HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	4. 鹿部、鶴ノ湯間歇熱泉の研究
Author(s)	大谷, 清隆
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 8, 51-65
Issue Date	1961-03-23
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.8.51
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13831
Type	departmental bulletin paper
File Information	8_p51-65.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

4. 鹿部，鶴ノ湯間歇熱泉の研究

大谷清隆
(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和35年11月受理 —

I. 序　　言

現在北海道に於いて，天然の間歇泉は登別温泉地獄谷に小規模のものがあるのみで，他は掘搾によるものである。これらは登別温泉に4本[1]，弟子屈温泉に1本，鹿部温泉に2本あり，いずれも噴出口での水温はその地の高度の示す沸騰温度に達している。

本邦に於ける間歇泉は多数の研究者[2]によつて研究されているが，鶴ノ湯間歇泉は野口[3]によつて化学的に研究されているのみであるので，著者は地球物理学的見地より，1958年11月より翌年11月にわたり4回調査を行ない，その間歇機構について考察を試みた。

II. 概　　況

鹿部温泉（北海道茅部郡鹿部村）は渡島半島東岸，噴火湾が太平洋に口を開く所にある。これより北西西約13 kmに駒ケ岳火山，南南西約11 kmに横津岳火山がある。

著者が1958年11月に当教室学生，伊藤*，和田*，に同行し，鹿部温泉調査[4]を行なつた際の1 m深地下地温調査[5]によると，鶴ノ湯間歇泉はその最高地温地帯（地温25°C）に属している。この地帯は駒ケ岳の火山灰によつておおわれており，その厚さは6～7 mにおよんでいる。

鶴ノ湯間歇泉は海岸から約50 m内陸にあり，これより約30 mで高さ約15 mの海岸段丘となつている。又北西30 mの所に池田地熱製塩所所有の深さ100 m前後の3本の温泉がある。これらは海岸に向つて縦1列に約5 mの間隔で並んでいる。一番山側に位置するものは，周期約6分の間歇泉であり，真中のものは脈動的に噴出を続け，海岸寄りのものは吹き上げ温泉であり，噴出量も一番多い。これらは噴出の際は湯を約10 mの高さに吹き上げている。この例のように，似通つた条件の下でこのような差異が見られることは，吹き上げ温泉（噴騰泉）と間歇熱泉との関係に一つの手掛りを与えるものとして興味ある問題である。

---

1) 鈴木（醇）・石川・鈴木（淑）・勝井；登別温泉地質班調査報告，北海道温泉調査報告 第15号 (1958) 35.
2) 例えば K, Honda and T. Terapa Tubl. Earthy. Inv. Comm. 22 B (1906).
K. Honda and T. Sone; "The mineral Springs in Japan" (1915) 73.
南葉宗利；湯の谷間歇泉序報，地球物理 第3巻 第4号 (1939) 314.
3) 野口喜三雄；本邦の間歇泉の化学的研究，温泉科学 第1巻 第1号 (1941) 17.
4) 伊藤*, 和田*, 昭和33年度卒業研究発表会で発表
5) 福富孝治：1 m深の地中温度より温泉探査の可能性について，北大地球物理学研究報告 1, (昭和26年) 1.

鶴ノ湯間歇泉は昭和27年 (1952) 5月に掘搾されたもので，野口によつて研究された間歇泉より1m山側に位置し，深さ25.9 m，直径15 cmの鉄管が上部10 mに埋込まれてある。管口附近は直径約4 m深さ40 cmのコンクリートわくで囲まれ，噴出した湯は管の中に戻る事なく浴槽に引かれている。

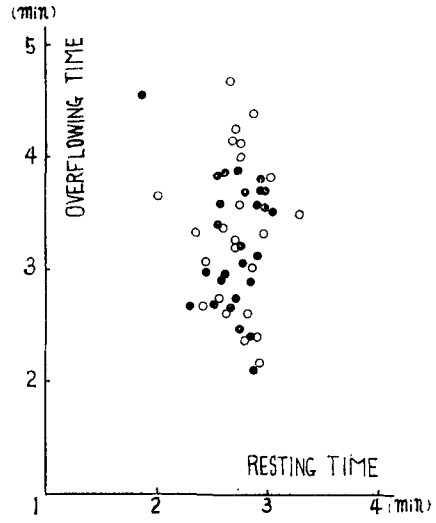
III. 噴出状況

最初に管口より熱水が溢れる時は，非常に水面穏かで気泡も上つて来ない。が徐々に小さな気泡がふえ，溢れ初めより1分位過ぎると，気泡も大きなものが上つて来るようになり，湯のたぎる音が聞えるようになる。2分を過ぎると完全に沸騰状態になり，溢れ出す熱水の量は増加し沸騰する熱水は次第にその高さを増し40～50 cmに達する。とついで噴騰が起る。噴騰時の高さは2 mに達し，平均10 sec連続し脈をうちながらその噴騰の高さが下り，ついに管口より熱水が溢れなくなる。管の中では沸騰の状態は続き水面は1～2 m位上下し蒸気のみが管口より噴出している。噴騰終了後1分位で沸騰の状態も弱まる。しかし多数の気泡が下部から上昇しつつあるような状態のまま水面は再び上つて来る。水面が管口から40～50 cmの深さに上昇すると気泡も数少なくなり，再び管口より熱水の溢れる際には通常ほとんど気泡は見られない。

IV. 週期

週期は上述の管口より熱水が溢れる時から噴騰を経て次に同じく管口より熱水が溢れる迄を一週期とした。管口から熱水が溢出する時から噴騰終了迄を溢出時間とし，管口から熱水が溢出しない間を休止時間とした。時間はストップウォッチで読み取つた。

1959年5月3日，4日に於ける週期を第2表に示した。表に示されるように，週期は最長9 min 27 sec，最短4 min 59 secである。図1に休止時間と溢出時間との関係を示した。縦軸と横軸の和がその時の週期を示す。この図からわかるように横軸方向のばらつきより縦軸方向のばらつきの方が大きい。又3日（黒丸）と4日（白丸）について見ると，休止時間のばらつきの幅は両方とも同程度であるのに，溢出時間は3日に長いものが多く，両日の週期の平均値に見られる差は溢出時間の長短によつていることが分る。



第1図 溢出時間と休止時間との関係

Fig. 1. Reration between overflowing time and resting time.

V. 溢　出　量

5月5日に一週期間の溢出量を測定した。方法は浴槽に引湯されている湯を，コンクリートわく横に穴を掘り，4斗樽を2本埋め，樋で他に漏れないように流入させて測定した。溢出量として，噴騰以前に溢出した水量と，噴騰により噴出した水量とを分けた。その区別は熱水が沸騰状態に入り湯玉が50 cm 位の高さに昇る以前とその以後とにし，二つの樽に分けて流入させた。けれどその両者の量には数 l の多少はある。その結果を表1に示した。

表1　一週期間の溢出量

Table 1. Volume out-put during one cycle May, 5. 1959.

噴出時刻 (Tim at Erup) h, m	噴騰前 (before Erup.) l	噴騰時 (at Eruption) l	総量 (total Volume) l	備考 (Note)
12. 00	—	—	104+?*	流路より漏れる
12. 30	—	—	145*	二度吹き
14. 20	—	—	112	
14. 40	34	83	117	湧出時間 2 m, 38 s
15. 40	34	76	110	〃 2 m, 57 s
15. 45	29	85	114	〃 2 m, 41 s
16. 25	58*	83	141*	二度吹き
平均 (mean)	32	82	114	

* 平均より除外

溢出総量は114 l 前後の場合と，143 l 前後の場合がある。後者は噴騰が連続して二度あつた場合，つまり第1の噴騰が終つて20 sec 程後に再び噴騰が起きた場合，又は溢れ始めから噴騰に至る迄の時間が異常に長かつた場合である。

噴騰により噴出されたと思われる水量は76～85 l で，平均82 l である。これらの溢出・噴出量を管の容積と比較してみると，管の直径が15 cm であるから，管の断面積を S とすると

$$S=\left(\frac{15}{2}\right)^2\pi=177\ \mathrm{cm}^2$$ であるから

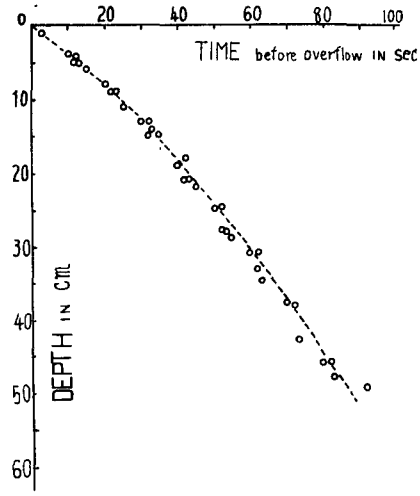
$150l/S\fallingdotseq 8.5$ m,　$115\ l/S\fallingdotseq 6.5$ m (総量)

$82l/S\fallingdotseq 4.7$ m　　$32l/S\fallingdotseq 1.8$ m

となり，一回の噴出量は管上部5 m 以浅の容積にしか相当しない。

週期始めに於いては4～5 l/min 程度の溢出量であるが，管口に気泡が現われる頃になると15～20 l/min となり，湯玉が管口より50 cm 位の高さに上る頃には40 l/min 程度に達する。又噴騰時に於いては490 l/min である。総溢出量を週期で除し，平均湧出量を求めると18.6l/min である。図2に噴騰終了後の水面上昇の割合を示したが，これで見ると水頭が管口より

40 cm 下の点での湧出量は 7 *l*/min に過ぎない。この事から噴騰後水頭の下つた時には相当多量な湧出があると考えられる。



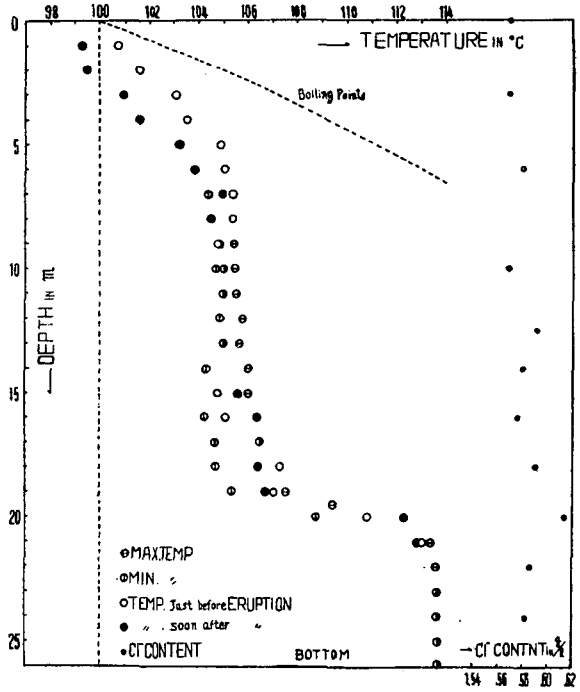
第2図 水面上昇速度
Fig. 2. Rising velocity of water surface in hole.

VI. 管内の温度変化

5月3日と4日の両日，週期測定と同時に管内の各深さに於いて，一週期にわたる水温変化を測定した。測定には応用電子工業研究所製の Electro thermometer **ET-5S** を使用した。精度は ± 0.1°C である。

測定結果を図 **3**, **4** に示した。図中深さ奇数m は 3 日，偶数 m は 4 日に測定した値である。

第 **3** 図に於いて，白丸と黒丸は噴騰直前，直後の温度を示し，丸の中に横棒と縦棒の入つているのは一週期間のその深さでの最高及び最低水温を示している。噴騰直前，直後の水温が，その深さでの最高，最低水温である場合，白丸・黒丸をもつてそれを表した。

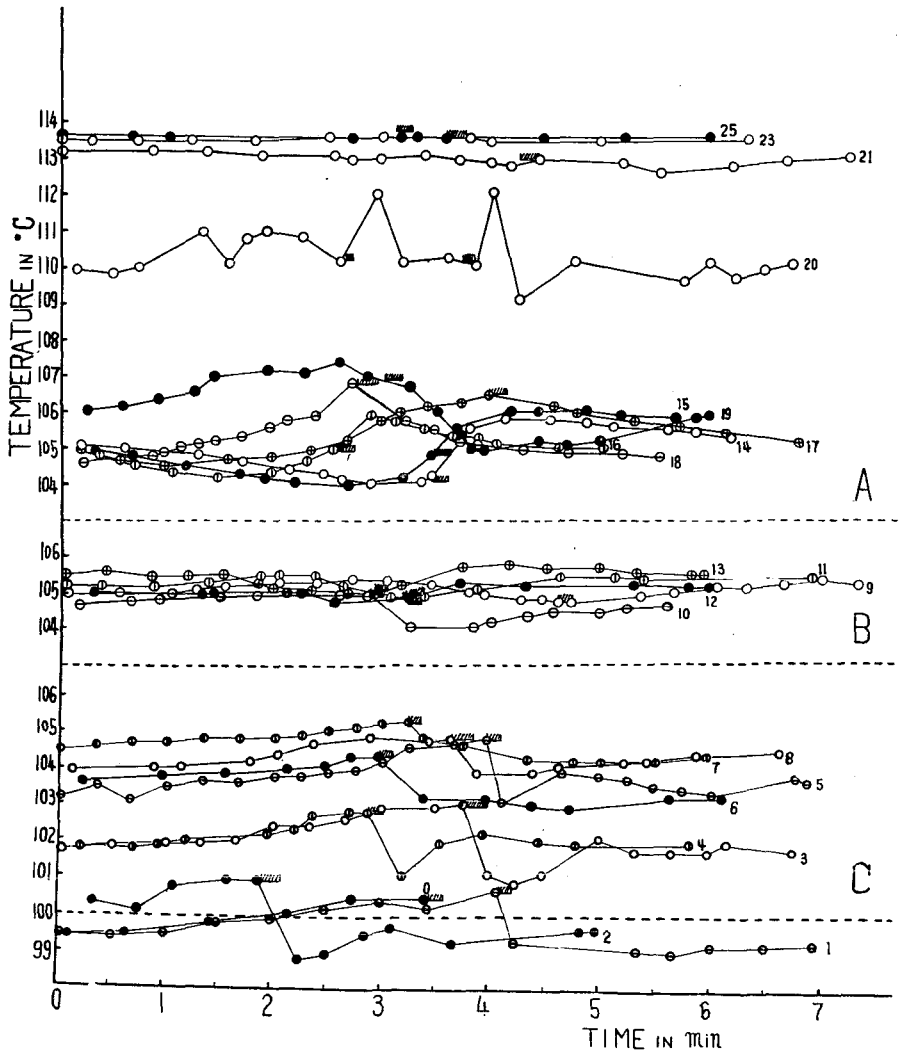


第3図 管内各深さに於ける水温分布
Fig. 3. Thermal profieles through hole.

1～6 m では噴騰直前直後の水温がその深さでの最高最低水温を示している。9, 10, 11, 13, 17 m と 23 m 以深では，噴騰直前直後の水温に変化が見られない。又 23 m 以深では全週期を通して水温変化は全くない。19～21 m にわたつて水温は急激に低下している。これはこの部分から最深部より湧出する熱水より比較的低温な熱水が湧出しているためと思われる。各深さでの最高水温はいづれも 100°C を越えているが，その深さに静水圧がかかつている場合の沸騰温度より低い。図の破線は静水圧がかかつていると仮定した場合の沸騰温度を示している。

第 **4** 図は各深さに於ける一週期間の水温変化を示した。グラフ右端の数字は管口よりの深

さを示し，斜線はその水温測定時の噴騰時間を示した。これより前の部分が溢出時，後の部分が休止時である。



第4図　一週期間の管内各深さに於ける水温変化

Fig. 4. Time-temperature curves for one cycle at several depths in hole.

第4図Aにおいて，23～25 m では週期を通じて水温変化はほとんどない。20 m での測温の際に噴騰が2度連続して見られたが，噴騰終了後水温急激に上昇しすぐ再び下降し，110°附近の水温を保つている。これは噴騰により管内の熱水が一時に放出されるために生ずる静水圧の低下により最深部からの熱水の湧出量と，20 m 附近からの比較的低温な熱水の湧出量との平衡がくずれるためと考えられる。19～17 m では最高水温は噴騰又はそれ以前に見られ，噴騰終了後水温低下している。16～14 m では噴騰後に水温上昇している。この深度に於いて

は水温変化は緩慢であり，その変化の幅は2～3°C である。噴騰時を基準にして考えるならば，その最高水温を示す時は深い方から浅い方に向つて，前から後へと移り変つている。このような連続的な変化を示すことは，熱水の上昇が断続されたものではなく，熱水の上昇速度に時間的な変化はあるであろうが連続したものと考えられる。

図**4 B** に於いては，各深さに於ける水温変化の幅は1°C を越えるものはない。12 m，11 m ではその幅がわずかに0.1～0.6°C である。これは熱水の上昇過程に於いて混合されている事を示すものであり，この混合は急激に且つ又断続的に行なわれているとは考えられない。噴騰以前の水温は各深さについても，時間的にも変化が少ない。噴騰終了後の水温を見ると，13 m では上昇し，9 m 10 m では低下している。前者は図 **A** で分るように，下部からの熱水上昇の影響と考へられる。後者は図 **C** に於いて説明するが，上部の影響と考えられる。

図**4 C** に於いて特徴的な事は，噴騰直前の水温がその深さに於ける最高水温を示し，噴騰と同時に水温は急激に低下し，噴騰直後の水温がその深さでの最低水温を示している事である。その水温低下の大きさは，2～5 m では2.2～1.7°C と大きく，6以深では深さと共にその値が小となつている。この急激な温度低下の原因として考えられる事は，

1) 噴騰終了後，管内の水頭が下り温度計の感温部が空中にさらされる事である。しかし，噴騰終了後も水頭は肉眼で見える程度にしか下つていず，しかも1～2 m 程の振幅をもつて上下している。フロートを使用して実測した結果，最大2.5 m 程度しか水面は下つていない。従つて，感温部が空中にさらされるために水温が低く記録されたのではない。

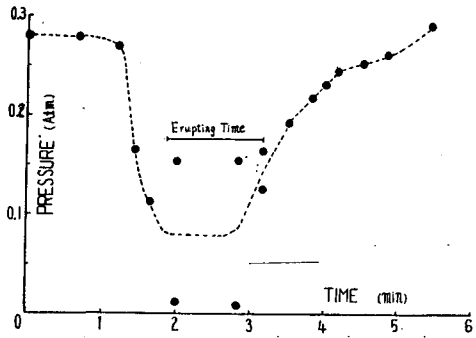
2) 噴騰終了後浅い地下水が流入する事は，上部 10 m 迄鉄管が入つているので考えられない。又下部から低温な熱水が上昇して来るためでない事は図 **B** より明らかである。

3) ここで考えられる事は，沸騰の際の気化熱として奪われる熱と，噴騰終了後も引き続いて管内で起つている沸騰により熱水が管内を上下している間に冷却されるための水温低下である。しかし，後者は急激に起るものではなく，ここで一番重要な要因は前者であると考えられる。しかし，管内の最高水温はそこに静水圧がかかつていると考えた場合，いづれも沸騰温度に達していない。しかし実際には沸騰現象が見られる。そこで，管内に常に静水圧がかかつていると仮定した事を確めるために，管内の圧力を実測した。

VI. 管内の圧力変化

装置は **U** 字型ガラス管，ガス用ゴム管，罐詰の空罐，水銀，錘より成つている。罐の容積は500 c.c. で，下部に直径1 cm 大の穴を2個あけ水の出入りが出来るようにした。罐の上部に通気孔をあけ，直径1 cm，長さ10 m，容積約750 c.c. のゴム管により **U** 字管に連結し，水銀の上下変化により圧力変化を続み取つた。罐は噴騰により上下したり，転倒しないように長さ30 cm，重量約3 kg の錘を下につけてある。測定は管上端より3 m の深さに罐の下端があるようにして測定した。その結果を図**5** に示した。(ここで大気圧は1気圧とした。)

熱水が管口より溢れ始める週期初めでは静水圧に近い値を示している。測定の際噴騰迄の時間が通常より短く，溢出始めに於いてすでに気泡が見られた。1分を過ぎ沸騰状態になるにつれ，圧力は急激に減少し，圧力が0.1気圧以下になると噴騰が起り0.01～0.14気圧の間を示す。この平均値がその時の圧力とすれば，約0.08気圧である。図3によつて，3 mの噴騰直前の水温とその103.1℃の有する最大蒸気圧1.12気圧を見るならば，3 mの深さの点に於いて沸騰現象の生じ得る事は理解される。管内の圧力は3 mの深さのみの変化であるが，これと同様な変化は管口よりある深さ迄起きているであろう。



第5図　管内3 m深さに於ける圧力変化

Fig. 5. Time-pressure curve at 3 m-depth in hole.

圧力測定の際に，噴騰時間が約1分20秒と通常より長かつたが，これは管内に鑵を入れたために，蒸気並びに熱水が噴出しにくかつたためと思われる。以前に氷嚢を用いて圧力を測定しようとした際に，氷嚢中の空気が膨張してほとんど管口をふさいでしまつた事があるが，その時には間歇現象は起こらず，噴騰もせず湯玉が30～40 cmに吹き上る沸騰状態が長く続いていた。

噴騰が弱まると共に圧力は増加し，その増加の割合は噴騰終了直後に大であり，後その割合は徐々に減少する。これは水頭が下つた場合，相当して湧出量が大になつている事を示している。

図3の右側は管内のCl^-分布を示している。採水は北原式採水器を使用している。採水時は溢れ始めて後1分である。Cl^-の含有量は各深さに於いて非常に差異があり，深さに於ける方向性もない。ただ20 m附近にCl^-の含有量の多い熱水が存在している。だが上部に於いてこのような含有量を持つ熱水が無い事は理解しがたい。

VII. 噴騰機構の考察

一週期間の溢出量又1回の噴騰により放出される水量が，管の上部8 m若くは5 m程度を充すだけの量であり，図3, 4で示されるように，深度11, 12 mでは一週期を通じて大きな水温変化が見られない。又噴騰直後の水温が9～13 mではほとんど等しく，又その各深さの水温もほとんど等しい。これらの事実は間歇現象を示すなんらかの機構が管口より8 m以浅に存在する事を示している。

地表より約10 mは鉄管が埋込まれているから，この部分に熱水，地下水等の管内への流入，流出はない。管内の熱水を沸騰に至らしむる熱源はこの地域の地温とその温度勾配から考

えて，地熱によるものでないことは明らかである。従つて熱源として考えられるのは，熱水自身の有するもの以外には考えられない。つまり下部より熱水が上昇して来る途上で，その熱水の水温の最大蒸気圧以下に静水圧が減少した点で，過熱されている熱を潜熱として沸騰が起り，その際発生する水蒸気の圧力で，熱水を噴出させると考えられる。以下週期始めより順を追つて説明していく。

先ず，この間歇泉の静止水頭は管口より高い。従つて水頭が上昇して管口より高くなると，熱水は溢出する。この時図**4 C** で示されたように，管口での温度は 99.5°C で大気圧の下での沸騰温度に達していない。実際にも気泡は見られない。しかし溢出が続くうちに，上部の冷却した熱水は管外に溢出し，下部から，より高い熱水が上昇する。やがて管口で 100°C に達すると表面又は表面近くで気化が始まる。そのため表面が泡立ち，管内の熱水は水面が静かな時より多量に溢出する。その結果水面が低下し圧力が減少するため，それより少しく深い所でも沸騰が起り，気泡が下部より上昇し始める。管内の水柱に気泡が含まれるために，見かけの比重は減少し，下部からの湧水が一定であつても管口より溢出する熱水の量は増加する。そうすると当然管内にかかる静水圧は減少するから，より深い所でも気化が起るようになり，次々と連鎖反応的に沸騰現象が下部に及び，図**5** に示されるような圧力低下が見られ，ついには 105°C の熱水のもつ最大蒸気圧より小さい静水圧のかかつている管上部全体にわたつて，沸騰状態となり，その発生する水蒸気が多量となるために，管内の熱水を一時に吹き上げて噴出する。これが噴騰時にあたる。熱水の気化は続くが，下部より湧出する熱水の量よりも，数倍多くの熱水が一時に噴出されるため，水面は管内深く (2.5～3 m 程度) 下る。このため，蒸気は引き続いて発生しているが，管外高くに熱水は噴出され難くなり，その高さは減少し，ついには管外に熱水が放出されなくなる。放出されない熱水は気化の潜熱をうばわれ，管中を上下しているうちに冷却されて沸騰温度以下になる。引き続いて気化は起つているが，管外に熱水を放出するのに充分な蒸気が発生しないため，熱水を管内で上下させるのみで，蒸気のみが管口より噴出する。一般に多くの間歇泉で，噴騰終了後，地鳴りのような音が聞えるのはこのような状態にあるためと思われる。管外に放出されなかつた熱水は上述のような現象のため冷却され，管内に蓄積される。そのため，ある深さでの静水圧は，その時の湧出量に相当して増加する。同時に蒸気の発生量も減少する。そしてついに各深さの水温の有する最大蒸気圧より静水圧が大となるため，蒸気の発生は止み，下部からの湧出量に相当して水面は上昇し，静かに再び溢出する。

以上のように熱水自身の過熱された熱を沸騰の際の潜熱として考えて上記のような現象を生ぜしむるに充分であるかを検討するために後に計算を行なつてある。

噴騰によつて放出される熱水量が表**1** に示されるようにほぼ一定である事は上に述べた機構で理解される事であり，湧出量や下部での水温等の変化により，同一の間歇泉でも週期，溢出量等が簡単に変り得る事も理解されよう。

溢出時間は熱水が管中に止る時に受けている冷却の程度や，管内での熱水の攪拌による水温分布等により非常に左右される。例えば図**2**でわかるように，管上端に水頭がある場合湧出量は6*l*/min程度であるから，管上部に通常より6*l*多くの沸騰温度以下の熱水が残つていれば溢出時間が1分長くなることになる。これに反し，休止時間は数*l*の差があつても，水頭が数m下つて湧出量が相当に多い状態に於いて補われるから，その時間的差は小くてすむわけである。以上の事で図**1**が説明されると考えられる。

VIII. 発生する蒸気量の熱量的考察

簡単のために，管口での水蒸気の体積を考える。熱水の上昇途上に於いて熱伝導等による熱の散逸は無視し，図**3**で見られる如くに，105°Cの熱水が上昇し管口で図**4**Cの如く100.5C°に水温が下り，その温度差は全部気化熱として使われたためと考える。噴騰以前にも，管上部に於いて沸騰現象が見られるが，ここでは噴騰に関するものだけを考える。噴騰により噴出された水量82*l*，として管口で変え得る水蒸気量を考える。水蒸気に変る熱水の量をΔVとし，気化の潜熱539 cal/g，管口での熱水の温度を100.5°Cとすると

$$\frac{(82+\Delta V)\,(105-100.5)\times 10^3}{539}=\Delta V\times 10^3$$

$$\frac{28\times 4.5}{539}=\Delta V\left(1-\frac{4.5}{539}\right)$$

$\frac{4.5}{539}$は1に比して小であるから省略して

$$\Delta V=\frac{82\times 4.5}{539}=0.69\,l \quad \text{となる。}$$

蒸気の体積に換算すると，水の分子量18であるから，管口1気圧の下では

$$\frac{690}{18}\times 22.4\times\frac{373}{273}\fallingdotseq 1170\,l \quad \text{となる。}$$

噴騰時に於いて熱水の高さは約2 mに上るから，これより管口での噴出速度v_0を求めると，空気の抗抵等の影響を無視し，噴出の高さをzとし，重力の加速度をgとすると

$$v_0^2=2gz$$

数値を代入すると

$$v_0\fallingdotseq 6.2\ \text{m/sec}$$

先に求めた蒸気と熱水が，面積177 cm²の管口から6 m/secで噴出する時に要する時間は

$$\frac{(1170+82)\times 10^3}{177\times 6\times 10^2}=11.7\fallingdotseq 12\ \text{sec}$$

実際の噴騰時間は最短7 secから最長15 secで，全観測の平均は10 secである。噴出時に実際

には管口で圧力がかかつていて，蒸気が多少圧縮されている事を考えると，上の値は妥当な値であろうと思う。

噴騰の際に熱水を2mの高さに吹き上げるに要する運動のエネルギーを考える。簡単なために，空気，摩擦の影響を無視する。運動のエネルギーを K とすると，

$$K=\frac{1}{2}mv_0^2=1570\times10^7\ erg\quad(m=\text{質量})$$

熱の仕事当量 $J=4.189\times10^7\fallingdotseq4.2\times10^7$ とすると熱エネルギー Q_k に換算して

$$Q_k=\frac{K}{J}=374\fallingdotseq4\times10^2\ \text{cal}$$

となり，噴騰の際に蒸気に変えるに使われる熱量 ($Q_b=82\times4.5\times10^3=3.7\times10^5$) に比して

$Q_b\,;\ Q_k=10^3:1$ である。

この間歇泉に於いて毎分当り地下から運んで来る熱量は，地下水の温度10°Cであるから

$$18.7\times(105-10)\times10^3=0.178\times10^7\fallingdotseq0.18\times10^7\ \text{cal/min}$$

である。

IX. 模型実験

以上述べたように，鉛直管内を上昇する熱水がそれ自身のもつている熱で間歇現象を示すことを模型実験で確めた。装置は写真で分るように，容積約10lの加圧ガマと直径2cm，長さ150cm，容積425ccのガラス管より成つている。加圧ガマは約1mの台にのせ，自然流下によつて，水頭が管口近く来るようにしてある。加熱はガスによつてし，カマの中の水温が105°Cになつた時に熱水を管下部より流入させる。流入させた当初はガラス管が冷却しているため，管口より高温水が溢出するのみであるが，数分後ガラス管が熱せられると管の下部から気泡があらわれ始める。最初気泡は水中を上昇する程度であるが管内の温度が上昇すると共に気泡は大きくなり，ついには管内の熱水を分断するようになる。このような時期に溢出量は増大し，気泡上部の熱水が少量になると一時に噴出する。このため管内の水面は管上端より50cm迄下る。下部からはほとんど一定の熱水が送られていて，水面の低下による流入量の増加はほとんど見られない。噴出後も管中では気泡が上昇しているが管上部数10cmは完全に液状になつている。続いて水面は上昇し，管口より溢出して液相の部分が流出減少すると再び噴出する。このカマ一杯の熱水でこのような間歇現象が10数回見られる。実際に管内の水温等を測定したかつたが，装置の不備のため出来なかつた。噴騰に関する蒸気はほとんど管の下部で発生しており，管側からの冷却も大きく，鶴ノ湯間歇泉のモデル実験とはなり得なかつた。唯，鉛直管のみの単純な構造で間歇現象の起り得ることは確め得た。

写真に示されている実験の場合，カマの中の水温105°C，流入量30cc/sec，溢出量300cc，溢出時間3sec，噴騰時間0.5sec，休止時間7sec，週期約10secであつた。

表 2 測 定 結 果

Table 2. Result of Investigation

(May 3, 1959)

深度 (Depth) (m)	溢出時間 (overflowing Time) (min, sec)	休止時間 (Resting Time) (min, sec)	週 期 (Period) (min, sec)	最高温度 (max. Temp) (°C)	最低温度 (min. Temp) (C°)	備 考 (Note)
1	4,15	2,42	6,57	100.7	99.0	この間1週期抜けている
3	4,00	2,45	6,45	103.1	100.9	〃
5	4,07	2,45	6,52	104.9	103.2	〃
7	3,07	2,36	5,58	105.4	104·3	11 h 00 時報
〃	3,51	2,46	6,37	105.2	104.4	〃
9	4,41	2,40	7,21	105.4	104.8	〃
11	3,19	2,21	5,40	105.3	104.8	これ以後連続
〃	3,01	3,54?	6,55?	105.5	104.9	
13	3,01	2,52	5,53	105.8	105.0	
〃	—	—	5,00	105.4	104.1	
〃	2,10	2,56	5,06	105.5	105.2	12 h 00 時報
15	3,39	2,01	5,40	106.0	104.0	
〃	2,37	2,38	5,15	106.0	105.1	
〃	3,19	2,58	9,17	—	—	
17	4,08	2,41	6,49	106.5	104.6	
19	3,13	2,44	5,57	107.4	105.0	2度吹き
〃	7,17	2,20	9,27	107.8	105.0	
〃	2,22	2,48	5,10	107.2	106.0	
21	4,23	2,52	7,15	113.2	112.6	1 h 00 時報
〃	2,24	2,54	5,18	113.4	112.9	
23	2,45	2,34	6,19	113.6	113.5	
〃	3,29	3,17	6,38	—	—	
25	3,15	243	5,58	113.6	113.6	
25.9	3,04	2,27	5,31	113.6	113.6	
〃	2,37	2,49	5,26	113.6	113.6	
20	2,40	2,25	5,05	112.3	108.6	
〃	3,49	3,01	6,50	112.5	108.5	
〃	3,35	2,45	6,20	111.3	109.0	1 h 53 m
平均 (mean)	3.30	2.45	6.15			

(May 4, 1959)

深度 (Depth) (m)	溢出時間 (overflowing Time) (min, sec)	休止時間 (Resting Time) (min, sec)	週期 (Period) (min, sec)	最高温度 (max. Temp) (°C)	最低温度 (min. Temp) (°C)	備考 (Note)
2	2,06	2,53	4,59	101.5	99.8	10 h 時報
〃	3,44	2,55	6,39	—	—	
4	3,03	2,47	5,50	103.4	101.6	
〃	3,52	2,37	6,29	—	—	
6	3,07	2,55	6,06	105.0	103.5	
〃	3,41	2,48	6,29	—	—	
8	3,52	2,45	6,37	105.5	104.5	
〃	3,13	2,44	5,57	—	—	
10	2,59	2,37	536	105.5	104.6	
〃	2,40	2,18	4,58	105.6	104.7	
12	3,24	2,33	5,57	105.8	105.3	11 h 00 時報
〃	2,28	2,45	5,13	—	—	
14	3,35	2,35	6,10	106.3	104.5	
〃	2,40	2,40	5,20	106.0	105.1	
16	2,42	2,31	5,13	106.4	104.7	
〃	2,53	2,51	5,42	106.5	104.7	
18	2,55	2,35	5,30	107.3	105.1	
〃	2,44	2,43	5,27	107.0	105.2	
20	3,48	2,57	6,45	112.5	109.5	2 度吹き
〃	2,58	2,27	5,25	112.5	110.0	
22	3,50	2,33	6,23	113.6	113.5	12 h 00 時報
〃	2,24	2,51	5,15	—	—	
24	4,33	1,52	6,25	113.6	113.5	
〃	3,42	2,56	6,38	113.6	113.5	
25.9	3,33	2,59	6,32	113.6	113.6	
〃	3,42	2,58	6,40	113.6	113.6	
〃	3,31	3,63	6,34	113.6	113.6	12 h 42 m
平均 (mean)	3.15	2.43	5.58			

X. 総括及び結語

1959年5月～11月にわたつて鹿部温泉の鶴の湯間歇泉について調査を行なつた。その結果の大要及び間歇機構についての推論は次の様である。

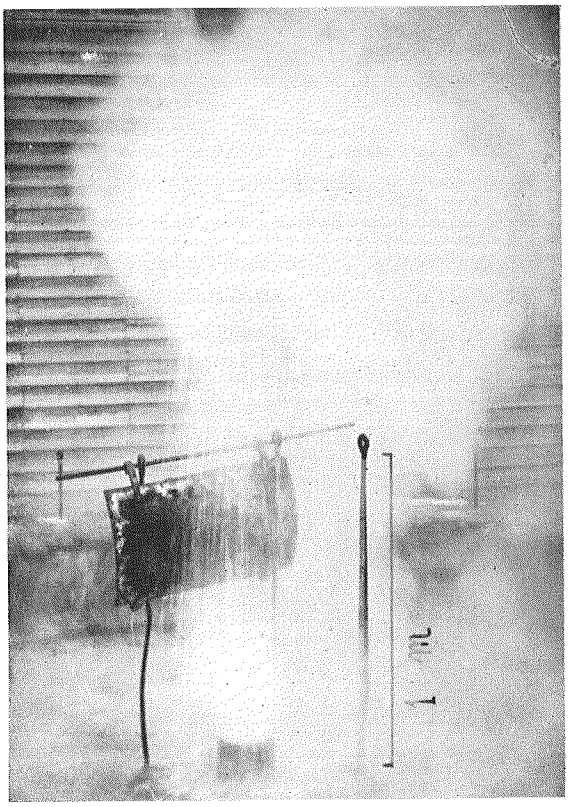
(1) 週期は短く且つ比較的同程度の週期であつた。

(2) 1週期間の溢出量及び噴出量が少なく，管の4～6.5 mの深さの容積にしか匹敵しない。

(3) 管内の水温は9～14 mで週期を通じてほぼ一定の水温を示すものがあり，その水温は105 ℃前後である。

(4) 管内の水圧は溢出が始つて後，管口に気泡が見られるようになると共に低下し，その点の水温のもつ最大蒸気圧以下に水圧が減少すると同時に噴騰状態になつた。

(5) これらの事から，熱水が鉛直管内を上昇して来る途上で，熱水の最大蒸気圧以下に水圧が下つた点で，熱水の過熱された熱を潜熱として蒸気が発生し，これが管内の熱水を一時に吹き上げる。このため管内深くに水面が下るので熱水は噴出されず，蒸気のみが噴出し，冷却した水が管内に蓄積されるので噴騰が止む。



I. 鶴ノ湯間歇泉噴騰時
(Eruption of Tsurunoyu geyser) May 5. 1959.

(6) 熱水自身の有する熱だけで噴騰現象を説明するのに充分であるか熱量的に簡単な計算を行ない検討したがその熱で充分であつた。

II. No. 14, 20. 噴　　騰 (Eruption)

(7) 又上の機構に相当する模型実験により間歇現象を生ぜしめた。

上述の機構に於いてその熱水温が充分に高く，且つ充分な湧出量を有しているならば，連続噴騰即ち吹き上げ温泉と称されるものとなるのではないかと思われる。実際に同一の井戸である操作により間歇泉となつたり，吹上げ温泉となるものがある[6] がこのような機構で説明出来得るのではないかと思われる。

終りに臨み現地で調査の便をはかつて下さつた鶴ノ湯旅館主細越のぶ，池田地熱製塩所池田成男の両氏並びに終始御指導頂いた福富孝治教授に厚く感謝の意を表します。

本論文は著者の修士論文であり，研究費の一部は福富科研によつた。

6) 南葉宗利：湯の谷間歇泉続報，地球物理第6巻　第1号

4. A Study on Tsurunoyu Geyser at Shikabe Hot Spring

By Kiyotaka OHTANI
(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Shikabe hot spring is situated in Oshima peninsula in southern Hokkaido, Japan. The writer investigated Tsurunoyu geyser which was an artificial well having 25.9 m in depth and 15 cm in diameter, and tried to explain the mechanism of periodic eruption.

Measuring its time of intermittence, quantity of overflow, temperature and hydrostatic pressure in the hole and etc, the writer infer when the superheated water rises in a vertical pipe, the maximun vapour pressure of superheated water becomes relatively higher than the hydrostatic pressure in it. Therefore, a small quantity of water is vaporized instantaneously, owing to the heat of superheated water as the latent heat of evapolation and the vapour is erupted with a large quantity of boiling water. As a result of eruption the water surface is depressed deep in the hole and the overflow is stopped.