山噴出物の境界部にあたる¹⁾。爆発地点の下流約200mには中の湯の露天風呂があり、90℃を越える温泉が自噴する。梓川の河谷部分である本地域は複数の箇所水蒸気が上がっている地熱地帯で、梓川に沿ってNW-SE方向に伸びる中の湯変質帯と呼ばれる延長900m、幅100~150mの変質帯の北端部に位置する²⁾。



模式図のため方向距離は必ずしも正しくない
(地質調査所)

第1図 爆発現場の位置と放出物の分布図（模式図）。中の湯変質帯の分布は引用文献2)による。
Fig. 1 The location of the hydrothermal explosion of February 11, 1995, and a simplified distribution map of the ejecta. The distribution of Nakanoyu altered area is modified from reference 2).

* Received 3 July, 1995

** 伊藤順一・高橋正明・佐々木宗建
Junichi Itoh, Masaaki Takahashi and Munetake Sasaki

3. 爆発の概要

爆発直後から現場で調査を行った小坂丈子（東工大名譽教授）・三宅康幸（信州大学理学部助教授）両氏によると、噴出孔は長さ12m、幅6m程度で梓川西岸の暖斜面に開いた。この爆発は2回起こり、最初に大規模な爆発が起き対岸（梓川東岸）に土砂を噴出した。その衝撃で噴出孔上部の梓川西岸斜面が崩壊し噴出孔を塞いだ後、二回目の爆発が起こったとされている。

4. 調査結果

4-1 放出物

地質調査所が調査を行った時点（1995年2月14～16日）では、梓川河床部に堆積した放出物の大部分はすでに撤去されていた。現地調査は噴出孔近傍・梓川東岸の国道158号線付近および梓川西岸の安房トンネル高架橋下の工事用道路において実施した。調査結果を第1図に示す。

今回の爆発によって形成された堆積物は2層に区分でき、下部の粘土化変質を被った緑白色～白色の放出物とそれを薄く覆う黒茶色泥質の放出物からなる。この層序は噴出孔近傍で確認できる。下部層は粘土化変質を被った脆弱な火山岩と砂岩・チャートなどの中・古生層起源の岩塊等から成る。層厚は噴出孔近傍では3mを越える。層厚1m以上の分布域は噴出孔から北東～東北東方向に水平距離約80m、幅20mの細長い範囲を示す。その周辺では樹木の枝が折れ、降雪が融解していた。

粘土化変質した放出物は梓川西岸の高架橋下の工事用道路（噴出孔の西側上方約50m）にも分布するが、層厚は数cm以下である。ここには、弾道飛行してきた岩片（直径3cm大）が積雪中に潜り込んでいる。噴出孔の東北東約60mにある国道158号線のロックシェード（中の湯洞門）上では、直径50cm大（最大115×74×23cm）の火山岩岩塊が多数認められた。これらの岩塊は梓川東岸の急斜面に着地後転がり落ちたとも考えられているので、実際の着地地点はこれより遠方である可能性がある。

また、国道158号のロックシェード内には、緑白色粘土（砂粒大の各種岩片含む）が吹き付けられている。粘土はロックシェード内の柱・梁の南及び西面と天井部分（路面より約6m）に付着している。これは水分を含んだ粘土が梓川西岸河床の噴出孔から水蒸気と共に勢い良く放出され、ロックシェードの内壁・天井にスプレー状に吹き付けられたことを示している。

上部層である黒茶色の泥は樹木の枝・葉の断片を含んだ土壌に、粘土化変質を被った岩片（直径数ミリ程度）が少量まざったものである。この泥質放出物は噴出孔を中心として約200mの範囲に分布する。層厚は噴出孔近傍でも30cm程度で、国道158号の擁壁では厚さが約2cmに減少する。噴出孔から100m以遠ではガードレールや交通標識に黒茶色の泥雨の痕跡が残るだけである。この黒茶色の泥は、噴出孔西側の斜面崩壊により倒された樹木の上にも降りかかっており、これが斜面崩壊の後に発生した爆発によって放出されたものであることを示している。

以上のように、梓川西岸の斜面崩壊を挟んで二回の爆発が起こった事が堆積物からも確認された。また、最初の爆発では噴出孔から北東方向斜め上方に粘土化変質をした岩塊を放出したほかに、岩片を北西方向に飛散させる活動や、水分を含んだ白色粘土を噴霧流として放出する活動を伴ったと考えられる。

4-2 粘土鉱物のX線分析

粉末X線回折装置を用いて、ロックシェード上および噴出孔近傍で採取した緑白色粘土と噴出孔近傍で採取した白色粘土の同定を行った。緑白色粘土からは緑泥石とモンモリロナイトの回折線ピークが、また白色粘土からはイライトの回折線ピークが認められた。モンモリロナイトはほぼ100℃以内でイライト/モンモリロナイト混合層鉱物に変化し、200℃近くでイライトに変化する事が知られている³⁾。これにより、今回の放出物は100～200℃の熱水による変質を被っていると判断できる。

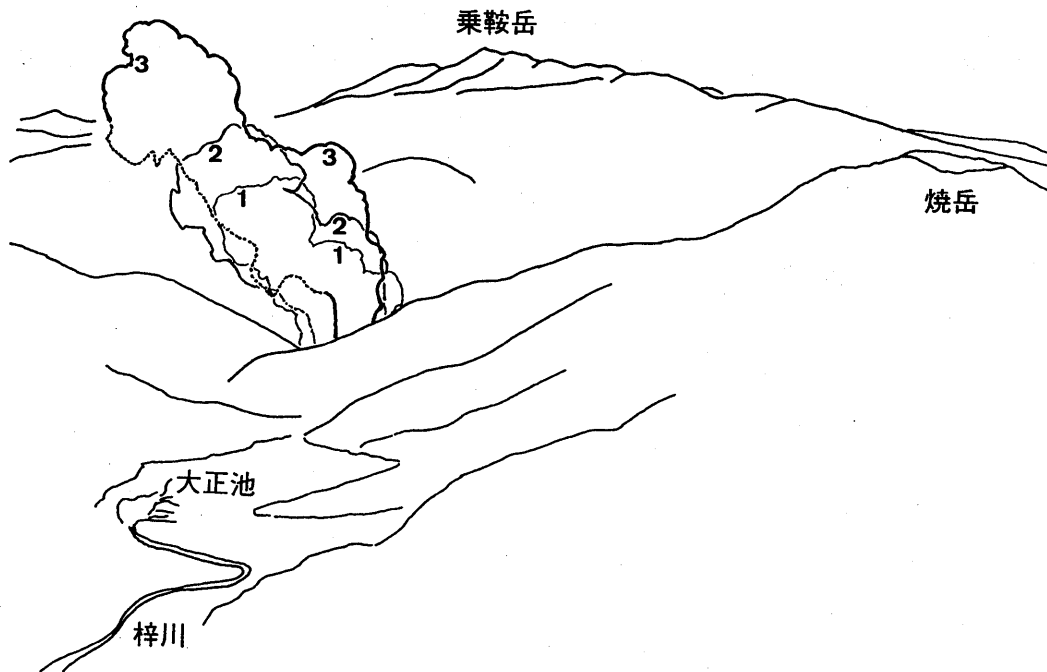
4-3 噴気分析

2月15日午後1時過ぎに、爆発孔西側の崩壊した斜面に開いた噴気孔から噴気（噴気温度約80℃）を採取した。10%酢酸カドミウム溶液にて硫化水素の採取を試みたが反応物であるCdS沈殿は形成されず、この時点での噴気に硫化水素の存在は確認されなかった。

4-4 噴煙写真の分析

西穂独標（標高 2071 m）にいた登山者の一人が爆発直後の噴煙（噴気）を目撃し、3枚の連続写真を撮影した。それによると、中ノ湯から吹き上がった噴煙（噴気）は真っ白で時間と共に周囲に拡散した。噴煙（噴気）を高く吹き上げていたのは最後の写真（2月14日付け朝日新聞長野地方版に掲載）を撮影した2時40分頃までで、その後勢いは弱くなったという。

連続写真を重ね合わせると噴煙（噴気）の中心が西側にシフトしてゆくように見える（第2図）。また、3枚目の写真には下部の gas thrust 部と上部の convective 部が明瞭に区分できる噴気が写っている。この写真を分析した結果、爆発孔からの噴煙（噴気）の比高は約 1500 m であった。



第 2 図 1995年2月11日の熱水性爆発の写真から読みとった噴煙（噴気）の様子。
（広瀬慎也さん撮影の連続写真を使用）

Fig. 2 Traces of outline of eruption plume of hydrothermal explosion on February 11, 1995 which were analyzed using a series of photographs taken by S.Hirose. Number represent the order of the photographs.

5. 地熱地域で発生する水蒸気爆発（熱水性爆発）

地熱地域で発生する水蒸気爆発は熱水性爆発（Hydrothermal explosion）と呼ばれることがある。熱水性爆発は、シールされた地熱熱水の通路（割れ目など）に蓄積された高圧のガスが割れ目の封鎖を吹き飛ばして新たな通路を確保する現象で、爆発的に膨張した高圧ガスが地表近くの土砂を吹き飛ばすエネルギー源になった点では水蒸気爆発と同じだが、その発生場所が活動中の地熱（温泉・噴気）地帯である点が特徴的である。今回と同規模の熱水性爆発の事例を第1表にまとめた。

第 1 表 地熱地帯で発生した熱水性爆発の事例
Table 1 A list of hydrothermal explosion at geothermal field

場所	年代	文献
手洗い温泉 (霧島火山)	1971(S46)年8月5日	露木・金田・小林(1980)鹿児島大理紀要(地・生), 13, 91-103. 松本(1972)地質学会講演予稿集, 117.
湯ノ谷温泉 (阿蘇)	1881(M14)年3月20日	福岡管区气象台(1965)福岡管区气象台要報, 20, 15-46.
別府温泉 (血の池地獄)	1927(S2)年9月2日	吉田ほか(1978)温泉科学, 29, 10-18.
登別温泉 (大砲地獄)	1922(T11)年8月5日	田中館(1924)地学雑誌, 36, 660-667.
◇ (寅地獄)	1936(S11)年5月1-3日	本邦火山活動記録(1937)火山, 3, 192.
◇ (昭和地獄)	1952(S27)年11月- '53(S28)年3月	徳富・藤木(1953)北大地物研報, 3, 23-40
大地獄 (西岩手火山の赤川上流部)	1919(T8)年7月	中央气象台・盛岡測候所(1935)測候時報, 6(10), 1-10.
シャンペンプール (Taupo 火山地域, N.Z)	約900年前	Hedenquist & Henley (1985) Econ.Geol., 80, 1640-1686.
Tauhara 地熱地帯 (Taupo 火山地域, N.Z)	1981年6月20日	Scott & Cody (1982) Rep.N.Z.Geol.Surv., 103, 33p.
Kawerau 地熱地帯 (Taupo 火山地域, N.Z)	13.5-14.7 k.B.P., 7-9 k.B.P.	Nairn, I.A. and Wiradiradja, S. (1980) Bull.Volcanol., 43, 1-13.
Tikitere and Taheke 地熱地帯 (Taupo 火山地域, N.Z)	35-40 k.B.P.	Espanola, O.S. (1974) Report New Zealand Geol. Surv., 68, 76p.
Echo Crater (Trinity Terrace)地熱地帯, N.Z.)	1973年2月22日	Lloyd, E.F. and Keam, R.F. (1974) N.Z.Jour.Sci., 17, 511-528.
Yellowstone (USA)	50-100 k.B.P.	Muffler, L.J.P., White, D.E. and Truesdell, A.H. (1971) Geol.Soc.Am.Bull., 82, 723-740.
◇	1989年9月5日	Fourinier et al., (1991) Geol.Surv.Am.Bull, 103, 1114-1120.

謝 辞

小坂丈予東工大名誉教授, 三宅康幸信州大学理学部助教授, 豊科警察署, 建設省中部地方建設局, 松本測候所には, 中の湯爆発現場での調査の際にご便宜いただいたほか, 種々の点につき御教授いただいた。広瀬慎也さんには噴煙の写真をご提供いただくと共に, 爆発直後の噴煙の様子についての情報を頂いた。今回の爆発に関して中田節也, 渡辺一徳, 宇井忠英氏らのご意見は本報をまとめる上で参考にさせて頂いた。小野晃司・金原啓司両氏には手洗い温泉等の事例をお教えいただいた。記して謝意を表す。さいごに, 今回の爆発でなくなられた方々のご冥福をお祈り申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 地質調査所 (1975) 焼岳, 全国地熱基礎調査報告書, 15, 170 p.
- 2) 原山 智 (1990) 上高地地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所, 175 p.
- 3) Velde, B. (1977) Clays and clay minerals in natural and synthetic systems (Developments in Sedimentology 21), Elsevier, 218 p.
- 4) Hedenquist, J. W. and Henley, R.W. (1985) Hydrothermal eruptions in the Waiotapu geothermal system, New Zealand: their origin, associated breccias, and Relation to precious metal mineralization. *Economic Geology*, 80, 1640 - 1686.
- 5) Scott, B. J. and Cody, A. D. (1982) The 20 Jun 1981 hydrothermal explosion at Tauhara geothermal field, Taupo, Rep. N.Z. Geol. Surv., 103, 33p.
- 6) 露木利貞・金田良則・小林哲夫 (1980) 火山地域にみられる地盤災害とその評価 (1) 霧島火山群地域にみられる崩壊型について, 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物), 13, 91 - 103.
- 7) 松本幡郎 (1972) 鹿児島県霧島火山1971年の活動について, 地質学会講演会講演予稿集, 117.
- 8) 福岡管区气象台 (1965) 九州の火山噴火史, 福岡管区气象台要報, 20, 15 - 46.
- 9) 吉田哲朗・湯原浩三・中江保男・野田哲郎 (1978) 別府「血ノ池地獄」の温泉水及び沈殿物について, 温泉科学, 29, 10 - 18.
- 10) 田中館秀三 (1924) 北海道登別温泉, 地学雑誌, 36, 660 - 667.
- 11) 本邦火山活動記録 (1937) 登別温泉地獄の小異変, 火山, 3, 192.
- 12) 徳富孝治・藤木忠美 (1953) 昭和26年11月から27年3月頃の登別温泉地獄の活動, 北大地物研究報告, 3, 23 - 40.
- 13) 中央气象台・盛岡測候所 (1935) 岩手火山に就いて, 測候時報, 6 (10), 1 - 10.
- 14) Scott, B. J. and Cody, A. D. (1982) The 20 June 1981 hydrothermal explosion at Tauhara geothermal field, Taupo, Rep. N.Z. Geol. Surv., 103, 33p.
- 15) Nairn, I. A. and Wiradiradja, S. (1980) Late Quaternary hydrothermal explosion breccias at Kawerau geothermal field, New Zealand, Bull., Volcanol., 43, 1 - 13.
- 16) Espanola, O. S. (1974) Geology and hot springs of Tikitere and Taheke hydrothermal fields, Rotorua, New Zealand, Report New Zealand Geol. Surv., 68, 76p.
- 17) Lloyd, E. F. and Keam, R. F. (1974) Trinity Terrace hydrothermal eruption, Waimangu, New Zealand, N.Z. Jour. Sci., 17, 511 - 528.
- 18) Muffler, L. J. P., White, D. E. and Truesdell, A. H. (1971) Hydrothermal explosion craters in Yellowstone National park, Geol. Soc. Am. Bull., 82, 723 - 740.
- 19) Fourinier, R. O., Thompson, J. M., Cunningham, C. G. and Hutchinson, R. A. (1991) Conditions leading to a recent small hydrothermal explosion at Yellowstone National Park, Geol. Soc. Am. Bull., 103, 1114 - 1120.

なお, 5) ~ 19) の文献は, 第1表に引用されたものである。