

# 地球物理

第 6 卷 第 1 號

昭和 17 年 5 月

---

## 論 說

---

### 阿蘇内ノ牧に於ける京大研究用温泉の 掘鑿と地點選定並に湯量調節法

理學博士 野 滿 隆 治  
緒 言

吾々は別府研究所を根據として相當には温泉の研究調査を實行して來た積りであるが、然し残念なことには研究所専用の温泉を持たないので、他人の所有温泉のみにつき所有者が承諾する程度の調査資料しか得られない状態であつた。従つて始終浴用に供して居る他人の温泉を隨時勝手に思ふ存分な研究調査をするわけに行かず、例へば温泉管内に頻繁に器械を挿入するとか、或は湧出口を一時閉塞して水頭の變化を觀測するとか、晝夜若くは夏冬交互に泉口を閉塞開放して之が爲に當該温泉乃至は隣接温泉に悪影響を及ぼすや否やを試験する等の作業は、到底他人の温泉では承引せられないのである。それで從來の研究は未だ充分徹底的とも根本的ともいふを得ず、言はば醫學診斷に於ける打診若くは聽診の程度を出でない。依つて筆者は研究用温泉を新に掘鑿して、一は掘鑿地點選定法の研究と其の檢證に資し旁ら地質を採取して其の地方の地層構造判定に便すると共に、一は新温泉の隨時開閉や器械挿入により温泉研究を醫學上の解剖的診斷の域にまで推進めんことを冀望して居たところ、幸ひにして昭和14年度より文部省科學研究費の補助を得て、此の希望實現に發足することゝなつた。

研究用温泉は出来れば我が温泉研究所のある別府に掘鑿したかつたのではあるが、別府研究所構内は丘陵地である關係上、温泉脈上にあることは從來の研究で分明ではあるけれ

ども、温泉水頭が地下數十米の深さにあつて經濟上も研究上にも不向である。又市内低地は最早や多數の温泉があつて、温泉規程上から新掘鑿の餘地がない。依つて止むを得ず別府研究所には既記の如く引湯を行ひ引湯研究<sup>(1)</sup>に便し、掘鑿温泉は火山研究所のある阿蘇地方で適當な地點を選定することとし、諸種の事情例へば交通とか或は火山裂弱線の研究や河川研究をも同時に行へる様な條件をも考慮して内ノ牧町に決定した。

而して新温泉による研究の一主題として、數年來筆者の頭にあるのは温泉の開閉乃至自由調節が可能なりや否やである。筆者は紀州湯崎や別府龜川等に多量の温泉水が掘鑿をしまゝ使ひもせず放流委棄せられて居る現状を見、眞に勿體ないことと嘆せざるを止めないのである。之も温泉保護の目的から方々で温泉規程が制定され、却つて逆効果を奏し温泉冒瀆を見たのである。といふのは、既設温泉より何百米以内は新掘鑿を許さぬといふ規則が出来れば、利権屋が今すぐ必要もないのに單なる權利獲得の目的で、規程の最小範圍に兎も角ボーリングをして置くからである。か様な事態は實に泉源涵養上憂慮すべき重大事で、放棄温泉は成るべく閉塞させて置くか少くとも時々開放する程度に止むべきものと思はれるに拘らず、所有者は假令一時的にせよ閉塞すれば泉脈が變つて出ぬ様になる恐れありと稱して反對するし、又夫れを反駁すべき學理乃至實驗が從來はまだ無いから、法規的に閉塞命令を出す譯に行かない。かゝる現状に鑑み、筆者は恰も吾々が水道栓をひねつて自由に必要なだけ上水を利用する如く、新研究用温泉には湧出量調節装置を施し、自由に流量を加減し得るや否や又調節によつて當該温泉乃至は隣接温泉に障害を生ずるや否やを研究することにした。晝間は使つても夜分は泉孔を閉塞するだけで、湯量の半分は節約になる。況んや浴客にシーズンのある温泉地では、温湯湧出をそのシーズンだけ全力的とし、閑散期には大部分を抑止調節する様にしたならば、非常に温湯の節約となり最も合理的な温泉經營だと思ふのである。之によつてその温泉地は保護涵養せられて其の壽命を延ばし得べく、又從來の制限を緩和して更に新掘鑿を許しても差支ない場合もあつて温泉地の發展に貢獻し得るし、或は又濫掘の爲め衰弱した地區例へば別府濱脇方面の如きは隣接地區の湧出抑制涵養によつて復活の途を辿る様にならぬとも限らない。

以下かゝる腹案を以て掘つた内ノ牧新温泉につき、其の掘鑿地點選定法と掘鑿結果並に湧出量調節法を述べる。

(1) 野滿隆治、瀬野錦藏、引湯の研究：本誌第5卷第3號(昭和16年)，171頁

## I. 掘鑿地點の選定と其の準備調査

吾々の研究用温泉は内ノ牧町内に掘ることゝしたが、之は内ノ牧が阿蘇カルデラ地盤の裂弱線中、筆者の所謂最外端放射線と第一弧狀線との交點附近に當り、裂弱線の性状を將來各方面から精細に探究するときの據點とする便宜からと、今一つは同町には既に多數の温泉があつて、適當に地點の選定を誤りさへしなければ、新温泉の掘鑿も成功疑ひないからである。

然らば町内のどこが最高温度最大湧出量の温泉を得るに最も有望であるか、又掘鑿深度は如何ほどにすべきかを決定する爲に、筆者は先づ既設温泉の温度とその掘鑿深度を調査し、別府で地温研究から陰蔽温泉脈を決定したと同じ筆法を取ることにした。

内ノ牧には古來其の東北近傍に湯山と西南近傍に折戸といふ自然湧出温泉があるが、明治31年6月、町内の西南隅で折戸と向ひあつた竹林といふ所に用水目的を以て衝き井戸を掘つたところ、偶然にも温泉が出た。之に刺戟せられて其後多數の温泉が掘鑿される様になつた。明治33年伊木常誠博士の報告には掘鑿温泉孔42とあり、其の内15口の温度が測つてある。而して掘鑿深度は40~50間であつた。次で大正年間歐洲大戰後の景氣につれ相當盛んに掘鑿されたが、深さは60~70間となつた。昭和に入りては7,8年頃の好景氣に復々掘鑿盛んとなり、八代方面より穿泉屋をつれ來り深掘を始め80~90間の温泉が多くなつた。其の後も斷續的に新掘鑿が行はれて居るが成功率は随分悪くなつて居る。

かくして現在町役場の臺帳にある温泉數は約68口であつて其の位置は第1圖の如くであるが、是等は最初からの掘鑿温泉が皆残存して居るのではなく、頻々と閉止したり改掘したりした後の現計である。内ノ牧では多くは5~6年で舊泉口は廢棄して別に改掘するそうであるが、之は此の地方が火山灰で掘鑿費低廉なるため、泉管に火山灰がつまり湧出が少し悪くなるとそれを浚渫するよりは却つて新掘が安上がりになるからだといふ。かやうな關係で伊木博士の報文にある温泉が今のどれに相當するか對比に困難を感じたが、其の内11口だけは確實に對比が出来た。

扱、筆者は新研究用温泉の掘鑿地點を選定すべき資料として、昭和14年南葉助教授に是

(2) 野滿隆治：阿蘇中央火丘群及び温泉の分布と現火山活動勢力源の潜在位置に就て、地球物理第3卷(昭和14年)、8頁

(3) 伊木常誠：阿蘇火山調査報告、震災豫防調査會報告第33號(明治34年)、1頁

阿蘇内牧に於ける京大研究用温泉の掘鑿と地點選定並に湯量調節法

等既設温泉の温度と深さ測定を依頼し、同助教授より昭和15年12月に卷末の資料欄「内ノ牧温泉観測表」第一部の様な報告を接受了。伊木博士報告にある温泉跡の分明したものは、表の横に併記して往時の温度及び深さをも記入してある。又其の位置は第1圖中に當

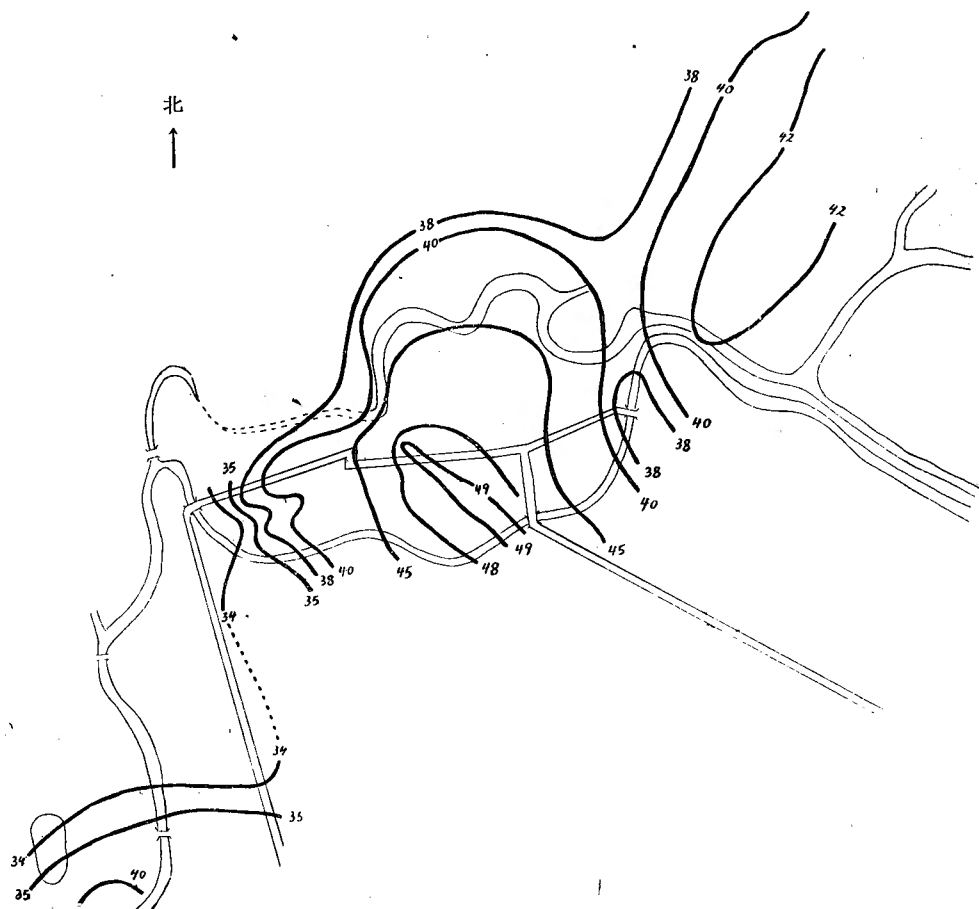


第1圖 内ノ牧温泉分布 (数字は町役場温泉臺帳の所載順につけた温泉番號), 又氏名は伊木博士報文中の温泉位置, ABは筆者想定のカルデラ裂弱線

\*町内全温泉の再調査は、吾々の新掘温泉成功後にも施行して、卷末資料欄の第二部に載せてあるから参照せられたい。

時の所有者氏名を以て示してある。

此の報告を受けて見ると、内ノ牧温泉は  $49^{\circ}$  を最高温度とし一般に割合低温であるが、泉温の分布状態から大體三區に分け、東部の湯山方面、西部の折戸方面と中部の町内區域とすることが出来る。中部の町内が最も優勢であつて、湯山方面も折戸方面も古來自然湧出温泉のある處ではあるが、温度が低く新掘鑿をしても町内よりは低温で湯量も少い。湯山温泉の如き明治31年頃は伊木常誠博士の報文によると  $39^{\circ}$  前後で二ヶ所の岩目から自然湧出をして居たが、大正11年には  $35^{\circ}$  に下がり人工汲上げをせねばならぬ様になつたし、昭和15年には僅に  $24^{\circ}$  に低下して居る。折戸の自然温泉も、舊記録はないが、古老の言によると矢張り湧出量温度ともに低下した様で、目下は  $34^{\circ}$  にすぎない。是等の低下原因は町内に多數の温泉を掘鑿した爲ではないかと想像せられる。町内に於ても掘鑿は折戸に近

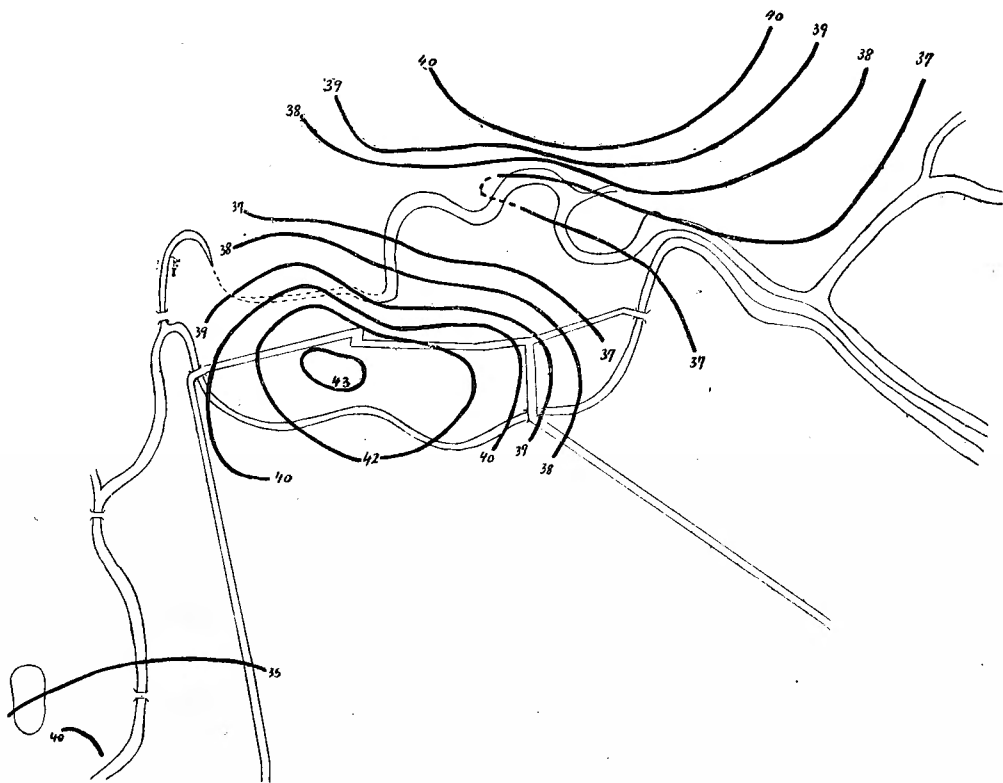


第2圖 内ノ牧温泉湧出温度分布(深度を考へないで)

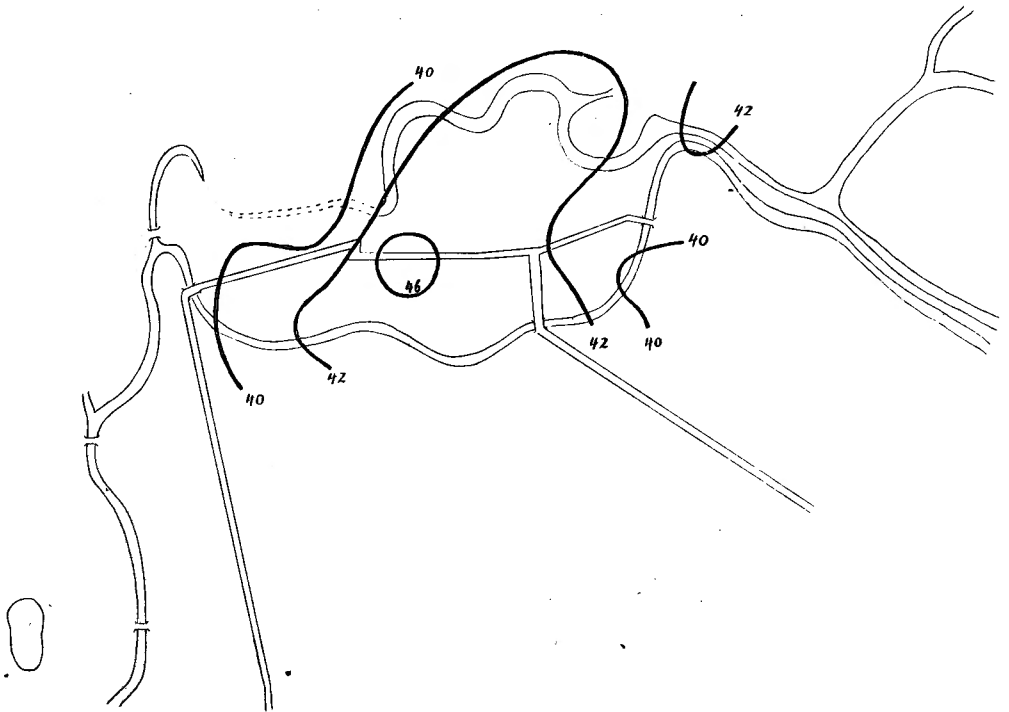
い西部から始まり、漸次後年になる程東部へ進展したが、西部は比較的浅くて温泉を得られる代り温度は比較的低温く、東するに従ひ掘鑿は深くせねばならぬが高温のものが得られ、而も東部に温泉が殖えるほど西部の既設温泉は温度が益々低下する形勢を示したといふことである。即ち内ノ牧町内温泉は西部より東漸して次第に筆者想定のカルデラ裂弱線に近寄りつゝあるのである。

兎に角現在の湧出温度分布を具體的に示す爲、先づ泉源深度を論せずニ實測の全温泉につき湧出温度を地圖上に記入して等温線をを描けば第2圖の様になる。町内の最高温部は町の東南寄りにあつて、49°の區域が坊中街道延長線に近く南東から北西に長軸を持つ細長い楕圓状をなして存在する。従つて吾々の研究温泉掘鑿地點も大體此の軸線(No.11—12—16線即ち第1圖のAC線)上に近く選定すべきことがわかる。

然らば其の線上の何處にすべきか。之に關して第一に参考となることは、この線より少し東方に筆者想定のカルデラ裂弱線の一つが走つて居ることである。即ち最高温帯の



第3圖 深度別湧出温度分布 (a)深度40~50間



第3圖 (b) 深度 60 間 前 度

上で成るべく東へ(従つて南へも)寄せ、地盤裂弱線に接近せしむる方が有利と思はれる。其の程度を判定する材料として、筆者は更に町内温泉を深度別にし等温線圖を作つて見ることにした。内ノ牧温泉は緒言に述べた様に、掘鑿時代により深度が大體一定して40~50間と60間前後と80~90間となつて居るので、その三類別に等温線を描いたところ、第3圖(a), (b), (c)を得た。之によると、温度は大體に於て深くなるほど高くなるのは勿論であるが、然しその分布状態は餘程様子を變へる。特に注意すべきは、各深度の最高温度が深さによつて其の位置を變へて居ながら、大體に於て第2圖の時述べた坊中街道延長線上にあることである。而も其線上では、浅い層ほど最高温度が西北に偏し温度の絶対値は低く43°であるが、深い層ほど東南に寄つて温度絶対値も高く49°に増進するのである。更に目を惹くことは第3圖(a)の最高温度部位は43°であるのに、同じ部位の一部は(b)圖で見ると41°~42°となつて、40~50間深度よりは60間の深度の方が却つて低温となつて居る。之は内ノ牧地下の最高温度部が比較的薄い舌状になつて、南東の深所より北西の浅所に向ひ延びて居ることを暗示する。

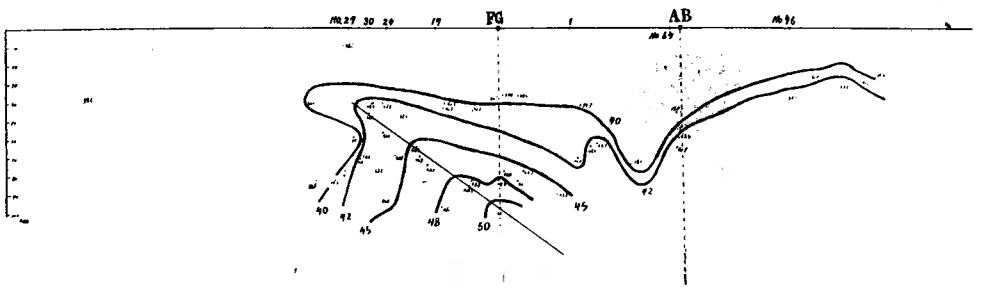
そこで此の點を一層明かにする爲、別に垂直断面内の温度分布圖を作ることにした。第

阿蘇内牧に於ける京大研究用温泉の掘鑿と地點選定並に湯量調節法



第3圖 (c) 深度 80~90 間

4 圖は成るべく東西に長い距離に亘つて多數の温泉が附近にある線(第1圖の DE)を含む垂直断面上の夫れである。勿論完全に此の断面上にある温泉は少いから、附近の温泉をもその面上に投影してデータを豊富にした。かくして得た圖には東側深部から西側浅部に向



第4圖 垂直断面上の温度分布

ふ高温舌状部が如實に現はれ、全く前記の豫想を確認せしめる。この舌状中軸線は恐らくカルデラ陥没後に堆積した地層の新割目であると筆者は考へる。そして前記のカルデラ裂弱線深部から岩漿作用による高热ガスや高热處女水或は夫れによつて熱せられた循環水が



上昇し、新堆積層中の不透層によつて阻止せられ、該地層の新割目に沿うて漸く地表近くまで現はれ舌状高温部を形成するものであらう。かくて吾々の研究温泉掘鑿地點は、第1圖の最高温中軸線上比較的東南側を選ぶべきことが知られる。但し東南に寄せると夫れだけ掘鑿深度は深くなり費用の嵩むことは覺悟せねばならぬ。それで未だ之だけでは、はつきり此處だと掘鑿地點を限定するわけに行かない。

ところが、更に一つ参考になる材料があるのである。それは伊木博士の報文に温度記録のある浅い温泉で其の後に深掘しかへたのが若干あるが、増温效果に著しい懸隔を見せて居ることである。第1表は即ち夫れである。

第1表 改掘温泉の増温效果

温 泉(所有者又は番號)			深 度		温 度		
明 治	現 在		明 治	現 在	明 治	現 在	増 減
小 野	No. 2		— <sup>間</sup>	63 <sup>間</sup>	36.45	44.3	増
大 津(休)	No. 3		47	65	37.5	42.0	〃
森 本	No. 10		42	82	40.0	48.0	〃
内 野	No. 12		47	89	41.3	49.0	〃
圓 田	No. 13		45	94	41.3	48.5	〃
吉 田	No. 16		43	90	41.2	49.0	〃
鳥 居	No. 21		50	70	42.0	41.0	減
鳴 海	No. 23		42	60	42.1	41.0	〃
中大 鳥津 }	No. 24		48 } 42 }	90	42.4 } 42.3 }	43.0	微増
竹 林	No. 28		38	83	41.0	34.5	減
清 田	No. 29		—	75	42.3	39.0	〃

此の表と第1圖とを對照するに、深掘したが爲に却つて温度の低下したものの四つあるが何れも町内西部にあり、No. 24 は極めて僅か増温して居る。然るにそれより、東部のものは皆著しく増温となつて居る。その内坊中街道延長上にあるものの増温は當然として、No. 2 (小野)、No.10(森本)の深掘による増温效果が特に著しいのは注目し値する。之はその線上で異状があり、地下高温帯がそのあたりに局部的膨起しあるを思はせる。依つて筆者はNo.2—No.10の線(第1圖のFG線)と先きの内ノ牧最高温中軸線AC(No. 11-12-16線)との交點を以て吾々の新温泉掘鑿地點に決定した(第1圖P點)。こゝは偶然にも恰度黒川

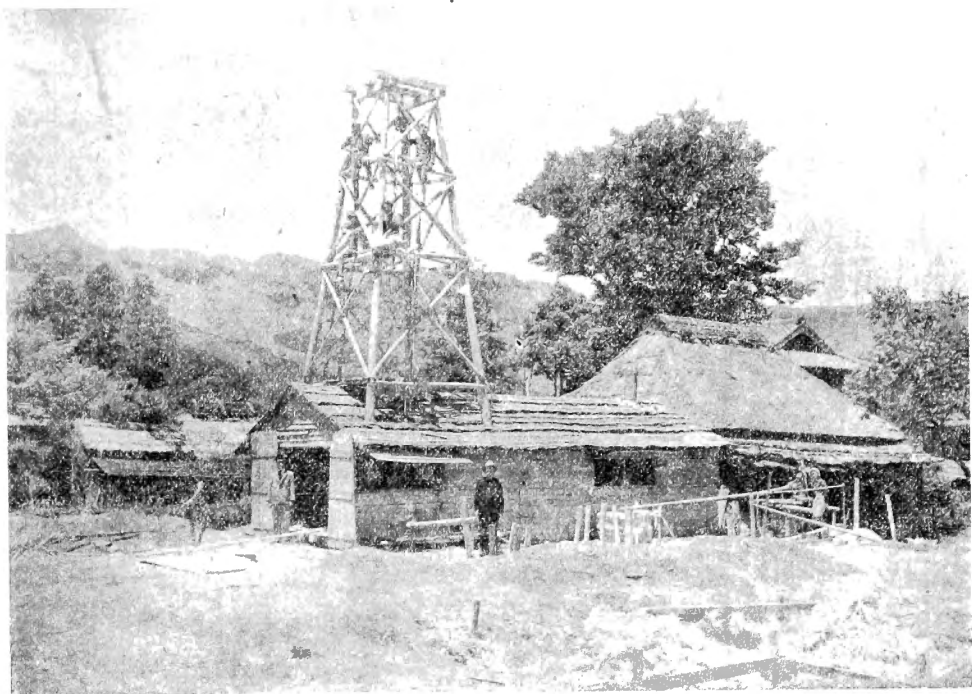
の河畔で而も坊中街道の内ノ牧入口に當り、交通上からも河川研究の便宜からも願つてもない好適な地點であつて、喜びに堪えない次第である。又湯山・折戸の自然湧出泉を結ぶ線上にも載るので、一層意を強うすることが出来た。

次に掘鑿豫定深度であるが、此の地點は第4圖の垂直斷面上に投影すれば、FGと記入した處に當り、最高溫度線が小突起を派出して之亦堆積地層の副龜裂らしく、益々筆者の信念を固くしたのみならず、此の地點の垂直線と地下最高溫舌狀線の中軸とが交會する深度を圖上で測れば92間=173米となる。同様の斷面圖を前記最高溫帶を含むAC線を通つて作ると、やはり高溫部が舌狀に現はれるから、其の中軸線と豫定地點Pでの鉛直線との交點を出せば85間=155mとなる。それで兩者の平均164mを採用し、それに多少の安全率を加へ200米を以てボーリング深度の最大限と決定した。

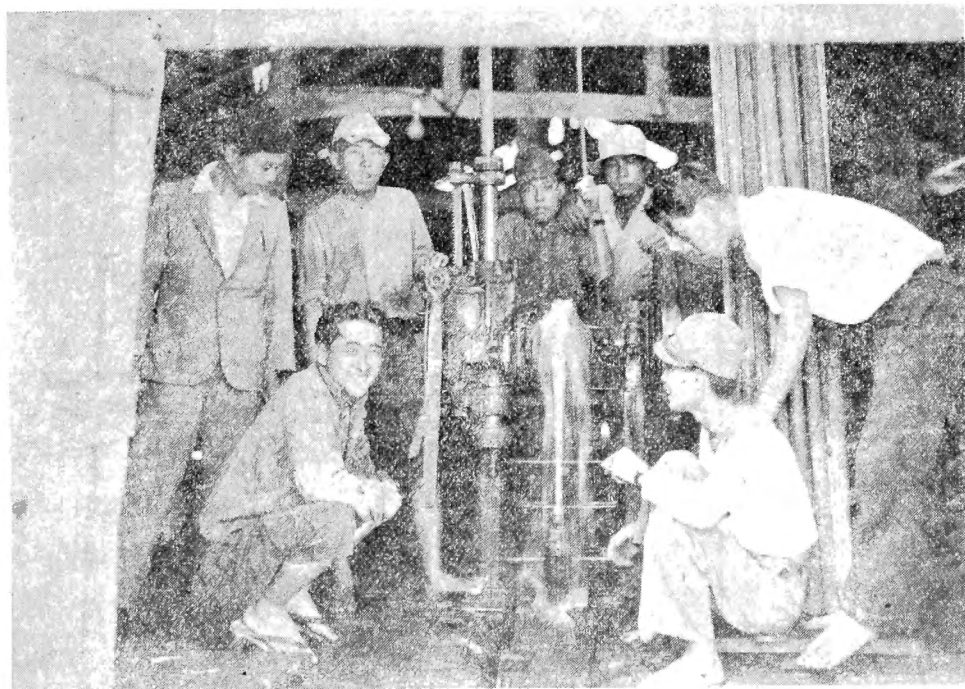
## II. 掘鑿の實施と其の經過

掘鑿地點の選定と掘鑿深度の豫定が出来たので、内ノ牧町役場に借地斡旋方を依頼したところ、町では特別の好意を寄せて、該敷地を買収の上大學に寄附せられたのみならず、温泉成功後は同所に研究分所を建築寄附せらるゝことになつた。又掘鑿作業は大正15年12月東京目黒の利根ボーリング會社に交渉し、コア・ボーリングを行ひ地質調査にも便することにした。かくて昭和16年3月より實地作業に入り、約2ヶ月の櫓組・器械据付其他準備工作後、4月末愈々掘進を始めた。途中數回穿孔壁の崩壞に遭遇し、器械掘に於ては火山灰層が岩盤よりも却つて厄介なる所以を體驗しつつも、兎も角7月1日大成功裡に、噴騰高度地上約6米、湧出量1日1300石、溫度51°Cといふ内ノ牧第一の高溫大湧出量の温泉を得た。掘鑿深度は153mであつた。第5圖はボーリング作業中の實景で、其の監督には南葉助教授を煩はした。

新温泉の初噴は6月30日17時より其兆を示し、翌早朝掘鑿錐が獨りて數十纏没入したので慌て、引上げた處、猛然掘鑿櫓上にまで湯が昇り、地面は高溫な湯の洪水となつて隣家の野菜畑まで一面に溢れ、其の所有者達に「野菜が枯れる」と騒がれ、作業員は噴湯の抑止に忙殺される仕末であつた。屢々述べた如く本研究温泉の主目的の一つが温泉調節の研究である關係上と、研究室建築までは連続研究も出来兼ねる故、不用の間は湧出量に大制限を與ふる目算の下に、豫め調節用の先細り抑止管數個を用意して置いたので、其の一つを湧出口に篋め込み噴湯を極めて少量に制御して、作業員達がホツと一息ついて居る狀況が



第5圖 掘進作業中の光景



第6圖 温泉初噴後之を抑止調節して一安心の光景



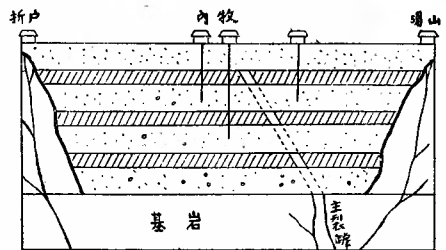
たといふのは、恰度礫岩の割目に當つて居た爲では無いかと想像する次第である。竣成後に温泉導管(鐵製)と穿孔間の隙間をセメントで充填したといふのは、最後の不透水性層の處だけである。此の下更に透水性層従つて温泉層が幾段あるかは分らぬが、最下層底の深度を推定するには一つの手懸りがある。

カルデラ陥没によつて出來た主要裂弱線の一つは第1圖のAB線であるのに、内ノ牧地帯の最高温部中軸は多少それより西に偏在してAC上にある。阿蘇外輪の絶壁には其の上面に近く幾枚もの熔岩層を見るのであるが、AB線は是等に連続して居た陥没山體の熔岩層をも貫通し極めて深所に達する裂罅線であり、之に反してAC線は其の後に堆積した地層だけに屬する比較的淺い割目の方向を示すものと筆者は解する。即ち温泉の根本熱源はAB線下より來る火山ガス乃至熱水であるが、それが上部の堆積各層に入るのは中間に夾在する不透水性層に於ける割目の位置によつて左右されるのであらう。果して然らば、第4圖に於て内ノ牧地下の最高温舌狀部の中軸線と裂弱線ABの該斷面上に於ける位置から下した鉛直線との交點が、カルデラ陥没後に堆積した地層の最下底を示すもので、換言すれば其の深度がカルデラの陥没深度を與ふるものではなからうか。此の様な考へを以て第4圖から堆積層最下底の深度を出して見れば185間=336mを得る。尙ほ第1圖のAC線を通る垂直斷面上で温度分布圖を作り、同様の手續きを経て堆積層の深度を求めると200間=364mとなる。依て私は兩者を平均して

内ノ牧堆積層の總厚=350m

と推定する。果して然るや否や、どうかして之を別方面から檢證したいものと思つて居る。かくて第1圖のAB線上ならば深く掘りさへすれば吾々の新温泉地點より以東でも温度の高い温泉を得る可能性はある。然し掘鑿深度は東になるほど大なるを要し、A點附近では恐らく350米近くも掘らねばならず工費の激増を免れないであらう。

以上の所論を綜合して、伊木博士の想像圖に準じ内ノ牧地下状態を圖にすれば、大體第8圖の様なものであらう。湯山温泉の自然湧出は岩の割目が見えて居るし、折戸温泉も岩盤が淺いといふことであるが、是等は、地點が全く外輪の山麓であるから、後に滑落した



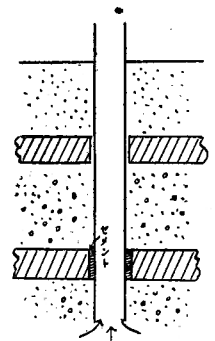
第8圖 内ノ牧温泉地下状態想像圖

外輪の岩塊であらうと推察される。而してその中間、内ノ牧盆地の下部にある基岩は現在の地面下 350 米ほどにあつて一の大裂罅線を有する。その上に堆積した層の不透水性なるものには東南深部より西北浅部に向ふ割目があり、温泉源水が上つて来ては透水層内に擴がり幾層もの層狀温泉帯を形成する。湯山折戸の兩温泉は之と違つた別系統のもので、其の根源は中央區のものよりは遙に小さく且つ浅いものと思はれる。中央區の主裂罅線に伴生した二次的小割目に因るのかも知れない。特に湯山は町内温泉の發達に伴ひ著しく減衰したのを見れば一層其の感を深くする。尙ほ微温水は北部方面より浅層を内ノ牧東北部へ随分やつて來る様である。之は主裂罅線の延長北端から出て來る温水が冷地下水に混合したものではなからうか。記して後日の研究に俟つ。

### III. 温泉の調節

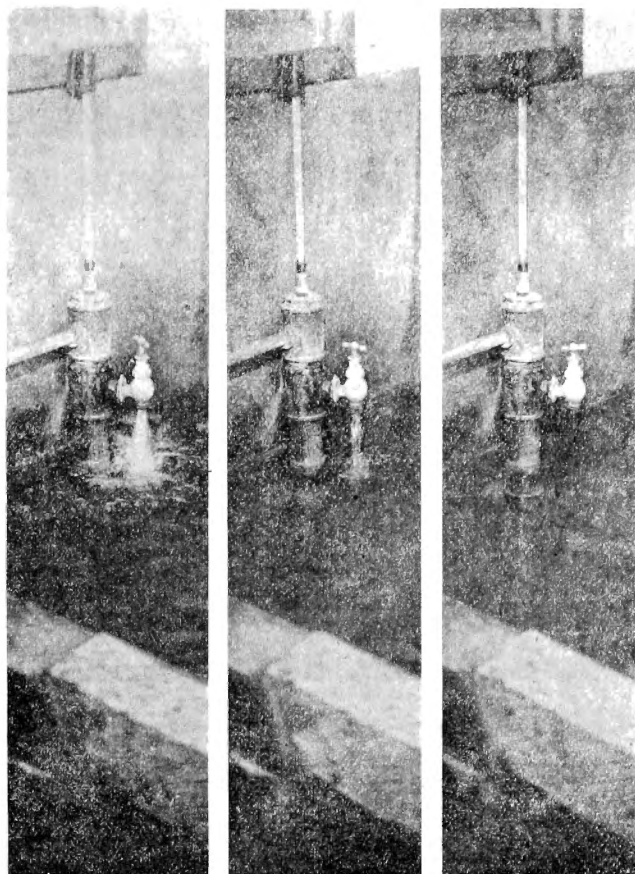
温泉の人工調節は可能なりや、可能とせば如何なる方法を探るべきか、又調節の爲に泉源を害することなきか等は、筆者をして研究用温泉掘鑿を思ひ立つに至らしめた重要な課題の一つであつた。そこで次に温泉調節法として採つた吾々の處置を述べる。

先づ調節による悪影響を除去する爲めには、温泉水の上昇路として挿入した鐵管の下部に於て、貫通した不透水層の穿孔と鐵管との間の餘隙は多量のセメント填充により完全に閉塞し、そこから温水の漏洩が決してない様にした。之は温泉調節を行ふ場合には絶対不可缺の處置である。この様にして置けば、後日温泉口を完全に閉めて湧出を皆無にすると、泉底含湯層の條件は掘鑿前と何等變りがなく自然状態に復したことになる。之に反して右の間隙填充がやつてないと、泉底地層内の被壓温水が始終其の隙間を通つて上の透水層内に漏れ、湯の一部を空費する結果となる許りでなく温泉脈の變化を誘導する恐れもある。又人工調節の際、例へば夜中不用時には湧出口を完封して湯を節約した積りで居ても、實は右の隙間から漏洩が著しくなつて目算が外れ、泉源の涵養貯藏には何等效を奏しないこともあり得るのである。



第 9 圖

次に湧出量の根本調節は寫眞器のシボリに似たシボリ瓣を導管中に裝備して行ふことにした。之によつて、恰も吾々が水道栓をひねる様に、極めて軽く自由自在に湧出量の調節が出来る。口繪は湧出口のところに於ける基本調節弁を示す。又第10圖は普通の水道栓に



第10圖 温泉調節の實景 (左)弁開放 (中)弁半閉 (右)弁閉止

よる浴室前の第二次調節の實景で、(左)は栓を全く開放した場合、(中)は半開の場合、(右)は栓を充分にしめて湧出を止めた場合である。

かくて温泉調節は極めて簡単に行ひ得ることが明かとなつたので、目下は湧出量を約きに減じて放流させつゝ、諸種の研究に従事中心である。夫等の結果は追つて報告の機会があると思ふ。

本温泉掘鑿は文部省科學研究費により、又掘鑿前後とも南葉助教授の應援を乞ふたことが少くない。土地並びに研究分所建築(口繪参照)は内ノ牧町の寄附に係る。こゝに記して厚く謝意を表する。