

上諏訪, セツ釜間欠泉

第I部 噴出の複合周期ならびに エネルギー放出のタイプ

伊藤 芳朗*, 齋藤 輝夫*, 桐原 啓真*
稲垣 益次**, 後藤 義孝**

*関東学院大学工学部 **諏訪市役所水道温泉部

(昭和60年10月20日受付, 昭和61年3月17日受理)

Nanatsugama Geysir of Kamisuwa Spa in Suwa City, Nagano Prefecture, Japan Part I. Bimodality of interval between eruptions and pattern of energy release

Yoshiro ITO*, Teruo SAITO*, Hiromasa KIRIHARA*,
Masuzi INAGAKI**, and Yoshitaka GOTO**.

* Faculty of Engineering, Kanto Gakuin University

** Suwa City Office

(Received Mar. 17, 1986)

Abstract

A well for purposes of bathing that has been drilled to a depth of 800m close to Lake Suwa at Kamisuwa Spa has turned into geyser, namely Nanatsugama Geysir. The interval between eruptions of this artificial geyser changed from 7 min at the beginning of geysiring on June 10 in 1983 to 1.9 min on July 21 in 1984. The temperatures of ejected hot water change from 69°C to 145°C every eruption and the heights of water play change also from 12m to 50m.

Especially, the actions of this geyser well show the bimodal eruption patterns, that is, the interval between eruptions, the temperature of ejected water and the height of water play, all the three, display sinusoidally variation with a period of about 70 min. Also, the intervals of pause after eruption are proportional to lengths of play, consequently, a model of energy released by eruptions is proposed to explain this tendency.

1. ま え が き

長野県諏訪市の上諏訪温泉の歴史は古く、多くの研究がある。1900年頃までは、自然湧出による温泉であったが、次第に掘削が行われ、動力による揚湯のため、一部の自然湧出による温泉に

湧出量の減少や枯渇をみるようになった。1958年には自噴泉はなくなって、すべての温泉は動力揚湯となった。湧出量は、1940年頃までは一日6,500k l であったが、1960年頃には一日15,000k l となった(稲垣, 1983)。

諏訪市は、上諏訪温泉の保護と高度利用のため、温泉統合事業を1973年より始め、1981年に温泉統合記念公園完成をもって完了した(岩本, 1983; 柳平, 1983a, 1983b)。その結果1981年には、諏訪市統合温泉源湯(深部熱水)を7口(Fig. 1)、すなわち、(1)北浜、(2)あやめ園、(3)湯の脇、(4)湖柳、(5)南部、(6)小和田、(7)湯小路をもつにいたった。それらは、掘削深度350~500m、泉温67.5~93.5 $^{\circ}C$ 、平均78.9 $^{\circ}C$ である(稲垣, 1983)。そのうち、あやめ園源湯(深度500mボーリング)は自噴量毎分2,800 l 、泉温93.5 $^{\circ}C$ (1981年2月)という優勢なものである。

さらに、温泉統合は、全市への配湯を不安なく確保するために予備源泉をもつ必要が生じた。そのために、あやめ園源湯の南約300mの七ッ釜地区に、深度1,000mを目標にした掘削工事を1982年に開始した。七ッ釜温泉は、もともと湖中に湧出する84 $^{\circ}C$ の温泉であったが、この温泉を引湯利用するため1944~46年にかけて埋立工事を行って、市営温泉事業とした。この埋立地は、現在湖畔公園となっているが、こゝに七ッ釜新源湯を求めた。1983年5月末に掘削を完了したところ自噴し、大規模な間欠泉となった。これが上諏訪温泉の七ッ釜欠泉である(Fig. 1参照)。

2. 七ッ釜欠泉の噴出活動

間欠泉の掘削深度は850mである。ケーシング(鉄)は600mまでであり、その口径は350mmと250mm、それ以下の250mは素掘りのまゝの裸孔であり、その口径は193.7mmと118mmである(Fig. 2)。掘削完了時の静水水面は地下5~10mであった。ポンプによる揚湯試験では、毎分1,500~1,600

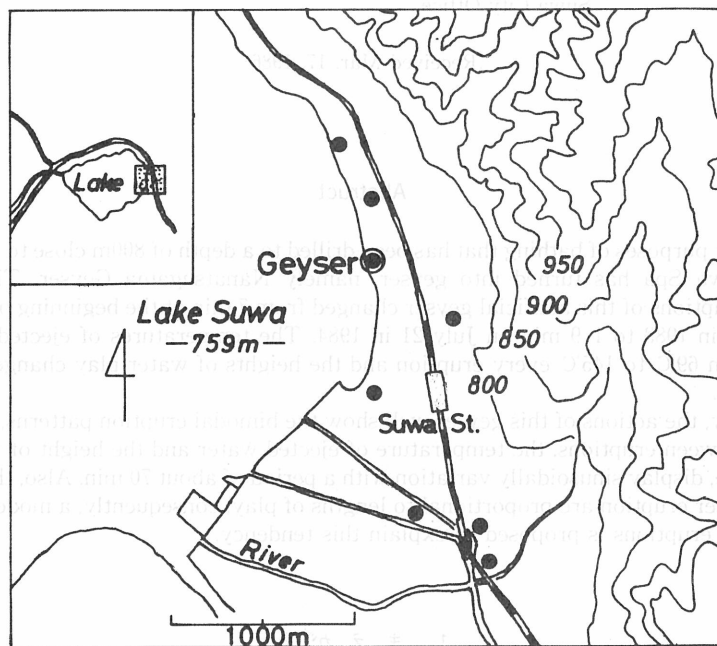


Fig. 1 Location map of Nanatsugama Artificial Geyser and deep wells for purposes of bathing.



Photo 1 Nanatsugama Geyser in full eruption.
Jet is 50m high. Photo by K. Sugawara.

の湯量がえられた。自噴量は毎分500~600lであったが、掘削完了後一週間経た6月3日に間欠泉となっていることが確認された(Photo. 1)。泉温は98℃(海拔760.5m)であった。また、6月14日の噴出熱水のpHは8.08、電導度は1.53mS/cmであり、約15m離れた湖水のpHは6.85、電導度は165 μ S/cmであった(いずれも採水試料の室内測定、31.0℃における値)。

間欠泉の活動は、種々な外因によって、また、内部構造の経時変化によって敏感に変化するもので、一年間以上にわたって数回の観察、測定を行って、その活動の変化、噴出機構の解明の手がかりをうるようにした。以下に観測の状況を列記する。

(1) 1983年6月10日における第1回目の間欠泉の活動の測定(目視)では、噴出時間は25~54秒、平均35.3秒、噴出休止時間は2分07秒~8分57秒、平均6.5分、噴出周期(噴出開始から次の噴出開始までの時間、以下すべて同様な測り方である)は2分32秒~9分36秒、平均7.1分であった。71分間の測定であるが、周期は次第に短くなる傾向がみられた。噴出高度はトランシットによったが、ほぼ50mでほとんど変らなかった。

(2) 6月14日の観測は、鉄パイプの地表1.9mの噴出口の上端に赤外線放射温度計(IRTと略称する)を視準して、温度変化を連続記録することにより噴出時間を測定した。それによる周期の時間的変化をFig. 3に示した。噴出時間は24.8~69.8秒、平均36.5秒、噴出休止時間は2分08秒~9分48秒、平均5.6分、周期は2分35秒~10分41秒、平均6.2分であった。噴出泉温は76.0~91.0℃であった。Fig. 3の周期(T)は時間とともに正弦波に沿うような消長をおこなっている。その消長は約70分の周期をもっている。

(3) 7月3日、4日にも温度計(IRT)による連続記録による周期測定をおこなった。7月3日における噴出時間は15.6~40.2秒、平均34.9秒、休止時間は2分08秒~6分02秒、平均4.2分、周期は2分39秒~6分46秒、平均4.8分であった。7月4日の測定結果はFig. 4に示した。噴出時間は28.2~46.8秒、平均35.8秒、休止時間は1分35秒~9分19秒、平均4.6分、周期は2分08秒~10分06秒、平均5.2分である。両日も、周期に正弦波的な消長がみられ、その消長は70~76分の周期である。

Fig. 4の測定開始後の数回の周期に不規則なものがみられるが(前日の測定開始時にも同様な現象がみられた)、これは噴出管のバルブ操作のためである。この間欠泉は、湖畔公園にあるとは

いえ、諏訪湖面を渡ってくる西風の強い日には、公園より離れた道路、民家、旅館に、噴出した温泉水の飛沫を落すため、間欠泉の地上に出た鉄パイプより分岐管をつけて、空中へ噴出を行わないときは、バルブの切換えにより、湖中へ自然放出するようにしてある。このバルブ切り換えによる影響が、図の初めの部分に出ている。なお、7月3日と4日（Fig. 4）の測定は、バルブを開いてから閉じるまでの空中への噴出の間の観測である。

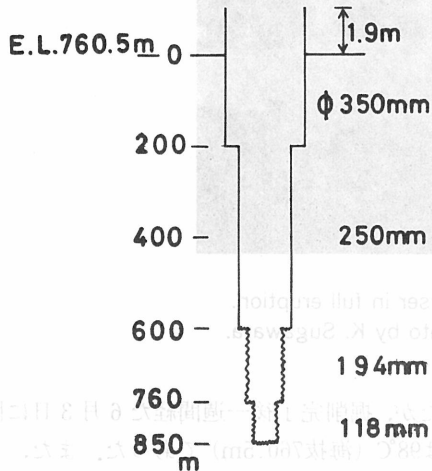


Fig. 2 Geysering well is iron-cased to 600m depth.

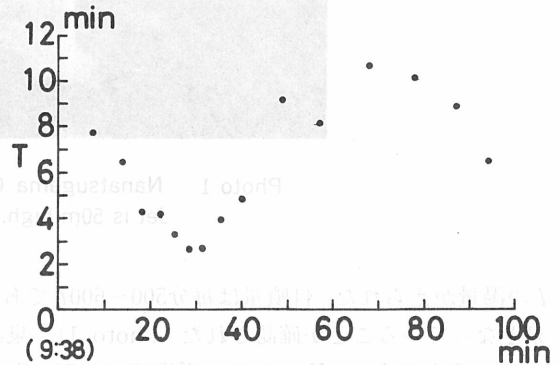


Fig. 3 Interval between eruptions as a function of time. Record taken June 14, 1983.

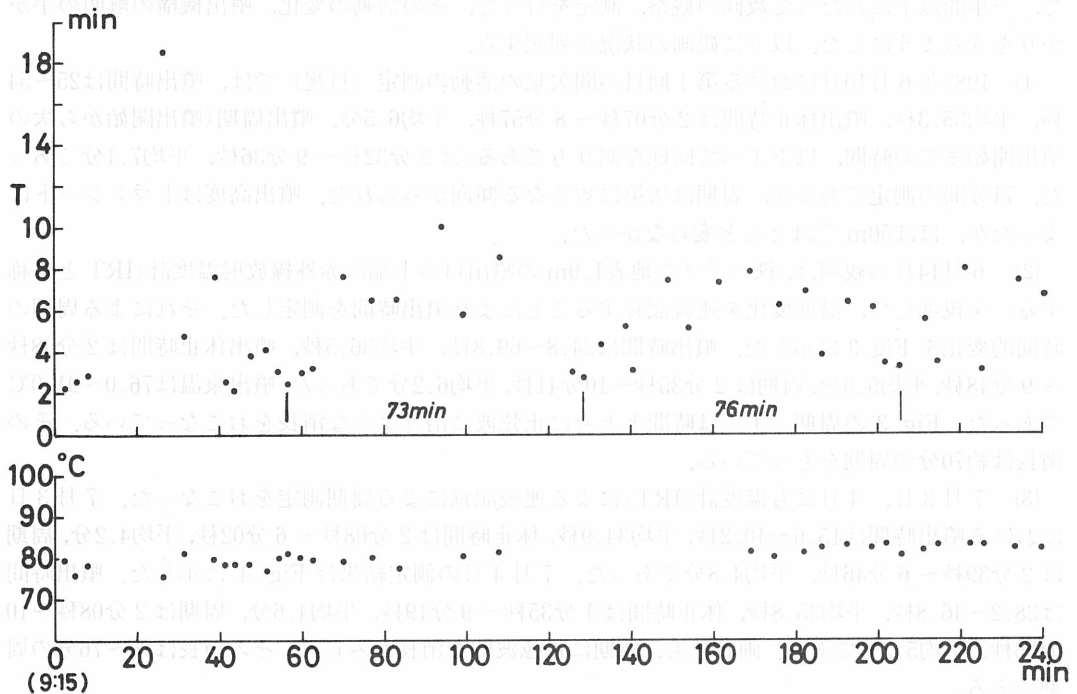


Fig. 4 Interval between eruption and temperature of ejected water as a function of time. Record taken July 4, 1983.

(4) 湖水中には、源湯のケーシングをなしている径35cmのパイプより細い径27cmの鉄パイプの分岐管をもって誘導している。間欠泉の管口は、地上1.9mの高さにあるが、その管の途中の地上0.7mより分岐し、延長26mのパイプをもって、湖岸より4m沖の水深1mにて放出している。噴出のときは、泡と水面の盛上がりが見られる。8月7日の目視による観測(16時40分より)では、周期は20回平均で1.9分であった。これは、泡の盛んな発生より次の泡の発生までの時間を周期としたものである。

(5) 次の観測は10月6日に行われた。諏訪湖は、9月末から10月1日頃まで、台風10号によって水位が上昇し、この間欠泉の付近は、最高91cmまで浸水し、それが5日間続いた後であった。しかも長期間地上噴出をさせていなかった。観測項目は、温度計(IRT)による周期と泉温の測定、ハンドレベルによる噴出高度の測定、噴出に伴って変化する地表電位の測定であった。それらの結果を Fig. 5 に示した(電位測定は後述)。

10月6日の朝は快晴、南風、風力1~2、気温19.0℃、気圧930mb(相当する純水の沸点97.7℃)であった。噴出時間は平均24.6秒、休止時間は平均1.0分、周期は平均1.4分である。Fig. 5の周期(T)の時間的変化をみると、きれいな70分周期をもっていることがわかる。その振幅(T)は0.7分から2.3分の間で変化する。噴出泉温は、バルブ切換えによる地上噴出開始より90分後までは97~98℃であったが、突然140~150℃に上昇する。しかも昇温後は、噴出周期(T)の70分周期変化と同様な約30℃の振幅をもった温度周期変化をおこなっている。噴出高度の測定は、周期、泉温測定終了後におこなったが、噴出高度は15~40mと変化し、噴出周期(T)の70分変化と同様な傾向がみられた。

(6) この間欠泉は統合温泉の予備源湯として掘削されたものであるが、間欠泉として観光の名物とするためには、両者が両立する施設と方法が必要となった。そこで次の方法をとることになった。

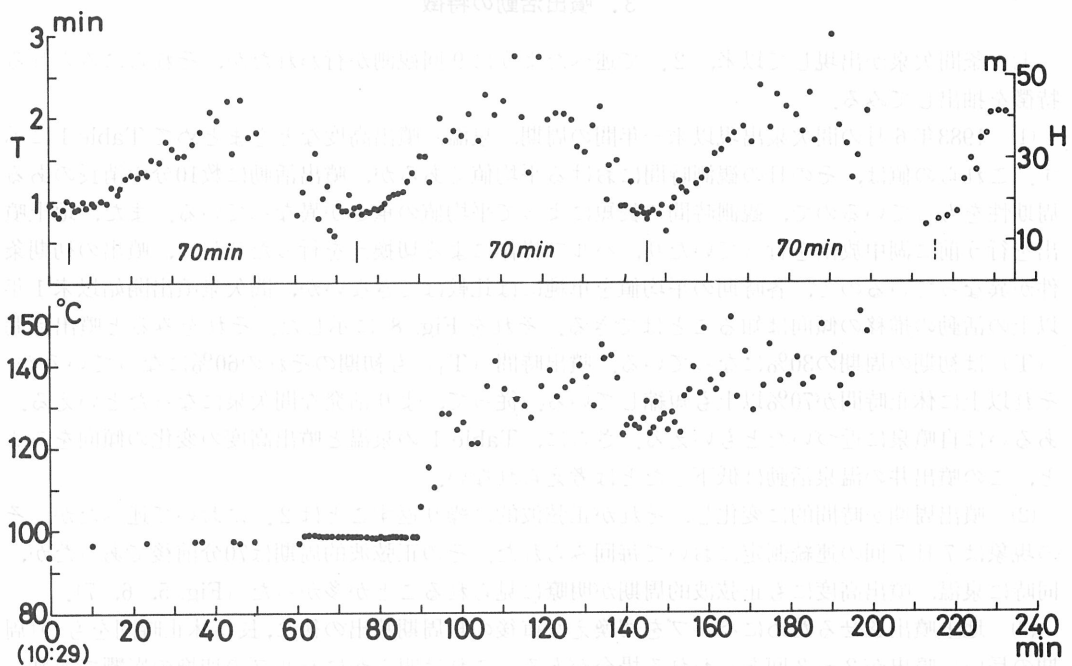


Fig. 5 Interval between eruptions, height of eruption and temperature of ejected water as a function of time. Record taken Oct. 6, 1983.

寒冷期（10月～5月）は、ケーシングパイプの50m下部にボアホールポンプを入れ、その下の70m部分の支管より水道水を毎分300l注入し、泉温を80℃以下に下げて、毎分1,200l揚湯し、近くの配湯センターへ送湯している。この時期の間欠泉噴出は、午前9時より10時30分の間にポンプを止めて地上噴出させている（従って、噴出高度は低い）。

暖期（6月～9月）には、水中モーターを引きあげて自然状態とし、噴出する熱水は自然流下させて配湯センターへ送っているが、地上噴出させる（見物させる）ときはバルブを切換えておこなう。地上噴出させる時刻は、午前9時より10時30分と午後3時より4時30分の日2回（強風のときは中止）である。

1984年7月9日の地上噴出の際の目視（14時55分より）による噴出周期は3回で、3.0～6.7分、平均3.9分、噴出時間は13～45秒、平均29.6秒であった。また、簡易測量による噴出高度は18～48mであった。

((7) 7月23日、24日には、温度計(IRT)による周期と噴出泉温、噴出高度の連続同時測定をおこなった。7月には観光シーズンのため連日噴出(定時)をおこなっていた。それらの結果をFig. 6, Fig. 7に示す。23日の平均噴出時間は21.6秒、平均休止時間は1.6分、平均周期は2.0分であり、24日は、それぞれ21.6秒、1.6分、1.9分であった。

両日とも噴出周期(T)の長周期変動がみられる(約60分)。また、バルブの開きによる影響が、初めから30～40分の間にみられる。噴出高度は10～30mであるが、周期(T)と同調する長周期変動がみられる。噴出泉温は、23日は70～80℃、24日は初めのうちは68.8～78.9℃であったが、噴出開始後29分経過したとき、突如として90℃以上に昇温し、87.0～96.0℃の変化となった。しかし、泉温は、噴出周期(T)のような長周期変動は明瞭ではなかった。

3. 噴出活動の特徴

七ヶ釜間欠泉が出現して以来、2. で述べたように9回観測が行われたが、それらにみられる特徴を抽出してみる。

(1) 1983年6月の間欠泉出現以来一年間の周期、泉温、噴出高度などをまとめてTable 1に示す。これらの値は、その日の観測時間における平均値であるが、噴出活動に数10分の消長のある周期性をもっているため、観測時間の長短によって平均値の重さが異なっている。また、地上噴出を行う前に湖中放出を行っていたり、バルブ操作による切換えを行ったりして、噴出の初期条件が異なっているため、各時期の平均値を単純には比較はできないが、間欠泉噴出開始以来1年以上の活動の推移の傾向は知ることはできる。それをFig. 8に示した。それをみると噴出時間(T)は初期の周期の30%になっている。噴出時間(T₁)も初期のその60%になっているが、それ以上に休止時間が70%以上も短縮している。従って、より活発な間欠泉になったといえる。あるいは自噴泉に近づいたともいえる。さらに、Table 1の泉温と噴出高度の変化の傾向をみると、この噴出井の温泉活動は低下したとは考えられない。

(2) 噴出周期が時間的に変化し、それが正弦波的に繰り返すことは2. において述べたが、その現象は7日7回の連続測定において毎回みられた。その正弦波的周期は70分前後であったが、同時に泉温、噴出高度にも正弦波的周期が明瞭に見られることが多かった(Fig. 5, 6, 7)。

(3) 地上噴出させるためにバルブを切換えた直後の短周期噴出の後に、長い休止時間をもつ(周期の長い)噴出が2～3回あらわれる場合がある。これは明らかにバルブの切換の影響であり、30分以上影響が残るのがみられる(Fig. 4, 6, 7)。泉温が著しい不連続を示す場合もみられる(Fig. 5, 7)。それが90分後にあらわれている場合もある(Fig. 5)。噴出高度には、バルブ切換

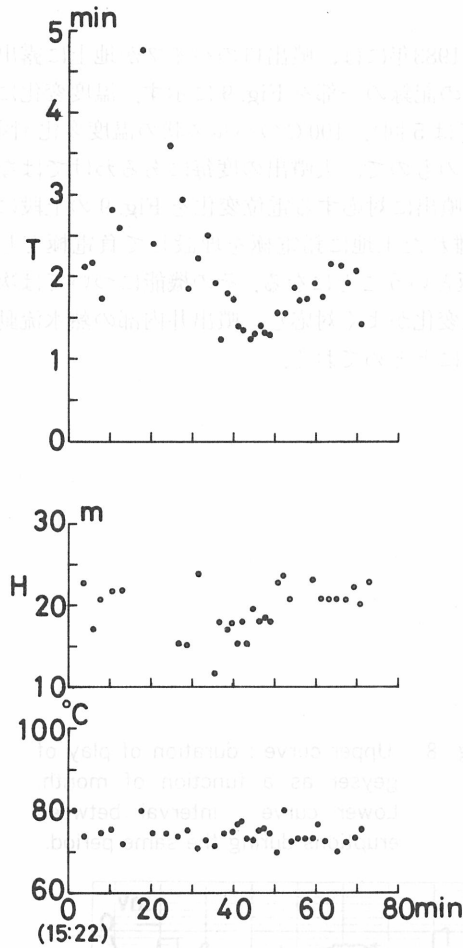


Fig. 6 Interval between eruptions, height of eruption and temperature of ejected water as a function of time. Record taken July 23, 1984.

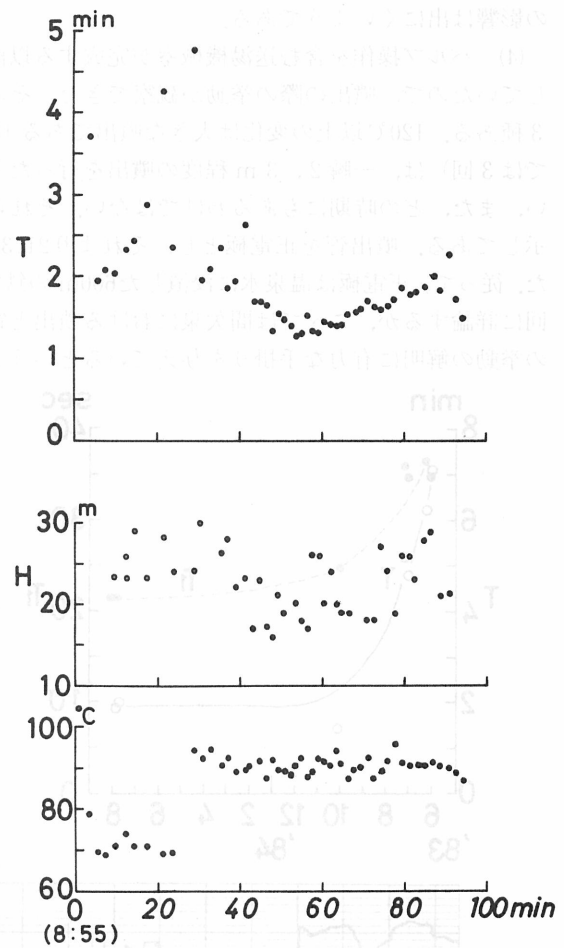


Fig. 7 Interval between eruptions, height of eruption and temperature of ejected water as a function of time. Record taken July, 1984.

Table 1. Long Term Variation of Geyser Activity

Date	Time of Observation	Average Interval Between Eruptions (min)	Average Length of Play (s)	Average Time of Pause after Eruption (min)	Temperature of Ejected Water (°C)	Height of Water Play (m)
June 10, 1983	9 : 20~10 : 50	7.1	35.3	6.5	100	50
June 14	9 : 32~11 : 15	6.2	36.5	5.6	76~ 91	—
July 3	13 : 28~16 : 12	4.8	34.9	4.2	74~ 80	—
July 4	8 : 55~13 : 04	5.2	35.8	4.6	75~ 83	—
Aug. 7	16 : 40~17 : 30	1.9	—	—	—	—
Oct. 6	10 : 29~13 : 50	1.4	24.6	1.0	97~145	14~41
July 9, 1984	14 : 55~15 : 27	3.9	29.6	3.3	—	18~48
July 23	15 : 00~16 : 30	2.0	21.6	1.6	71~ 80	12~24
July 24	8 : 55~10 : 35	1.9	21.6	1.6	69~ 95	16~30

の影響は出にくいようである。

(4) バルブ操作を含む送湯機械室が完成する以前の1983年には、噴出口のパイプが地上に露出していたので、噴出の際の挙動が観察できた。その時の記録の一部を Fig. 9 に示す。温度変化に3種ある。120°C以上の変化は大きな噴出である(図では5回)。100°Cのパルス状の温度変化(図では3回)は、一瞬2、3 m 程度の噴出を行ったときのもので、大噴出の度毎にあるわけではない、また、どの時期にもあるわけではない。それらの噴出に対応する電位変化を Fig. 9 の上段に示してある。噴出管を正電極とし、それより21.3m 離れた土地に鉛電極を埋設して負電極とした。従って、正電極は温泉水に浸漬した600m の鉄電極ということになる。その機能については次回に詳論するが、こゝでは間欠泉における噴出と電位変化がよく対応し、噴出井内部の熱水流動の挙動の解明に有力な手掛りを与えているということにとどめておく。

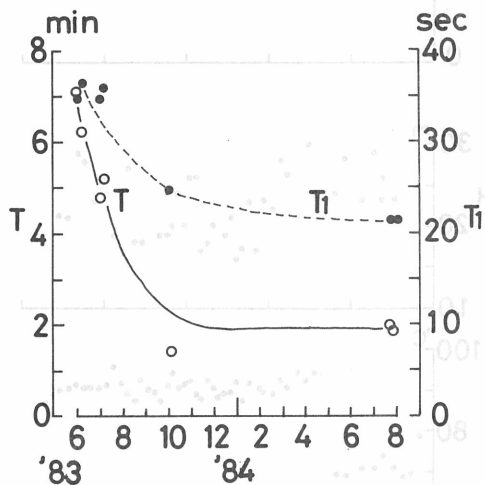


Fig. 8 Upper curve : duration of play of geyser as a function of month. Lower curve : interval between eruptions during the same period.

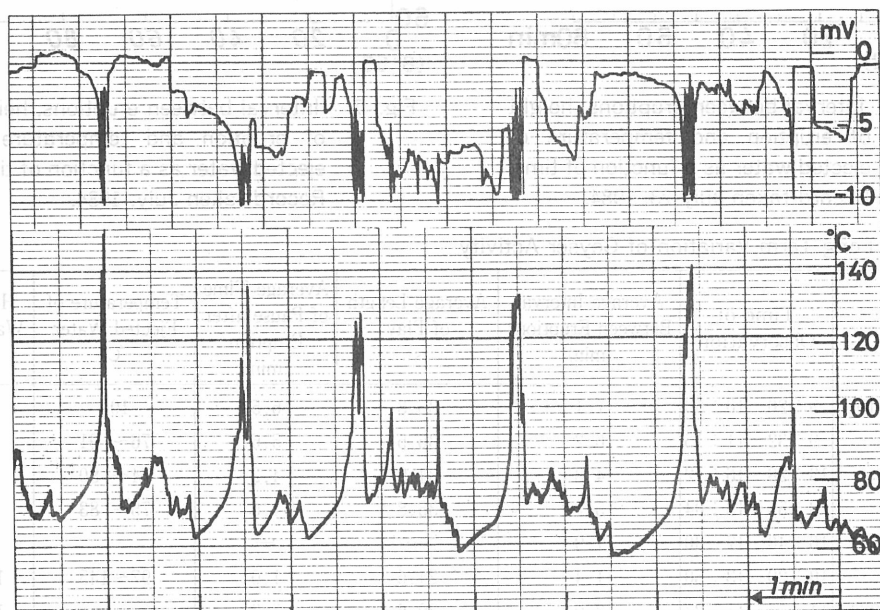


Fig. 9 Upper curve : electric potential difference between positive electrode of casing (iron pipe) and negative electrode of groundsurface as a function of time. Lower curve : temperature as a function of time. Oct. 6, 1983.

80°C以下の脈動的な温度変化は、管口よりの蒸気によるものである。噴出の休止時には、いつも管口まで(地上1.9m)水位があり、噴出の直前になっても、水位が上昇して溢れるということとはなかった。噴出は始まると連続的であって脈動はしない。停止のときは、瞬時にして噴出高度が零となる。管口の水位は一瞬下ったかと思うと、次の瞬間管の口端と同じ水位となる。

(5) 間欠泉の坑井の温度検層を1983年10月6日に行った。噴出のない時間に17mの深度まで測定した結果を Fig. 10に示した。測定中に小さな噴出(高さ20cm位)が4回あった。それによる温度変化は、16.5mで6~2.5°C, 15.5mにおいては1.5°C, 13.5mでは0.3°Cそれぞれ温度上昇がみられたが、いずれも直ちにもとの温度に復帰している。次に10mの深度において温度計を固定して、その時間的変化をみたところ、102.9°Cで変化なく、大噴出とともに温度計は吹き上げられてしまった。

(6) 噴出時間と休止時間あるいは周期との関係については、秋田県銭川間欠泉(伊藤ら, 1978; 川村ら, 1981; 伊藤ら, 1983), 栃木県川俣間欠泉(斎藤ら, 1984), 上諏訪間欠泉(伊藤ら, 1984)などについて論じられている。それは、休止時間はその直前の噴出時間の長さに依存するというものであった。つまり、噴出時間が長いとそれに引続く休止時間が長い傾向があるとした。その逆の休止時間が長くても、それに引続く噴出時間が長いとは限らないとした。

Fig. 11は、Fig. 7の噴出時間(T_1)とそれに引続く休止時間(T_2)との相関もみたものである。これに反して休止時間とそれに続く噴出時間との相関は全くない。それは、休止時間が次の噴出時間(噴出エネルギーといってよい)を決定するのではなく、その直前の噴出(時間)による放出エネルギーの回復を意味することになる。

そこで、さらに Fig. 7の噴出時間(T_1)と噴出高度(H)との積をもって放出エネルギー(E) (単位時間あたりの噴出量、エンタルピーは一定と仮定)とみなして、それとそれに引続く休止時間(T_2)との関係、 $T_2 - E$ の相関をみたものが Fig. 12である(使用した Fig. 7の初めの30分間は除外した。しかし、周期 T の長周期変動は除いていない)。

Fig. 11, 12にみられる相関は、間欠泉の機構について本質的な問題を提供しているように思われる。まずは間欠泉の周期の問題である。間欠泉の周期は、噴出時刻から次の噴出時刻までの時間間隔をもって定義しているのが普通であるが、その物理的意味は明確とはいえなかった。ここで初めて、周期は

$$T \text{ (周期)} = T_1 \text{ (噴出時間)} + T_2 \text{ (それに引続く休止時間)} = \text{(噴出開始の時刻)} \sim \text{(次の噴出}$$

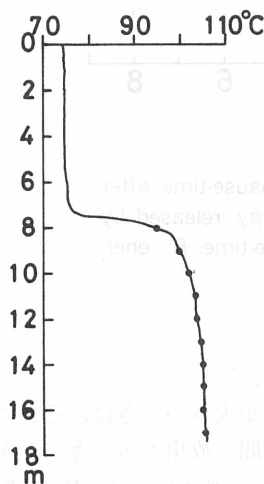


Fig. 10 Temperature-depth curve in a state of pause before eruption.

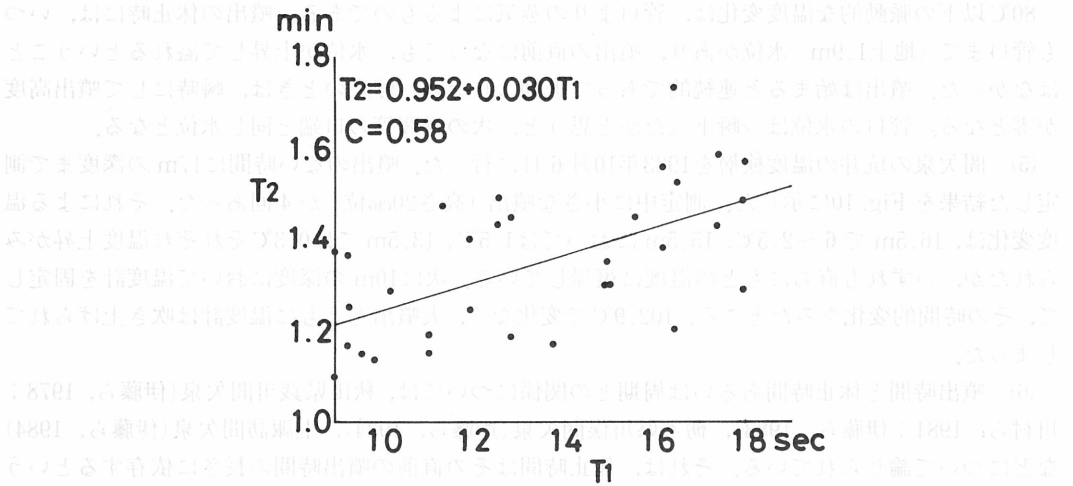


Fig. 11 Correlation of a pause-time after eruption with length of play. T_2 : pause-time. T_1 : length of play:

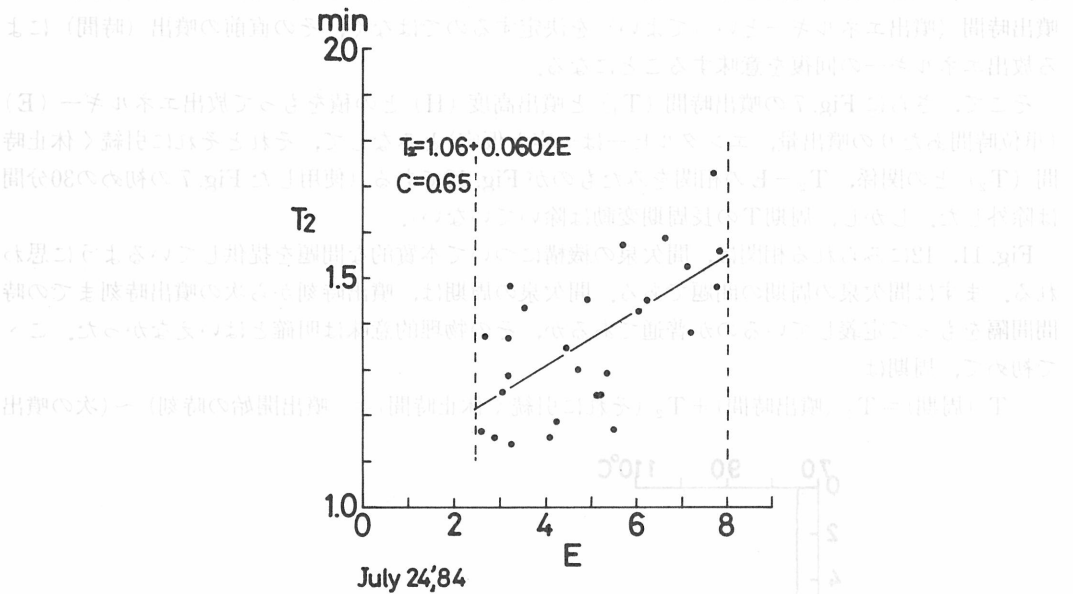


Fig. 12 Correlation of a pause-time after eruption with energy released by eruption. T_2 : pause-time. E : energy.

開始の時刻)

でなければならない根拠が与えられたものといえよう。

(7) 間欠泉において、噴出時間 (放出エネルギー) が大きいときは、それに続く休止時間が長い、しかし、休止時間が長くても、それに続く噴出時間 (放出エネルギー) が大きいとは限らない。この法則性をモデル化すると Fig. 13のようになる。図において、 E_0 は噴出エネルギー・レベ

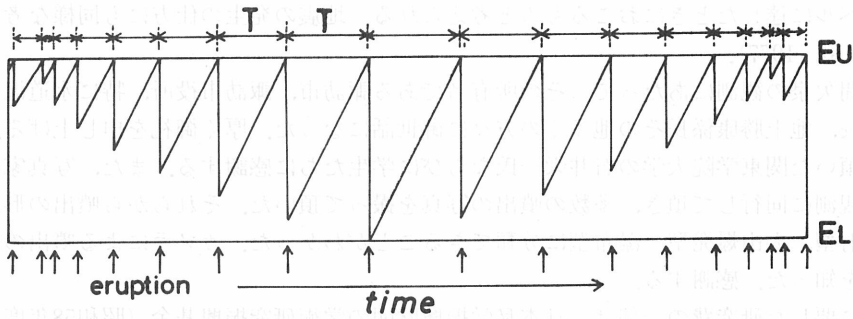


Fig. 13 Model of geyser corresponding Fig. 12. ($E_u - E_L$) indicates energy released by eruption. T is interval between eruptions.

ルの上限, E_L は噴出エネルギー・レベルの下限とおくと, 一回の放出エネルギー E は,

$$E_u - E_L = E_{max}$$

となる。下からのエネルギー供給速度を一定とすると, $(E_u - E_L)$ は間欠泉におけるエネルギー蓄積量の限界量である。Fig. 12のエネルギーの上限, 下限の存在によって, 限界量の存在を知ることができる。垂直管モデルを想定すると, E_u はある深さにおける沸とう点に対応するエネルギー・レベルとして, $(E_u - E_L)$ は, そこで沸とうが発生したときの気泡(蒸気)に必要な熱量(潜熱)に相当する。その熱量が, それより上部の水量を上昇させる機械的エネルギーに変換し, 噴出を生じさせる。消費した潜熱を補償するには, 消費に応じた時間を必要とする。沸とうする深さは, それより上部から受ける水圧が減少すれば浅くなり, 気泡の発生に必要な潜熱, 放出エネルギー E は小さく,

$$E_u - E_L = E_{max} > E$$

である。(詳細は次回に論じる)。

モデル Fig. 13より Fig. 8の間欠泉の経年変化を考察してみる。周期(T)が初期より1年後には約30%に短縮しているので, モデルの $(E_u - E_L)$ を30%に縮少すれば周期の短縮を説明できるが, 噴出時間(T_1)が初期より約60%に短縮しているに過ぎないので, モデルにおけるエネルギー供給速度が大きくなった(モデルの斜線の勾配が大となる)と考えることができる。それは前述した3.(1)と整合する。

4. あとがき

七ツ釜間欠泉の9回にわたる観測について, 間欠泉への工作, 施設作りなどの条件の変化, 間欠泉付近の台風による湛水などの周囲条件の変化のもとでの結果を述べてきた。間欠泉は体質的に脆弱であるので, 条件のちがいに敏感である。それらの観測結果を説明できる間欠泉の機構の考察は次回に行う。

本文において得られた重要な結果の第1は, 噴出周期が時間とともに正弦波的に変動する複周期をもっていること, しかも泉温, 噴出高度も同様な複周期をもっているということである。また, 水質, 化学成分も正弦波的な長周期をもっている(花岡ら, 1984; 伊藤ら, 1985)。これらのことは直ちに, この間欠泉は垂直管モデルが適合する予想が立てられる。第2は, 噴出エネルギーがそれに引続く休止時間を規定するという法則性が見い出されたことである。それは, 噴出の時間間隔が先行した噴出エネルギー量に比例するということであり, 噴出は一定の限界エネルギー

ギー・レベルに達したときにおこるものと考えられる。地震の発生の仕方にも同様な考えがある (Bufé et al., 1977)。

七ッ釜間欠泉の観測にあたって、その所有者である諏訪市、諏訪市役所、特に水道温泉部の矢崎宏之部長、池上勝康係長その他多くの方々に御世話になった。厚く御礼を申し上げる。観測に協力して頂いた関東学院大学の石井栄一氏ならびに学生たちに感謝する。また、写真家の菅原恵氏には、観測に同行して頂き、多数の噴出の写真を撮って頂いた。それらから噴出の形式に、ロケット発射型、火山爆発型、瀑布型に分類できることがわかった。カメラによる噴出の研究も重要なことを知った。感謝する。

本研究に要した研究費の一部は、日本私学振興財団の学術研究振興基金 (昭和58年度) によったことを記して深謝の意を表する。

引 用 文 献

- 1) Bufé, C. G., P. W. Harsh and R. O. Burford (1977) : Steady-state seismic slip—a precise recurrence model, *Geophys. Res. Lett.*, 4, 91—94.
- 2) 花岡隆範・伊藤茂樹・宮下隆・中沢博道 (1984) : 七ッ釜新源湯 (間欠泉) について, 長野県環境科学技術者協議会研究発表会 (要旨).
- 3) 稲垣益次 (1983) : 諏訪地方の温泉, *温泉科学*, 33, 200—210.
- 4) 伊藤芳朗・斎藤輝夫・南雲政博 (1978) : 銭川間欠泉に伴う流動電位 (I), *地熱*, 15, 19—27.
- 5) 伊藤芳朗・斎藤輝夫・市川浩・山本隆・南雲政博 (1983) : 銭川間欠泉の周期について (要旨), *温泉科学*, 33, 221.
- 6) 伊藤芳朗・斎藤輝夫・川上親孝・川口英雄・矢崎宏之・後藤義孝・稲垣益次 (1984) : 上諏訪間欠泉について (要旨), *温泉科学*, 34, 197.
- 7) 伊藤芳朗・斎藤輝夫・桐原啓真・稲垣益次・後藤義孝 (1985) : 上諏訪間欠泉の周期と噴出機構, 第38回日本温泉科学会講演要旨.
- 8) 岩本節治 (1983) : 諏訪市の温泉統合, *温泉科学*, 33, 211—213.
- 9) 川村政和・関岡満 (1981) : 秋田県銭川温泉の重合周期性間歇泉の研究 (序報), *地熱*, 18, 55—64.
- 10) 斎藤輝夫・桐原博人・石井栄一・伊藤芳朗 (1984) : 川俣温泉の源泉と間欠泉の周期について (要旨), *温泉科学*, 34, 178.
- 11) 柳平千彦 (1983a) : すわ歴史散歩, 付上諏訪温泉の今昔, 119—225, 諏訪文化社.
- 12) 柳平千彦 (1983b) : 上諏訪温泉の沿革, *温泉科学*, 33, 190—199.