

綜

説

## 本邦間歇泉の化學的研究

故理學博士石本巳四雄先生に捧ぐ

野口喜三雄

(溫泉研究談話會第7回例會講演)

### I 緒言

間歇泉に就ては 1811 年 Mackensie<sup>1)</sup> が有名な空洞説を提出して以來この學説は多數の學者に依つて支持せられたが、本邦に於ても本多、寺田兩氏<sup>2)</sup> は熱海間歇泉に就て、本多、曾根兩氏<sup>3)</sup> は鬼首間歇泉に就て同様に地下に空洞を假定してその噴騰機構を説明した。1846 年には Bunsen<sup>4)</sup> が空洞のない垂直の孔を考へて噴騰機構を説明した。その後 Lang<sup>5)</sup> 其他の人々に依つて論議せられたが今日に至るも未だ解決の域に達して居ないのである。本邦に於ては前記本多氏等の研究の外に別府市八幡地獄の間歇泉に就て丸田、鈴木兩氏<sup>6)</sup> の研究がある外多數の人々<sup>7)</sup> に依つて報告されて居る。

さて之等の間歇泉研究を見るに悉く主として物理學或は地質學の見地から遂行されたものであつて間歇泉の週期、溫度、壓力、噴水量等を測定してその噴騰機構を論じたものであつたから、著者は之等を測定する外に間歇泉の化學組成の變化を明にし、之に依つて間歇泉の噴騰機構を検討して見ようと試み、昭和 11 年 4 月本研究に着手した次第である。而して今日までに著者が得た結果はその一部は既に「日本化學會誌」<sup>8)</sup> 並に「地震」<sup>9)</sup> に記載した外、日本化學會及び地震研究所談話會の常會に於て數回<sup>10)</sup> に亙つて講演したのであるが、此處にはそれ等を總括して記述することとする。

### II 本邦の間歇泉

本邦には天然に有名な熱海間歇泉及び鬼首間歇泉の存在したことは周知のことであるが、その中熱海間歇泉は大正 13 年頃全く停止し、僅に鬼首村吹上間歇泉、雌釜雄釜間歇泉が残存するのみとなつた。然しながら一方掘鑿に依つて得られた間歇泉は現在も尙相當數多く存在し、今それ等を列擧すれば宮城縣鬼首村宮澤間歇泉、辨天間歇泉、宮城縣鳴子町湯泉樓間歇泉、金忠間歇泉、福島縣土湯間歇泉、北海道鹿部間歇泉、別府市別府間歇泉

第 1 表

	噴孔數	} 13 個
宮城縣鬼首村	10 個	
宮城縣鳴子町	3 個	
福島縣土湯	1 個	
北海道鹿部	1 個	
別府市	1 個	
熊本縣湯の谷	1 個	
合計	17 個	

(龍卷地獄)、熊本縣湯の谷間歇泉等がある。今之等諸種間歇泉の噴孔數を一括して第1表に示した。

本邦に現存する間歇泉の總噴孔數 17 個の中 13 個は實に宮城縣鳴子町並に鬼首村にあることが注目されるのである。尙又之等各種間歇泉の個々に就てその噴騰の高さ、噴出繼續時間、休止繼續時間、噴孔中の溫度、pH 等を表示すれば第2表の如くなる。

第 2 表

間歇泉名	掘鑿年	掘鑿の深さ (m)	吹上高さ (m)	休止繼續時間	噴出繼續時間	噴孔中の溫度	
						(地表面より 1 m 以下にて測定) °C	pH
宮城縣鬼首村雌釜間歇泉	天然	—	3	18分30秒	41秒	98.2	2.4
〃 雄釜間歇泉	天然	—	—	—	—	97.5	—
〃 吹上間歇泉	天然	—	5	—	—	98.8	8.1
〃 辨天間歇泉 (噴孔數 6 個)	昭和13年	9	15	—	—	—	8.1
〃 宮澤間歇泉	昭和6年	36	20	22時間9分	1時間44分	102.0	8.2~8.5
宮城縣鳴子町湯泉樓間歇泉大噴孔	大正13年	11	20	7時間34分	2分	100.0	7.7
〃 〃 小噴孔	大正7年	9	10	2時間35分	5時間1分	99.5	7.7~8.0
〃 金忠間歇泉	昭和5年	6	10	4分46秒	13秒8	99.5	7.7
福島縣土湯 土湯間歇泉	大正14年	27	8	34分8秒	1分23秒	98.8	8.7
北海道鹿部 鹿部間歇泉	大正7年	27	2	6分5秒	2分51秒	100.2	8.0
別府市龍卷地獄別府間歇泉	昭和4年	23	7	35分30秒	1分	100.5	2.5
熊本縣湯の谷 湯の谷間歇泉	昭和14年	—	18	4時間~6時間	30分~2時間	—	—

間歇泉の噴孔中の溫度は地表面より僅 1 m の深さに於て測定したものであるが、表記の如く 100° 前後の値を示し極めて高温である。尙亦之等間歇泉の噴孔中には瓦斯體の上昇が常に認められるが、之が沸騰現象であるか、或は水蒸氣以外の瓦斯體物質の上昇であるかを明にする爲に瓦斯の捕集を試みると、之等上昇氣體の大部分は水蒸氣であつて、水蒸氣以外の瓦斯は極少量捕集されるに過ぎないのである。尤も土湯間歇泉のみは相當多くの炭酸瓦斯を伴つて居る。一般に噴騰開始が近づくや愈大きな氣泡が盛んに上昇するのが見られるが、之等は悉く水蒸氣であつて明に沸騰現象を呈して居るのである。従つて之等の間歇泉に於ける吹上げる力は水蒸氣の壓力であることは上記の事實並に噴孔深部の溫度測定の結果から容易に推定されるのである。

新潟縣松之山温泉は上記の間歇泉と同様週期的に熱湯を吹上げて居るが、之は噴湯の際水温 82° を示し、メタン瓦斯の壓力で吹上げるものであるからここには記載を省略するこ

ととする。

又天然の間歇泉と掘鑿に依つて得られた間歇泉とを比較すれば 後者は前者に比較して概して高く吹上げて居るやうである。このことは噴孔深部の温度に大いに關係することは明であるが、尙この外に天然のものは噴孔の出口が比較的大きく 噴孔の深部は曲折して居るに反し、掘鑿に依つて得られたものは噴孔の直径が小さく、その上垂直で長いことが主なる原因であらう。

更に又之等の間歇泉の pH 値を見るに大體に於て pH 8.0 前後の弱アルカリ性のものと pH 2.5 前後の強酸性のものとの 2 種類に分類されるのである。尤も間歇泉の pH は噴騰休止後溢出開始より噴騰開始となり、更に進んで噴騰が休止するまで時刻に依つて著しくその pH 値を異にするものも存するが、第 2 表の値は何れも噴騰に就て測定した値である。

此事實は次のやうに説明することが出来る。即ち間歇泉の噴湯には岩漿に由來する熱水並に水蒸氣、種々の酸性瓦斯等が比較的多く含有されることと想像される。若し此場合噴湯中に鹽酸、硫酸の如き強酸が多量に存在する場合には pH 2.5 前後の小さい値を呈するのは當然であるが、之等の強酸が比較的少い場合には非常に高温度である爲に速に岩石と反應して消費され炭酸の如き弱酸のみが残存するであらう。硫化水素も亦弱酸ではあるが多量に存在する際には地表面附近に於て酸化されて多量の硫酸を生じ、その結果強酸性を呈する。比較的少量の場合には酸化に依つて生じた硫酸は速に消費されて反應力劣る炭酸瓦斯や微量の硫化水素が残存するであらう。かかる場合には之等の瓦斯は高温度に於ては水に對する溶解度が小さい上に、沸騰が盛んになり、熱湯が吹上げられる場合には愈氣相へ逃失し去る爲にアルカリ性が增大する。かくして間歇泉の pH は pH 2.5 の如き強酸性か、然らずんば pH 8.0 前後の弱アルカリ性となつたものと想像される。

### III 宮城縣鳴子町湯泉樓間歇泉

陸羽東線鳴子驛から荒雄川に沿つて數町下ると湯泉樓旅館があるが、この旅館の裏庭に噴孔が二個あつてその相互の距離は 1 m 6 cm に過ぎないのである。小噴孔は大正 7 年掘鑿し、直径 1 吋、深さ 9 m 10 cm (鐵管 3 m 挿入)、噴騰の高さ約 10 m、大噴孔は大正 13 年に掘鑿したもので直径 2.5 吋、深さ 10 m 90 cm (鐵管 6 m 挿入)、噴騰の高さ約 20 m である。平常は噴孔に蓋をして噴湯を全部タンクへ導き、之を更に隨時少量づつ湯壺へ落すやうになつて居る。

## 1) 噴騰状況

昭和11年4月6日に著者が観察した小噴孔の噴騰状況は次の如くであつた。

間歇泉が吹止んだ直後は噴孔中は水蒸氣が多くて水面を見ることが出来ないが、暫くすると水面を約1.5mの下に見ることが出来る。此時水面には氣泡の上昇が認められるが、之が果して沸騰現象であるか否かを確める爲に溫度測定を試みたるに100°Cを示し、瓦斯採取を試みたるに少量ではあるが水蒸氣以外の瓦斯が捕集された。従つて之は沸騰現象と同時に溫泉瓦斯を少量伴ふことが明である。此の如き水面は或週期を以て上下動しつつ、時間が経過するに従ひ徐々に上昇を続け、遂に噴孔の口より溢出するに及べば(之は一回溢出するのみである)、水面は一旦稍降下するが、次の瞬間約10mの高さに熱湯を吹上げた。此噴湯の高さは2~3分間續き然る後徐々に勢力衰へ噴騰の高さ3~5mとなる。而して此の高さは時間の経過に従ひ増減を繰返して相當長い間續くのであるが、最後に勢力愈衰へて飛上る水滴の高さが30~60cmに減じたので吹上げが止むかと思はれたが、次の瞬間に再び6mの高さに熱湯を吹上げた。之が2~3分續くと沸騰の高さ急減し、遂に30~60cmとなり、直に消滅して影を潜めた。

## 2) 間歇泉の週期

著者は湯泉樓間歇泉小噴孔に就て昭和11年4月6日及び昭和12年7月8日の二回その週期を測定した處第3表のやうな結果を得た。

	昭和11年4月6日	昭和12年7月8日
噴出繼續時間	5時間1分	3時間1分
休止繼續時間	2時間35分	4時間19分
合計	7時間36分	7時間20分

## 3) 大小兩噴孔の噴出時刻の相互關係

昭和12年7月8日の観測に依れば大噴孔は小噴孔より1分先に噴出し、2分間噴出を繼續すれば止むのを常とした。

## 4) 間歇泉の溫度

## a) 噴孔中の溫度の時間的變化

小噴孔に於て深さ1m10cm<sup>11)</sup>の地點で溫度測定を行つた結果を第4表に示した。

昭和12年7月8日及び9日測定					
測定時刻	噴孔中の溫度 (°C)	氣温 (°C)	測定時刻	噴孔中の溫度 (°C)	氣温 (°C)
8日午前9時54分(噴出止む直に測定)	96.5	26.0	8日午前11時32分	100.2	25.8
10時33分	100.0	23.0	午後0時3分	100.0	25.5
11時15分	100.5	25.7	0時43分	100.4	25.0

測定時刻	噴孔中の温度 (°C)	気温 (°C)	測定時刻	噴孔中の温度 (°C)	気温 (°C)
8日午後1時3分	100.2	25.3	8日午後10時43分	噴出始む	
1時38分	100.7	27.3	9日午前0時35分	噴出止む	
2時2分	100.7	26.8	6時59分	70.0	23.0
2時25分	噴出始む		7時5分	65.0	23.0
2時46分	100.8	25.0	7時27分	68.0	22.0
5時26分	噴出止む		9時52分	59.0	21.5

小噴孔中の温度は時間の経過に従ひ著しい温度変化を示さないが、噴出直前は稍温度が高く噴出休止直後は 4° ほど温度降下を示して居る。

尙又表には主として 噴出休止期間の時間に依る温度変化を示したのであるが噴出繼續期間中も全く同様に殆ど一定で著しい温度変化を示さない。又 7 月 9 日の測定値は 8 日の値に比較して著しい温度降下を示して居るが、之は 8 日の午後 6 時頃より降始め 9 日午後まで降續いた豪雨（鳴子町發電所の測定に依れば降水量 160 mm）に基因するものである。

大噴孔に就ても深さ 1 m 52 cm<sup>12)</sup> の地點で温度の時間的變化を測定した結果、小噴孔と同様著しい温度変化を示さないが噴出直前は稍温度が高く噴出休止直後は 3° ほど温度降下を示して居る。尙大小兩噴孔の温度の時間的變化を更に深所に於て測定したならば或は著しい温度變化が現れるであらうと想像されるがこの點は調査中である。

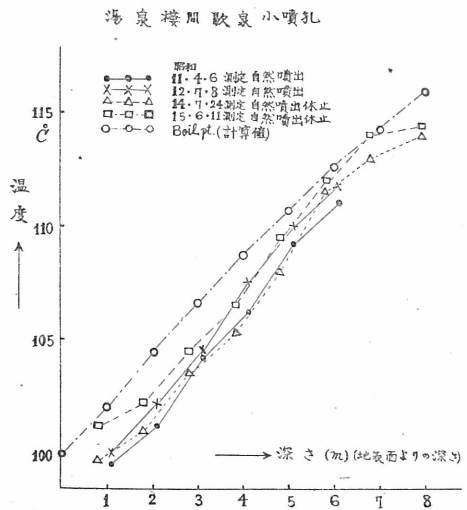
b) 噴孔中の温度の深さに依る變化

小噴孔の温度が深さを増すに従つて如何様に變化するかを検したるに第 1 圖の如き結果が得られた。尙又測定は出来る限り短時間に行ひ、此時間中には同一深さに於ける温度は變化を認めなかつた。

又大小兩噴孔の温度を同一深さに於て相互に比較すればほぼ同一の値を示し、共に深さに依る温度の上昇割合は大約 2.3°C/m であつた。

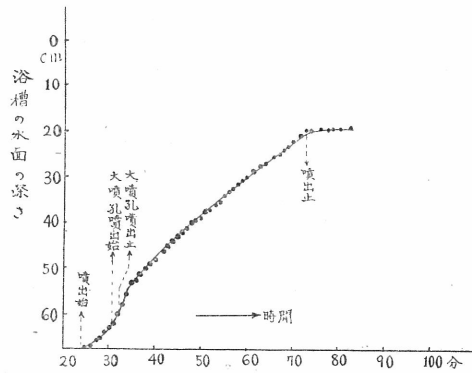
5) 小噴孔の噴水量

小噴孔の噴水量が噴出開始より時間の経過するに従つて如何様に變化するかを定め



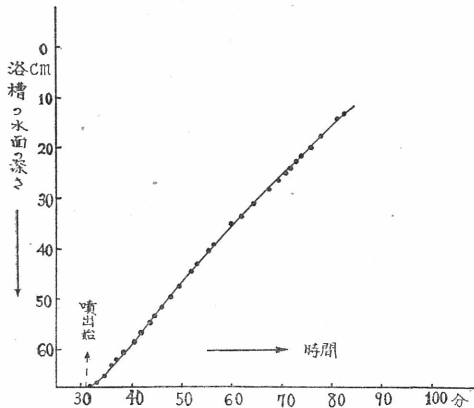
第 1 圖

る爲に噴孔に蓋をして噴湯を全部浴槽へ導き浴槽の水位の上昇速度を検したるに5時間以上の休止継続時間の後に噴出せしめたる場合には第2圖に示す如く最初噴出量少く、次いで増加して殆ど一定速度となる。即ち1分間の噴水量 22.8 $l$ 、一回の噴出に於ける總噴水量 1121 $l$  であつて單位時間の噴水量は時間の経過に従つては著しい變化を示さない。而かも單位時間の噴水量の小さい噴出初期に常に大噴孔が噴出するのである。1時間以内の如き短い休止継続時間の後に噴出せしめたる場合には第3圖に示す如く單位時間の噴水量は噴出開始から噴出止む迄殆ど一定であつて、此場合は大噴孔は噴出しないのである。而かも一回の總噴水量は前者より遙に大きいのであるが單位時間の噴水量は前者と殆ど同一である。



第2圖

大小兩噴孔の相互關係に就て見るに大噴孔は小噴孔より1分先に噴出するのを常としたのであるが、昭和14年7月には大小兩噴孔共に自然噴出が已に停止して居た。然し人爲的に沸騰せしめることは可能であつて噴孔



第3圖

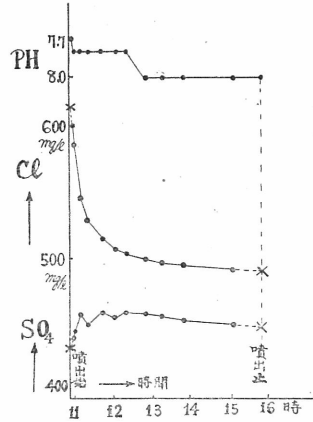
中へゴムホースを挿入し、之を口で吹けば噴孔中の水面上昇し遂に溢出してこゝに水柱壓と深部の水蒸氣壓との釣合が破れて直に前年同様10mの高さまで熱湯を吹上げた。かくして小噴孔を人爲的に噴出せしむればこれより1m6cm離れた大噴孔は暫時の後に自然に噴出する。逆に大噴孔を人爲的に噴出せしめても小噴孔は暫時の後に自然に噴出するのである。唯この場合前述

の如く小噴孔の休止継続時間を5時間以上にして後小噴孔を噴出せしめたる場合には大噴孔は常に噴出するが1時間以内の如き短い休止継続時間の後に小噴孔を噴出せしめたる場合には大噴孔は噴出しないのである。

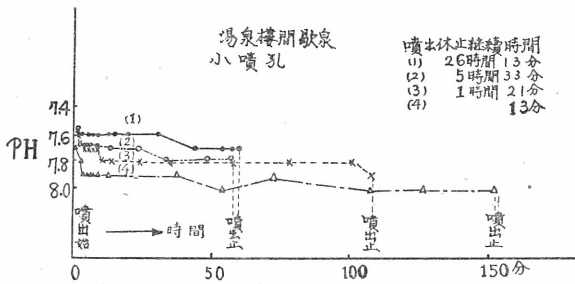
#### 6) 化學組成の變化

小噴孔に就て昭和 11 年 4 月 6 日午前 10 時 50 分噴出開始より同日午後 3 時 51 分噴出休止に至るまでの時間に於て吹上げる熱湯を時間の経過に従ひ 14 本の壘に分別採水し、其化學組成の變化を検したるに第 4 圖の如き結果が得られた。

- i) pH 噴出初期には pH 7.7 であるが、之が噴出を繼續するに従ひ増大し、噴出末期には pH 8.0 となる。
- ii) Cl 噴出初期には 601.9 mg/l であるが、之が噴出を繼續するに従ひ最初は速に減少し、次いで徐々に減少する。
- iii) SO<sub>4</sub> SO<sub>4</sub> の含量の變化は Cl の含量の變化とは全然逆になり、噴出初期には含量少く、次いで増加し圖示せる如き變化を示した。



第 4 圖

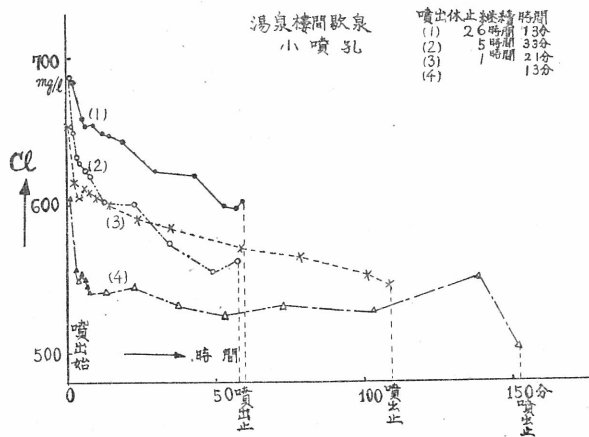


第 5 圖

1 時間 21 分、5 時間 33 分、26 時間 13 分に取りて噴出せしめたるに休止繼續時間の最も短いものが最も長い間噴騰を繼續し、休止繼續時間の最も長いものがかへつて噴出繼續時間著しく短いのである。

又 pH は (第 5 圖参照) 噴出初期が小さく末期に近づくほど増大すること前回と同様であるが、休止繼續時間の長いほど

昭和 14 年 7 月には湯泉樓間歇泉の自然噴出が已に停止して居たが人為的に噴騰せしめることは可能であつたから、著者はこの自然噴出の休止を利用して人為的に休止繼續時間を 13 分、



第 6 圖

pH 値が小さく、之の短いほど大きい値を示した。Cl は(第6圖参照)噴出初期が含量多く、末期に近づくほど減少すること前回と同様であるが、休止継続時間の長いほど含量多く、短いものほど含量少い。然るに SO<sub>4</sub> に就ては(第7圖参照)全然逆になり、噴出初期は含量少く、末期に近づくほど増大するが、又一方休止継続時間の長いほど含量少く、之の短いほど含量が多い。

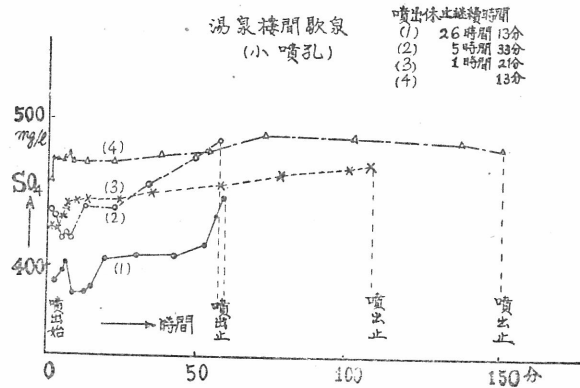
更に又第5表、第6表に示す如く大小兩噴孔を相互に比較すれば掘鑿の深い大噴孔は浅い小噴孔より Cl の含量が多く、SO<sub>4</sub> の含量は少いのである。第5表は大噴孔の化學組成の變化を示したものであるが、之は昭和14年8月4日午後4時21分30秒噴出開始より同日午後4時22分48秒噴出止むまでの時間に於て噴湯を時間の経過に従つて5本の壘に分別採水し、その化學組成の變化を検したものである。

此場合 pH は著しい變化を示さないが、Cl は噴出初期が少く、末期が多い。SO<sub>4</sub> は逆になり、噴出初期が多く、末期に近づくほど減少した。

又小噴孔に就て Cl, SO<sub>4</sub> 等の含量の最大値と最小値との差を最大値で割つて100倍したものを變化率とすれば第6表に示

す如く湯泉樓間歇泉小噴孔の變化率は相當大きい値を示して居る。

7) 噴騰機構



第7圖

第5表

湯泉樓間歇泉(大噴孔)  
(昭和14年8月4日測定)

	pH	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l
I	7.7	659.4	386.0
II	7.7	684.2	381.9
III	7.7	709.1	373.3
IV	7.7	706.6	365.4
V	7.7	706.6	360.5

第6表

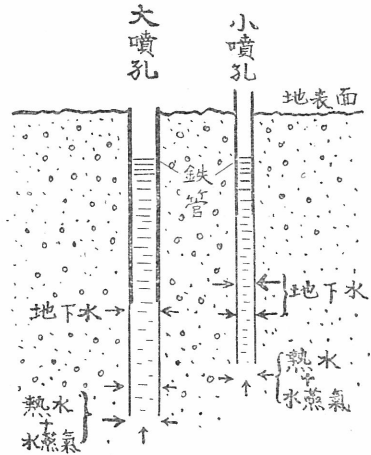
湯泉樓間歇泉(小噴孔)

	pH	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	蒸發殘滓 mg/l	湧水量 l/min
最大値	8.0	686.7	488.9	2043	24.9
最小値	7.6	500.2	381.9	1854	0
差	0.4	186.5	107.0	189	24.9
變化率%	-	27.2	21.9	9.3	100



上記の測定結果より  $\text{Cl}$  は地下深所より熱水や高温の水蒸氣と共に上昇し、 $\text{SO}_4$  は淺所より地下水に溶解して來ることが明になり、之に依つて間歇泉の噴騰機構が推定されるのである。Mackensie の提出した空洞説は上記の觀測結果より推定してここに適用することは極めて困難であつて著者は寧ろ第8圖の如き構造が最も妥當であると考へる。即ち湯泉樓間歇泉に於ては淺い處に於て地下水が噴孔中へ

侵入し、下方より熱水並に高温の水蒸氣及び酸性瓦斯<sup>13)</sup>等上昇し來たり、地下水は熱せられ押し上げられて上昇し、(噴孔中の水面の上昇する原因としては地下水の水壓と深部の水蒸氣壓との二つが考へられる。) 遂に噴孔の口より一度溢出するに至れば、忽ち噴孔中の水柱壓と深部の水蒸氣壓との釣合が破れて直に10mの高さまで一度に熱湯を吹上げるのである。一度噴出すれば噴孔の中は空虚になるから直に地下水が侵入し來たり、之は下方より上昇する高温の水蒸氣で吹上げられる。かくして刻々侵入し來たる地下水は悉く吹上げられて噴騰は長時間繼續さ



第 8 圖

れる。而して噴騰を繼續するに従ひ噴孔深部の溫度稍々降下し、水蒸氣の壓力減少すれば吹上げる熱湯の高さ減少する。噴騰の高さが減少して3mとなり、2mとなり、1mとなり更に減少して30cmとなり、遂に噴孔の口まで押し上げながら噴孔の口より外へ熱湯を吹出し得なければ、熱湯が全部噴孔の中へ落下し、その結果刻々侵入し來たる地下水に依つて水柱を生じ、その水壓の爲に噴騰は愈休止するのである。之が時間の経過するに従ひ高温の水蒸氣並に熱水に依つて徐々に熱せられ押し上げられて遂に噴孔の口より溢出するに至れば水柱壓と深部の水蒸氣壓との均衡が破れて再び吹上げる。一方又一旦休止したのも直に噴孔中へゴムホースを挿入し、口で吹いて水を噴孔より溢出せしむれば忽ち水柱壓と水蒸氣壓との均衡が破れて再び吹上げ、この場合も噴騰は相變らず長時間繼續するのである。即ち間歇泉が噴出を休止するのは地下水は常に一定速度で入り來たり、之を常に水蒸氣の壓力で吹上げるのであるが、偶々熱水並に高温の水蒸氣の供給稍不足し、噴孔深部の溫度僅に低下すれば水蒸氣の壓力減少し、地下水を噴孔の外へ吹出し得ずして噴騰は休止するが、之に手を入れてこの時生じた水柱を直に少量除去すれば又相變らず長時間噴騰が続くのである。

小噴孔が噴出する一分前に常に大噴孔が噴出したが、これは大噴孔は小噴孔より深い爲に早く温度が上昇すると、大噴孔の鐵管の口は小噴孔の鐵管の口より低い爲に早く溢出する等の理由で先に噴出し、一度噴出すればこの附近の地下水が大噴孔へ吸引せられて吹上げられるので大噴孔より 1 m 6 cm 離れた小噴孔の水柱減少し（實際に大噴孔が吹上げると小噴孔の水位が著しく低下するのが目撃される。）小噴孔の均衡が破れて噴出するのである。又小噴孔に人爲的にゴムホースを挿入し、之を口で吹いて噴出せしむれば、大噴孔の水位著しく低下し、大噴孔の釣合が破れて吹上げる。

尙又小噴孔の如く噴出繼續時間の非常に長いものに於ては 噴出の初期に出る水は地下深所から上昇する熱水並に酸性瓦斯<sup>13)</sup>が多く含まれ、pH 値小さく、Cl が多く、SO<sub>4</sub> が少いが、末期に近づくに従つて地下水が多くなり、pH 値増大し、Cl が減少し、SO<sub>4</sub> が多くなると考へられる。更に又長い休止繼續時間の後に噴出せしめた場合には熱水並に酸性瓦斯多く含まれ、pH 値小さく、Cl が多く、SO<sub>4</sub> は少いが、短い休止繼續時間の後に噴出せしめた場合には地下水が多く含まれ、pH 値大きく、Cl は少く、SO<sub>4</sub> が多いのである。

大噴孔に於ける如く噴出繼續時間極めて短いものに於ては 噴出の初期に出る水は浅い水で地下水が多く含まれ、Cl は少く、SO<sub>4</sub> が多いが、末期に出る水は深所の水で熱水が多く、Cl が多く、SO<sub>4</sub> は少いのであると想像される。

尙又休止繼續時間の長いものは噴出繼續時間短く、休止繼續時間の短いものがかへつて著しく噴出繼續時間長いが、この理由は次のやうに考へられる。即ち休止繼續時間が長いと熱水、高温の水蒸氣、酸性瓦斯等が蓄積して、その水蒸氣壓や酸性瓦斯の壓力の爲に地下水が押除けられる。その結果噴騰開始されるや噴孔中へ侵入する地下水が噴孔まで来る途中に於て充分熱せられて居ない爲に噴騰が早く休止するのであらう。

又第 1 圖を見るに自然噴出して居た昭和 11 年 4 月、昭和 12 年 7 月の測定値と自然噴出が已に休止した昭和 14 年 7 月、昭和 15 年 6 月の測定値とを比較するにほぼ同一の温度を示して居る。従つて昭和 14 年 7 月には何故に自然噴出が休止したか明確なる理由を見出し得ないが、昭和 11 年 4 月及び昭和 12 年 7 月の測定値は何れも噴出休止の際に測出したものであつて噴孔中の水面は噴孔の口より約 1 m 下にあつた。噴孔中の水位が上昇して將に溢出せんとする際には恐らくもつと温度が上昇して噴孔深部の温度は噴孔の口まで水が充満したとして計算した沸點の計算値に達するであらう。何故ならば噴孔中の水面には常に沸騰現象が見られ 而かも其水位は或週期を以て上下動しつつ上昇し一度溢

出すれば（之は一回溢出するのみである）水位は一旦稍降下するが 忽ち深部の水蒸氣壓と水柱壓との釣合が破れて次の瞬間約 10 m の高さまで熱湯を吹上げた點よりしてこの水位の上昇は恐らく深部の水蒸氣壓に基因するものと想像されるのである。此點に於て湯泉樓間歇泉は鳴子町金忠間歇泉、鬼首村宮澤間歇泉、福富縣土湯間歇泉、北海道鹿部間歇泉等と異なるのである。かくして自然噴出の休止は恐らく噴孔深部の温度の低下に基因するものと想像される。

又小噴孔は大正 7 年に掘鑿し、大正 13 年には小噴孔より 1 m 6 cm の距離に於て新に掘鑿して大噴孔を得たのであるが、この時小噴孔の水は濁らなかつた由である。この事實も亦大小兩噴孔の深部は第 8 圖の如き構造であるとすれば良く説明出来るのである。

#### IV 宮城縣鳴子町金忠間歇泉

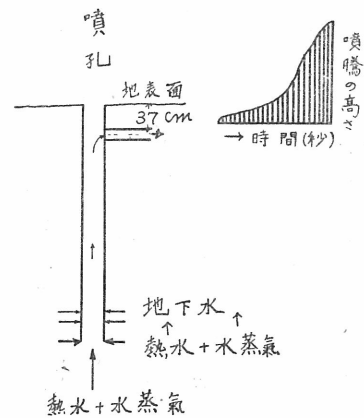
湯泉樓間歇泉より荒雄川に沿つて 3 町ほど下ると金忠旅館があるが、この旅館の裏庭に間歇泉があつて、この噴孔は昭和 5 年に掘鑿し、深さ 5 m 55 cm、噴孔の直径 5.5 吋、噴騰の高さ 10 m である。噴孔には現在鐵管或は竹管は挿入してない。

##### 1) 噴騰状況

この間歇泉の休止繼續時間は 4 分 9 秒、噴出繼續時間 12 秒であるから何時でも容易に噴騰を見ることが出来る。平常は噴孔に木栓を施して横口から熱湯を全部浴槽の方へ落すやうになつて居る。昭和 15 年 6 月 8 日に著者が觀察した噴騰状況は次の如くであつた。

間歇泉の吹止んだ直後は噴孔中は空虛であるが水蒸氣の爲に水面を見ることが出来ない。

吹止んで後 20 秒を經過すれば始めて 1 m 30 cm の下に水面を認めることが出来る。この水位は極めて迅速に上昇し、80 秒を經過すれば第 9 圖の如く水は噴孔の横口より溢出する。更に時間が經過すれば噴孔中の温度上昇し、噴孔中には愈盛んに沸騰するのが見られる。休止繼續時間 4 分 9 秒を經過すれば遂に吹上げるに至る。吹上げる様子を見るに大體第 9 圖に示す如くであつて噴騰の初期は吹上げる高さ低く、徐々



第 9 圖

に高く上り、最も高く上つた時が 10 m であつて此値に達すれば忽ち噴騰が休止する。噴出継続時間 12 秒である。

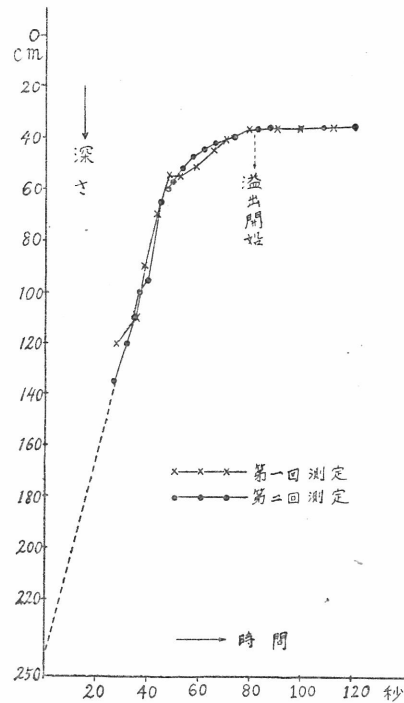
又水位の上昇状況を第 10 圖に示した。水位の上昇速度は平均 1.8 cm/sec. である。第 10 圖に於て曲線を延長し、縦軸と交る點を求めれば深さ 2 m 45 cm となり、之が噴出止んだ時の水面の位置と考へられる。

## 2) 間歇泉の週期

著者は金忠間歇泉の週期を昭和 14 年 7 月 27 日、昭和 15 年 6 月 8 日、昭和 15 年 6 月 10 日の 3 回測定した。その結果を第 7 表に示した。

第 7 表

		昭和14年 7月27日	昭和15年 6月8日	昭和15年 6月10日
観測値の個数		7	12	4
休 止 継続時間	最大値	4分51秒	3分56秒	4分14秒
	最小値	4分41秒	3分48秒	4分5秒
	平均値	4分46秒	3分52秒	4分9秒
噴 出 継続時間	最大値	16秒0	13秒1	13秒2
	最小値	11秒7	11秒6	11秒0
	平均値	12秒9	12秒2	12秒1
週 期	最大値	4分63秒	3分68秒	4分25秒
	最小値	4分57秒	3分60秒	4分17秒
	平均値	4分59秒	3分64秒	4分22秒

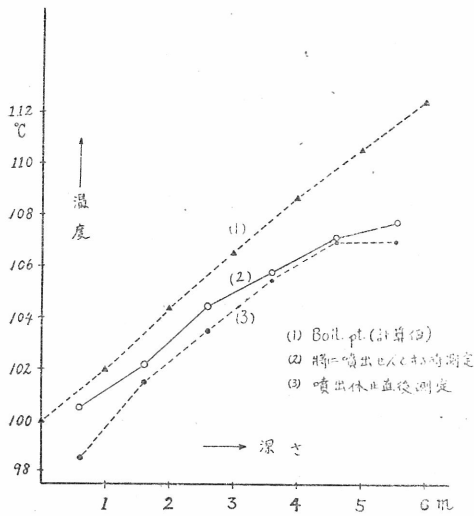


第 10 圖

この間歇泉の週期、噴出継続時間、休止継続時間等を見るに 1 日の如き短い期間の間に於ては著しい變化を認めないが、比較的長い期間を経過する時は相當顯著なる變化を認められた。即ち昭和 14 年 7 月 27 日、昭和 15 年 6 月 8 日、昭和 15 年 6 月 10 日の測定値を相互に比較すれば週期、休止継続時間等に於ては著しい變化が認められるが、噴出継続時間に就ては三者ほぼ同一の値を示して居る。従つて此間歇泉の週期が變化するのは噴出継続時間は大體同一であつて休止継続時間が變化することに基因するのである。

## 3) 間歇泉の温度

金忠間歇泉噴孔中の温度を第 11 圖に示した。噴孔中の温度は深さを増加するに従つて著しく上昇し、噴孔底 (深さ 5 m 55 cm) に於ては 107.8° を呈する。又噴出休止直後は稍温度が低く、噴出開始の際には若干の温度上昇が認められる。



第 11 圖

噴孔の横口から溢出が開始されてより噴騰が盛んになり、遂に之が休止する迄の時間に於て湧出する熱湯を10本の壺に分別採水し、そのpH及蒸發殘滓、SO<sub>4</sub>、Cl等の含量を検したるに第12圖の如き結果が得ら

第 8 表

昭和15年6月8日第一回測定  
同日午後7時37分噴出開始

	pH	SO <sub>4</sub> mg/l	Cl mg/l	蒸發殘滓 mg/l
Ⅲ <sub>1</sub>	7.7	720.5	402.9	2101
Ⅲ <sub>2</sub>	7.9	724.3	406.8	2127
Ⅲ <sub>3</sub>	7.9	754.8	421.2	2198
Ⅲ <sub>4</sub>	8.0	771.6	437.6	2212

第 9 表

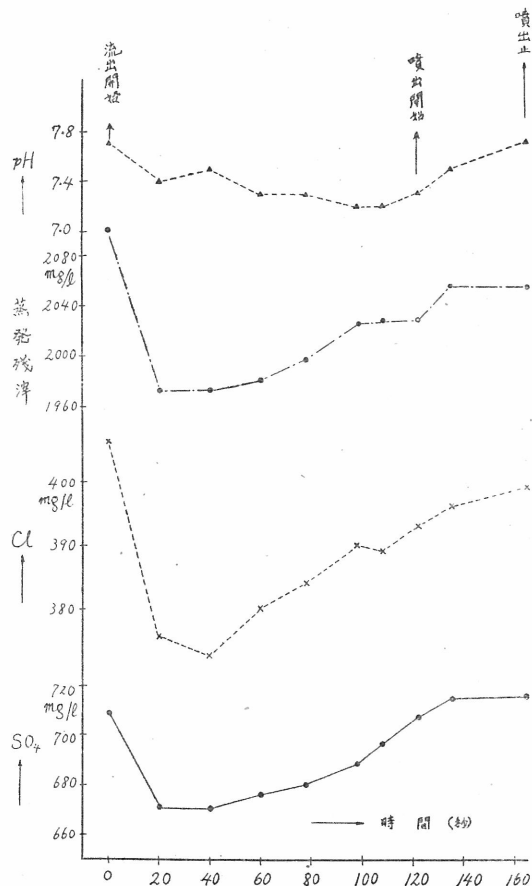
昭和15年6月8日第二回測定  
同日午後7時45分噴出開始

	pH	SO <sub>4</sub> mg/l	Cl mg/l	蒸發殘滓 mg/l
Ⅳ <sub>1</sub>	7.8	725.1	407.8	2106
Ⅳ <sub>2</sub>	7.9	732.9	410.3	2124
Ⅳ <sub>3</sub>	8.0	737.4	423.2	2195
Ⅳ <sub>4</sub>	8.0	765.0	436.1	2260

4) 湧水量

著者は間歇泉に木栓を施して噴湯を噴孔の横口より流出せしめその噴水量を測定した。噴出休止直後は噴孔中は空虚であるが1分20秒を經過すれば噴孔中の水位上昇して遂に噴孔の横口より流出し始める。その後この湧水量は時間の経過に従ひて徐々に増大し噴騰の際には最大値 31 l/min に達した。

5) 化學組成の變化



第 12 圖

れた。

i) pH 噴出止んだ直後は噴孔中は空虚であるが間もなく噴孔中の水面上昇し、遂に溢出する。この時最初に流出する水は稍アルカリ性大であるが、之が時間の経過するに従ひ中性に近づき、次いで間もなく再びアルカリ性増大し噴騰開始されるや最大値となつた。

ii) 蒸發殘滓、Cl, SO<sub>4</sub> 等に就ては夫等の含量は何れもほぼ平行して變化する。即ち最初に流出する水は稍含量多く、之が時間の経過するに従ひて減少し、次いで増加して噴騰開始されるや最大含量となつた。

次に吹上げた熱湯のみを採水し、その化學組成の變化を検したるに次の如き結果が得られた。

即ち噴騰繼續時間は 12 ~ 13 秒に過ぎないが、これを時間の経過に従つて 4 本の壘に分別採水し、その化學組成の變化を検したるに第 8, 9 表の如き結果が得られた。pH 値及び Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓等の含量は何れも噴騰の末期に近づくほど増大して居る。

#### 6) 噴騰機構

以上の結果を總括し金忠間歇泉の噴騰機構を考察するに此場合も湯泉樓間歇泉とほぼ同一の機構で説明される。即ち第 9 圖に示す如く浅い處に於て地下水が噴孔中へ侵入し來たり、深所より熱水並に高温の水蒸氣が上昇すると考へる。最初地下水の水壓で噴孔中の水面上昇し遂に溢出するが、之が時間の経過するに従ひ下方から上昇する高温の水蒸氣並に熱水に依つて熱せられ徐々に溫度上昇する。此時第 11 圖に示す結果よりすれば噴孔の口附近に於て先づ沸點に達し、此處に於て沸騰が盛んに起れば俄に水柱壓の減少を來し、従つてその下部も沸騰を始め愈水柱壓の減少を來し、遂に深部の水蒸氣壓に依つて吹上げるものと想像される。一度噴出すれば水の氣化熱の爲に噴孔深部の溫度が低下し、従つて水蒸氣壓の減少を來たし此處に於て刻々侵入し來たる多量の地下水を吹上げ得ずして噴騰は休止するが、間もなく噴孔中の水位は速に上昇して再び溢出するに至る。此時最初に溢出する水は pH 値大で、且 Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓等の含量も多いが、このことは噴騰止んだ瞬間に吹上げられた熱湯の一部は少量ではあるが噴孔中へ落下する爲に之が最初に押上げられて流出するものと考へられる。間もなく流出する水は地下水が多くなり、従つて Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓等減少するが、之が再び深所から上昇する熱水並に高温の水蒸氣に依つて熱せられる爲に Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓、等増大し遂に噴騰するに至る。

Cl と SO<sub>4</sub> とが平行して變化する點は湯泉樓間歇泉と異なる點である。

又第 12 圖を見るに pH の最小値を示す時刻と Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓等の最小値を示す時

刻とは相當異なるが、之は本來同時刻に現れるべきものと想像されるが、此の如き pH の異状値を示した原因は主として炭酸瓦斯に依るものと想像される。即ち溢出開始の際には地下深所から來たる炭酸瓦斯は少く、之が時間の経過するに従ひ熱水並に炭酸瓦斯増大し、従つて pH は減少するが、最後に噴騰開始されるや溶在した炭酸瓦斯は再び氣相へ逃失し去る爲にアルカリ性が増大す

るのであらう。

金忠間歇泉に就て pH 及び  
Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓等の含量並  
に湧水量の最大値、最小値、

第 10 表

	pH	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	蒸發殘滓 mg/l	湧水量 l/min
最大値	8.0	437.6	771.6	2260	34.8
最小値	7.2	372.6	670.8	1947	0
差	0.8	65.0	100.8	313	34.8
變化率%	—	14.8	13.1	13.8	100

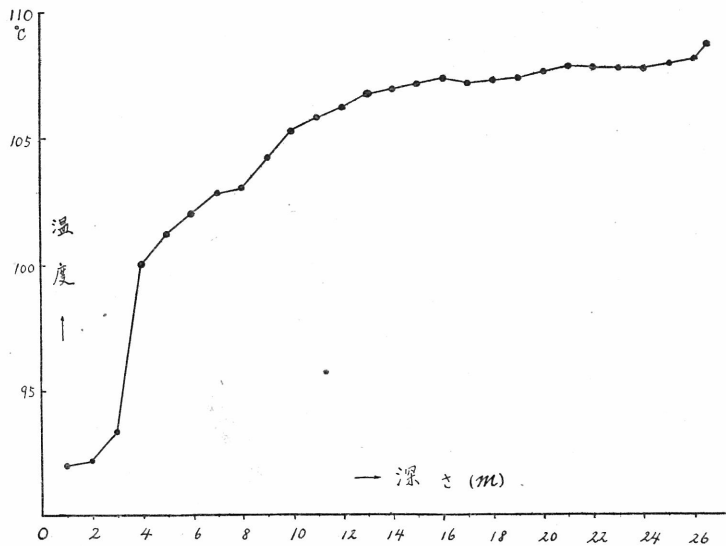
變化率等を第 10 表に示した。湧水量の變化率 100% は當然であるが、Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓等の變化率は 何れも 13~14% であつて僅か 5~10 分の間に之だけの大きい値を示して居る。

### V 宮城縣土湯間歇泉

福島市より約 18 km ほど離れた吾妻山麓土湯温泉にいますや旅館がある。この旅館の湯の源泉が間歇泉である。大正 14 年豊富に湯を得たい希望で掘鑿し、27 m に達した時急に熱湯を吹上げて間歇泉になつた。掘つた當時は 24 m ほど吹上げて居た由であるが、

現在は 8 m 吹上げるに過ぎない。噴出繼續時間 1 分 23 秒、休止繼續時間 34 分 8 秒である。(現在噴孔には鐵管が挿入してない。)

噴騰狀況は金忠間歇泉と良く類似して居る。即ち噴出止んだ直後は噴孔中は空虚である

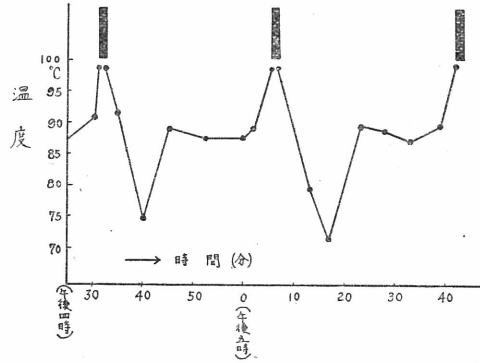


第 13 圖

が間もなく噴孔中の水面上昇し、噴出休止後 24 分経過すれば溢出する。之が時間の経過するに従ひ湧水量は増加し、温度も上昇して沸騰が盛んになり、遂に噴騰が開始される。最初は弱く吹上げ、間もなく最も高く吹上げ、次いで徐々に弱くなり、1 分 20 秒を経過すれば噴出を休止する。

1) 間歇泉の温度

噴孔中の温度の深さに依る変化を第 13 圖に示した。深さ 1 m にて 92° を示し、深さ 26 m の底に於ては 108° を示した。又噴孔中深さ 33 cm の地敷で温度の時間的變化を測定した結果を第 14 圖に示した。噴出休止直後は著しい温度低下が認められ



第 14 圖

るが、之が時間の経過するに従ひ再び温度上昇し、噴騰開始の際には 98.5° に達した。

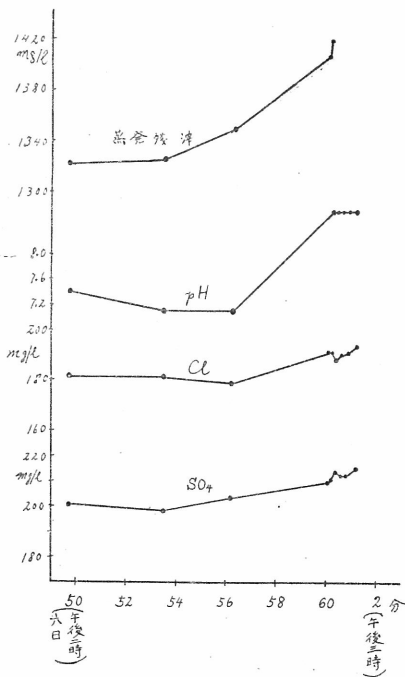
2) 湧水量

湧水量は溢出開始の際には 0.33 l/min に過ぎないが、之が時間の経過するに従ひ増減を繰返しつつ増加し噴騰の際には 11.9 l/min となつた。

3) 化学組成の變化

此間歇泉に就て溢出開始より噴騰終るまでの時間に於て湧出する水を時間の経過に従つて分別採水し、その化学組成の變化を検したるに第 15 圖の如き結果が得られた。

此場合 Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓等の含量は何れも流出初期が少く噴騰開始されるや最大含量を示した。pH のみは流出初期に稍値が大きく、ついで減少



第 15 圖

第 11 表

	pH	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	蒸發殘滓 mg/l	湧水量 l/min
最大値	8.7	194.1	215.2	1420	11.9
最小値	7.1	179.2	198.8	1322	0
差	1.6	14.9	16.4	98	11.9
變化率%	—	7.7	7.6	6.9	100



し、噴出開始されるや最大値となつた。今土湯間歇泉に就て pH 及び Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓等の含量並に湧水量の最大値、最小値、變化率等を表示すれば第 11 表となる。

此場合は Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓の變化率は 7% であつて間歇泉としては變化の少い方である。

#### 4) 噴騰機構

此間歇泉の噴騰機構も前記金忠間歇泉とほぼ同一の機構であると想像される。噴孔深部の溫度測定は休止時に測定したものであつて噴騰開始の際の實測値を缺いて居るから正確なることは不明であるが以上の測定結果に基いて推定すれば大體深部は相當高溫度であることは明であり、此場合もやはり淺所で地下水が噴孔中へ侵入し深所から熱水並に高温の水蒸氣が上昇すると考へる。淺所で地下水が噴孔中へ侵入することは掘鑿當時の狀況から明である。噴騰休止直後は噴孔中は空虛であるが間もなく噴孔中の水位上昇し遂に溢出するが、最初溢出する水は地下水に富み、従つて Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓の含量少く、之が時間の経過するに従ひ熱水並に高温の水蒸氣で熱せられ溫度上昇し、沸騰が盛んになつて遂に水蒸氣壓で吹上げるに至るものと想像される。

## VI 宮城縣鬼首村宮澤間歇泉

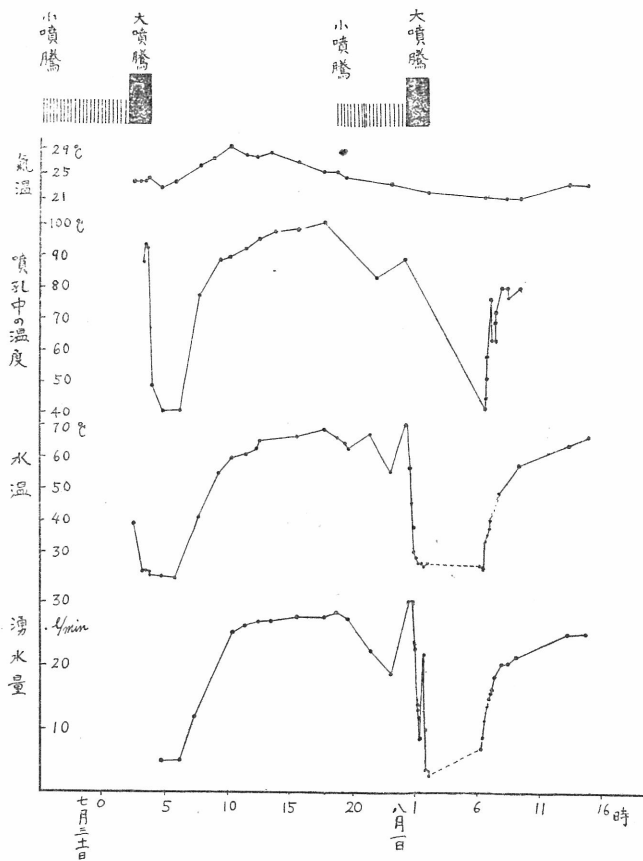
鬼首村宮澤温泉高橋旅館では昭和 6 年掘鑿し、深さ 36 m 36 cm に達した處大音響と共に熱い泥砂を吹上げて之が間歇泉になつた。噴孔の直徑は 9 cm で噴孔には横孔のある鐵管 24 m 24 cm 挿入されて居る。

鬼首村には現在多數の間歇泉が存在するが、その中最も高く吹上げるものはこの間歇泉であつて噴騰狀況も亦壯觀である。

この間歇泉には大噴騰と小噴騰とがあつて昭和 14 年 7 月下旬著者が觀測した結果に依れば大噴騰の週期は 22 時間 10 分、噴出繼續時間は 1 時間 42 分であつた。小噴騰は常に大噴騰に先驅して 19 回ほど起り、噴出繼續時間は 15 ~ 50 秒、休止繼續時間は 10 ~ 20 分である。吹上げる高さ大噴騰は約 20 m、小噴騰は約 10 m である。

#### 1) 噴孔中の溫度

噴孔中の溫度は深さ 1 m にて 87.5°C を呈し、深さを増すに従つて溫度上昇し深さ 14 m に於ては 104.7°C を示した。又噴孔中の溫度は時間に依つて極めて著しい變化を示し、第 16 圖に示す如き結果が得られて居る。此結果は地表面下 2 m の位置にて測定したものであるが、噴出休止直後は溫度が 40°C まで降下する。之が時間の経過と共に著しく溫度上



第 16 圖

最初に流出する水は  $24.0^{\circ}\text{C}$  に過ぎないが、之が時間の経過するに従ひ温度上昇し、小噴騰開始の頃には  $67.0^{\circ}$  に上り、大噴騰開始の頃には  $71.5^{\circ}\text{C}$  に達する。

## 2) 湧水量

宮澤間歇泉に於ては噴孔より溢出する水を相当太い導管にて浴槽へ導いて居る。著者はこの導管に於て噴孔より約 40 m 離れた位置で間歇泉の湧水量を測定した。その結果は第 16 圖に示す如くである。大噴騰休止するや噴孔中は空虚になるが暫くすると噴孔中の水位上昇し遂に溢出する。最初は湧水量  $5\text{ l/min}$  に過ぎないが、之が時間の経過するに従ひ増大し小噴騰開始の頃には  $28\text{ l/min}$  となる。小噴騰開始されるや幾分湧水量が減少するが、之は吹上げる爲に導管に入らぬ水も相当多くなる結果である。

## 3) 化學組成の變化

昇し、小噴騰が開始される頃には  $102.0^{\circ}\text{C}$  に達する。小噴騰が開始されるやかへつて温度が幾分低下して居るが、之は小噴騰の休止した時に測定した爲であつて將に小噴騰が起らうとする際にはもう少し高い温度を示すであらうと想像される。此著しい温度變化は噴孔より溢出する水を導く導管に於て噴孔より約 40 m 離れた位置で測定した場合にも第 16 圖に示す如く極めて明瞭に水温に現れて居る。

大噴騰の止んだ直後は噴孔中は空虚であるが暫くすると噴孔中の水位上昇し遂に溢出する。

宮澤間歇泉の化學組成の變化を検する爲に噴孔から溢出する水を導管に於て時間の経過に従つて時々採水し分析したるに第17圖に示す如き結果が得られた。即ち pH 及び蒸發

殘滓, Cl, SO<sub>4</sub> 等の含量は何れも著しい變化を示し且之等は悉く平行して變化する點が着目される。今

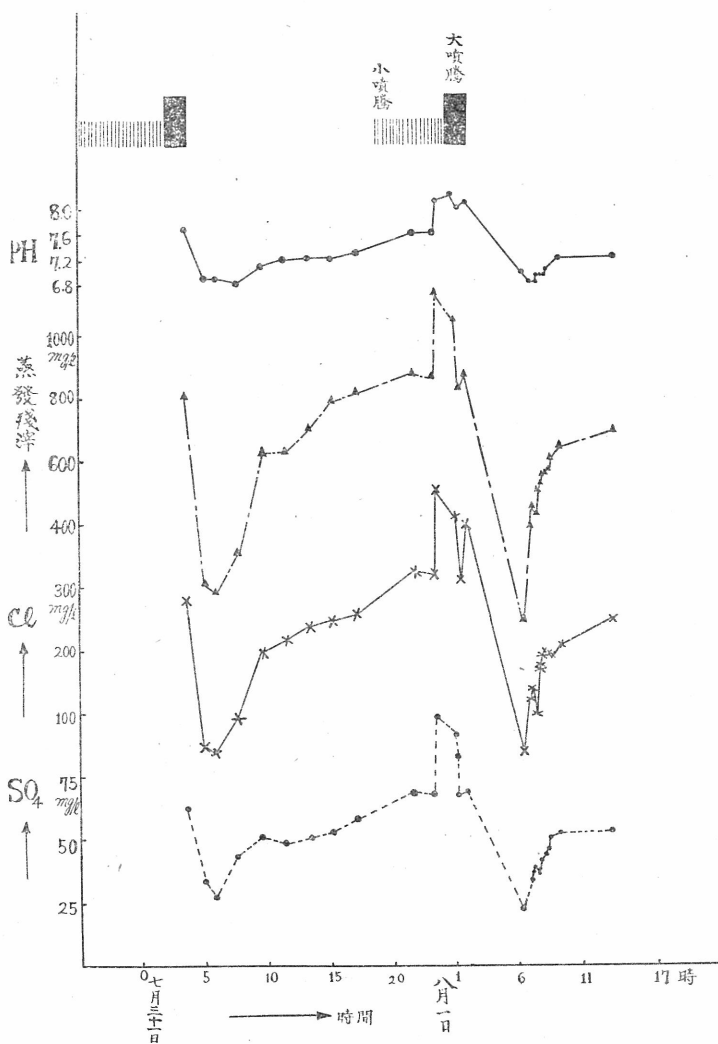
第 12 表

	蒸發殘滓 mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	pH	水 温 °C	湧水量 l/min
最大値	1173	458.0	98.0	8.2	71.5	30.0
最小値	153	38.3	24.7	6.8	24.7	0
差	1020	419.7	73.3	1.4	46.8	30.0
變化率%	87	92	75	—	—	100

測定結果を一括し、蒸發殘滓、Cl、SO<sub>4</sub>、pH、水温、湧水量等の各に就て最大値、最小値、變化率等を表示すれば第12表の如くなる。湧水量の變化率の100%は當然であるが、蒸發殘滓、Cl、SO<sub>4</sub>等の變化率は75~92%であつて著者が今日まで測定した間歇泉中最も大なる變化を示すものである。

4) 噴騰機構

この間歇泉の噴騰機構も金忠間歇泉と同一の機構であると想像される。噴孔深部の溫度測定が未だ完全ではないが、大體次の如く考へられ



第 17 圖

る。即ち浅い處で地下水が噴孔中へ侵入し深所から熱水並に高温の水蒸氣が上昇するとする。大噴騰休止直後は噴孔中は空虚であるが暫くすると噴孔中の水位上昇し遂に溢出する。最初に流出する水は水温  $24.7^{\circ}$ 、蒸發殘滓  $153 \text{ mg/l}$  で、 $\text{Cl}$ 、 $\text{SO}_4$  等の含量何れも少く普通の地下水と全く同一のものであるが、之が時間の経過するに従ひ地下深所から上昇する熱水が増加する結果、水温は上昇し同時に pH 並に  $\text{SO}_4$ 、 $\text{Cl}$ 、蒸發殘滓等の含量も増加し、湧水量も増大する。而して更に時間が経過するに従ひ愈温度上昇し、遂に沸點に達すれば水蒸氣の壓力で吹上げるに至るものと考へられる。

## VII 北海道鹿部間歇泉

此間歇泉は北海道駒ヶ嶽山麓鹿部温泉鶴の湯にある。大正7年掘鑿し、噴孔の深さは  $27 \text{ m } 27 \text{ cm}$ 、鐵管  $15 \text{ m } 15 \text{ cm}$  挿入されて居る。噴騰の高さ  $2 \text{ m}$ 。昭和15年7月24日に著者が測定した結果に依れば週期は 8分34秒～9分11秒、休止繼續時間は 6分5秒～6分39秒、噴出繼續時間は 2分26秒～2分51秒であつた。

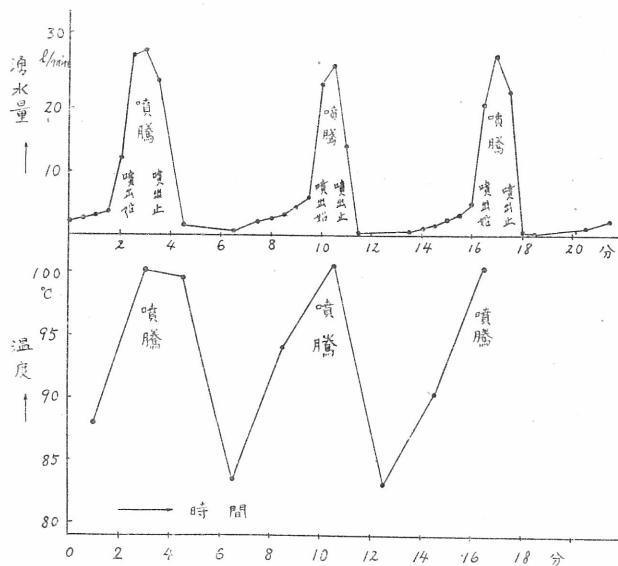
### 1) 噴孔中の温度

噴孔中の温度を測定したるに地表面にて  $90.0^{\circ}$ 、地表面より  $3 \text{ m}$  の深さに於ては  $101.1^{\circ}$  を示した。噴孔深部の温度測定が缺けて居る爲に正確なることは不明であるが、噴孔深部は相當高温であることが想像されるのである。

又噴孔中深さ  $30 \text{ cm}$  の地點で温度の時間的變化を測定した結果は第18圖に示す如くであつて、一般に噴出休止直後は  $84^{\circ}\text{C}$  に低下するが、之が時間の経過に従つて温度上昇し、噴騰開始の際には  $100.2^{\circ}$  を呈した。

### 2) 湧水量

此間歇泉の湧水量を測定した結果は第18圖に示す



第 18 圖

如くである。即ち噴騰休止直後は噴孔中は空虚になり、水は湧出しないが間もなく、噴孔中の水位上昇し遂に溢出する。最初は湧水量極めて少いが、之が時間の経過するに従ひ徐々に増大し噴騰開始されるや最大湧水量を示した。而して流出開始より噴騰休止に至る迄の間に湧出する一回の總湧水量を測定したるに僅に 140 l に過ないのである。

3) 化學組成の變化

著者は鹿部間歇泉に就ても溢出開始より噴騰止むまでの時間に於て、噴孔より流出する水を時間の経過に従つて刻々採水し、之を分析し、第 19 圖の如き結果を得た。

i) pH は溢出開始の際には pH 7.3 で中性に近いが、之が時間の経過するに従つて増大した。

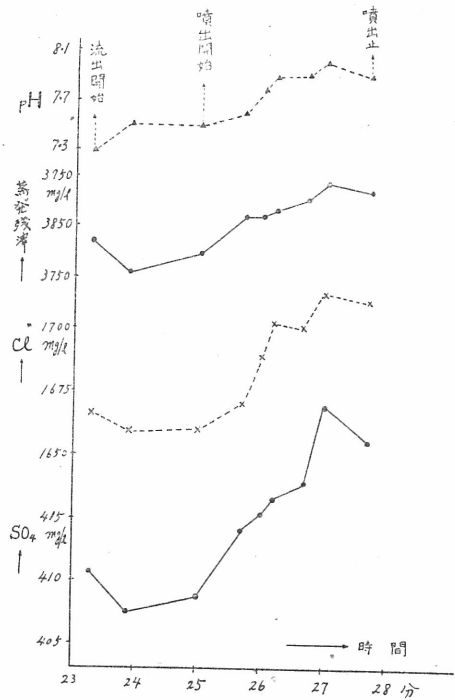
ii) 蒸發殘滓、Cl, SO<sub>4</sub> 等の含量は何れもほぼ平行して變化する。即ち溢出開始の際には之等の含量何れも稍多く、間もなく減少するが次いで再び増大し噴騰末期には最大含量を示した。

今之等の測定結果を一括し、Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓等の含量並に pH, 湧水量等に就てその最大値、最小値、變化率等を求

め、之を第 13 表に示した。

4) 噴騰機構

此間歇泉も金忠間歇泉、土湯間歇泉、宮澤間歇泉等と同



第 19 圖

第 13 表

	蒸發殘滓 mg/l	Cl mg/l	SO <sub>4</sub> mg/l	pH	湧水量 l/min
最大値	3940	1714	423.9	8.0	29.2
最小値	3759	1659	407.4	7.3	0
差	181	55	16.5	0.6	29.2
變化率%	4.6	3.2	3.9	—	100

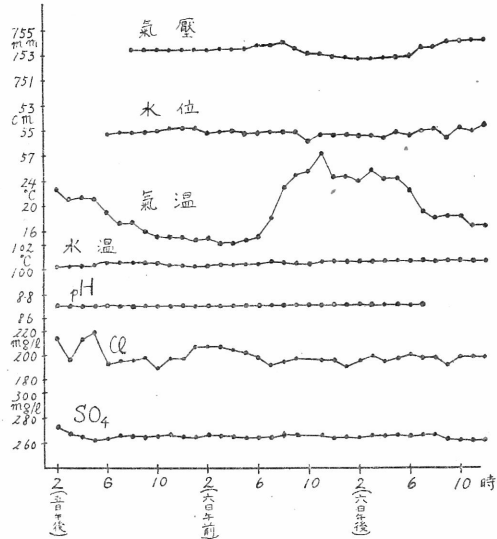
じ機構であると考へられる。即ち噴騰休止直後は噴孔中は空虚になるが間もなく噴孔中の水面上昇し遂に溢出するが最初に溢出する水は地下水に富む爲に pH は中性に近く、Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓等の含量少く、之が時間の経過するに従つて熱水が多くなる爲に温度上昇し、同時に Cl, SO<sub>4</sub>, 蒸發殘滓等の含量も増大し、遂に沸騰點に達して、その水蒸氣壓の爲に吹上げるに至るものと想像される。

### VIII 新潟縣瀨波温泉

新潟縣瀨波温泉は明治 37 年石油を得る目的で掘鑿し、深さ 267 m に達した時突然熱湯を吹上げたものである。噴孔の直径 8 吋、噴騰の高さ 17 m であつて鐵管 231 m 挿入されて居る。

此温泉は間歇泉ではないが明治 37 年以來今日まで休止することなく同じ調子に吹上げて居るものであつて通常之を吹上温泉と呼んで居る。日本に現存する吹上温泉の噴孔数は總計 17 個あるが、その代表的一例として瀨波温泉を此處に記載し、その噴騰機構を間歇泉と比較して考察することとする。

著者は昭和 15 年 6 月 5 日より 6 日に互り 1 時間に一回の観測を 36 時間繼續し、その水温、水位、pH 及び Cl、SO<sub>4</sub>、蒸發殘滓等の含量の變化の有無を検したるに第 20 圖に示す如



第 20 圖

き結果を得た。

水位、水温、pH 並に SO<sub>4</sub>、Cl 等の含量は何れも殆ど一定であつて著しい變化は認め

	pH	Cl mg/l	SO <sub>4</sub>	水位 cm	水温 °C
最大値	8.7	2019	272.0	56.0	100.5
最小値	8.7	1989	262.9	54.2	100.2
差	0	30	9.1	1.8	0.3
變化率%	—	1.4	3.3	—	—

られない。今之等に就て最大値、最小値、變化率等を表示すれば第 14 表となる。

Cl、SO<sub>4</sub> の變化率は最も變化の少い鹿部間歇泉の變化率より更に小さい變化率を示して居る。伊豆峯温泉も瀨波温泉同様吹上温泉であつて現在 27 m 吹上げて居るが、之も化學組成の變化は極めて少いものであつて 著者が調査した結果に依れば瀨波温泉より更に小さい變化率を示して居る。

#### 噴騰機構

間歇泉に於ては湯泉樓間歇泉に就て示した如く 淺所で地下水が常に一定速度で噴孔中へ侵入し來たり、深所より熱水並に高温の水蒸氣が上昇し、地下水はこの熱水並に水蒸氣に

依つてその蒸氣壓で吹上げられるものと想像される(第 8 圖参照)。若しこの場合侵入する地下水に比較して熱水の方が多過ぎる場合には刻々侵入する地下水は悉く吹上げられて噴騰を休止することがないであらう(地下水が豫め相當熱せられて居る場合には特に好都合である)。之が瀨波温泉の如き吹上温泉の場合であると考へる。若し熱水が充分多くない場合には噴騰が繼續するに従ひ氣化熱の爲に冷却し、遂に噴騰は一旦休止し熱を蓄積して後再び吹上げる所謂間歇泉となるであらう。實際に湯泉樓間歇泉に於ては大正 7 年掘鑿したものであるが、その當時は熱が非常に多い爲に 3 晝夜ほど絶えず熱湯を吹上げて所謂吹上温泉であつたが、之が噴騰を繼續するに従つて熱の放散に依り衰弱し 4 日目頃から勢力次第に衰へて 15 分の休止繼續時間をおいて吹上げる間歇泉となつた。之が更に昭和 11 年 4 月には休止繼續時間が 2 時間 35 分に延び、昭和 12 年 7 月には更に 4 時間 19 分に延び、昭和 14 年 7 月には休止繼續時間無限大となり、僅に噴孔中へゴムホースを挿入して之を口で吹いて水柱壓を減ずれば始めて吹上げる程度となつた。更に今後永い年月を經過したならば熱が愈減少して、遂に吹上が全く停止し、通常の温泉と同一のものとなる時が來るであらう。かくして著者は間歇泉は吹上温泉の末期のものであると考へる次第である。

## IX 結 語

以上今日までに得られた結果を略述したのであるが、本研究は未だその途上にありて尙幾多不十分なる點が存するが、之等は後日の研究に依つて明にすると共に他方實驗室に於ても模型に就て實驗し、前述の噴騰機構を確める豫定である。今前述の結果を要約すれば次の如くである。

- 1) 本邦の間歇泉はその噴湯の pH より觀察する時は pH 2.5 前後の強酸性のものとなつて pH 8.0 前後の弱アルカリ性のものとの二種類に分類される。
- 2) 間歇泉は一般に噴騰休止直後は噴孔中が空虛であるが、間もなく噴孔中の水面上昇し、遂に溢出する。この溢出開始より更に時間が經過して噴騰開始となり遂に之が休止するまで種々の時刻に於て採水し、その化學組成を檢したるに pH 及び蒸發殘滓、Cl, SO<sub>4</sub> 等の含量は何れも著しい變化を示した。
- 3) 間歇泉の Cl, SO<sub>4</sub> の含量の變化を見るに Cl と SO<sub>4</sub> とが平行して變化する場合と全く逆に變化する場合との二種類が存在する。
- 4) 宮城縣鳴子町湯泉樓間歇泉、金忠間歇泉、宮城縣鬼首村宮澤間歇泉、福島縣土湯間

歇泉、北海道鹿部間歇泉等に就てその噴騰の週期、噴孔中の温度、噴水量、化学組成の變化等を明にし、之に依つて間歇泉の噴騰機構を推定した。

- 5) 新潟縣瀨波温泉は吹上温泉の一例であるがこれの水溫、化学組成の變化は極めて少いものであつた。著者は吹上温泉の噴騰機構を間歇泉と比較して論じ、間歇泉は吹上温泉の末期のものであると推定される旨を論述した。

最後に本研究に終始御指導と御鞭撻を賜つた柴田雄次教授、木村健二郎教授に深く感謝の意を表すると共に研究費は日本學術振興會の補助に仰いだもので此處に同會にも厚く感謝の意を表する次第である。

(東京帝國大學理學部無機化學教室)

#### 文 獻

- 1) G. Mackensie: "Voyage to the Island of Iceland in the Summer of 1810," (1811), 228.
- 2) K. Honda, T. Terada: Proc. Phys. Math. Soc. Japan, II(1905), 164, 433.
- 3) K. Honda, T. Sone: "The Mineral Springs in Japan," (1915), 73.
- 4) Bunsen, Descloizeaux: Compt. rend., (1846), 23, 934.
- 5) H. O. Lang: Nachr. k. Ges. Wiss., (1880) 225.
- 6) 丸田, 鈴木: 地球物理, 第1巻, 第2號 p. 94.
- 7) 岩崎重三: 地質學雜誌, 明治27年, 第15號; 大井上義近: 震災豫防調査會報告, 明治36年, 第60號; 佐藤傳藏: 天然紀念物調査報告地質鑛物之部, 第2輯, 昭和2年, p. 23; 曾根廣: 地質學雜誌, 41 (1934), 349; 芝龜吉: 科學, 昭和11年, 第6巻, p. 357.
- 8) 野口, 福島: 日本化學會誌, 61 (1940), 677.
- 9) 野口: 地震, 昭和15年, 第12巻, p. 1.
- 10) 野口: 日本化學會常會, 昭和15年4月, 5月, 7月, 昭和16年2月講演.
- 11) 野口, 福島: 日本化學會誌, 61 (1940), 677. には 1 m 30 cm となつて居るが 1 m 10 cm が正しい.
- 12) 野口, 福島: 日本化學會誌, 61 (1940), 677. には 1 m 72 cm となつて居るが 1 m 52 cm が正しい.
- 13)  $N_2$  が大部分を占め之に  $CO_2$  が少量混じたものである. 野口, 福島; 日本化學會誌, 61 (1940), 677. 参照.