

日本の地熱

戦後10年余りの間に調査された地熱地とその概要を 第4図と第2表に示す。調査地は九州・長野一群馬・伊豆・東北のいずれも火山地帯に位置している。このほかに 北海道にも火山・温泉・噴気が多いが 昭和新山のほかは未調査である。

第2表を通覧するに 孔内温度は松川を除いて200°C以下 孔頭密閉時の圧力は数気圧ある。地表近くで低圧のため部分的に気化していたものを捕えた以外は 産出物は蒸気と熱水との混合物で そのうち蒸気量は1孔当り大体数t/h 以下である。よって直ちに工業化しうるものはまだわかっていない。表でうかがえるように 日本の地熱は まだ調査研究の段階にあり2,3の地熱地を除くとボーリングが浅く 数も少なく (中に多いものもあるが 地熱調査とは別に温泉開発のために作った浅い孔井である) 孔径も小さいものが多いからである。

第2表 日本の地熱調査地一覧表

地名(県)	地質	実施した探査法	ボーリング		孔内温度 °C	産出物		調査実施機関	
			本数	深さ m		温度 °C	圧力 cm・		
別府(大分)	火山岩	地質調査・地温調査・電気探査 30kw発電試験・腐蝕試験	3	70~110	145	* 140	* 3.6	蒸気・熱水 2.4(75)	地質調査所 電気機械試験所 九州電力(株)
野矢(大分)	火山岩	地質調査・地温調査・放射能探査 地化学探査・電気探査・地震探査	1	200	100			熱水	地質調査所 九州電力(株)
大岳(大分)	火山岩	地質調査・地温調査・放射能探査 電気探査・地化学探査	4	300~900	162~185	* 145	5.0	蒸気 熱水 6.0 3.0 (150)	九州電力(株) 地質調査所 熊本県 八幡製鉄(株)
岳ノ湯(熊本)	火山岩	地質調査・地温調査							
蜜仙(長崎)	火山岩	地質調査	3	30	120			蒸気・熱水	地質調査所
小長(長崎)	火山岩	地質調査	△ 10以上	55~160	80~110			蒸気 熱水 2.500	地質調査所
海老野(宮崎)	火山岩	地温調査・地化学探査 電気探査・磁気探査	3	18~75	108	98		蒸気 熱水 12 (125)	宮崎県 地質調査所
湯ノ野(鹿児島)	火山岩	地質調査・地温調査・地化学探査 電気探査・磁気探査	1	84	156	129		蒸気・熱水	地質調査所
手洗(鹿児島)	火山岩	地質調査・地温調査・地化学探査							地質調査所
指宿(鹿児島)	火山岩	地質調査						蒸気・熱水	地質調査所
草津(群馬)	火山岩	地温調査	2	200	100			熱水	東京電力(株) 中部電力(株)
山ノ内(長野)	火山岩					100		蒸気・熱水	東京電力(株) 中部電力(株)
箱根(神奈川)	火山岩							蒸気・熱水	藤田観光(株)
大島(東京)	火山岩	地質調査・電気探査・電気検層	3			70		温泉	大島開発(株) 地質調査所
熱川(静岡)	火山岩							蒸気・熱水	利根ボーリング (株)
鳴宮(宮城)	火山岩 第三紀層		22	100~213	140~175	*100~175	*2.6~8.0	蒸気・熱水 1~6(45)	利根ボーリング (株)
鬼首(宮城)	第三紀層	地質調査・電気検層	3	192~255	160~185			蒸気 熱水 2.3 21.0(75)	地質調査所
松川(岩手)	火山岩 第三紀層	地質調査・電気探査・地震探査 電気検層・腐蝕試験	10	150~450	最高 220	* 154	* 5.1	蒸気・熱水 0.3 (45)	地質調査所 東化工(株)
滝ノ上(岩手)	第三紀層	地質調査							地質調査所
昭和新山(北海道)	火山	地質調査・地温調査・地化学探査 重力探査・磁気探査・地震探査 放射能探査							地質調査所

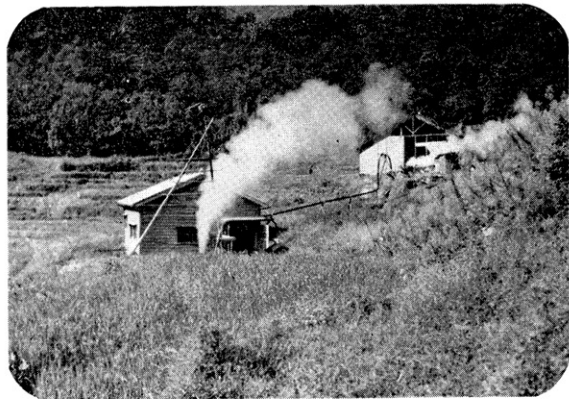
(注) * 孔頭のバルブを閉鎖した時の密閉温度・圧力
△ 温泉開発のための既設孔井数

地熱開発と温泉開発との関係

日本では初めから眼にみえているような大きな地熱地はほとんどみなすでに温泉地として発展しているという外国にはない特殊の環境にある。例をあげると長崎県の小浜温泉では製塩用などの温泉開発を目的とした孔井が100本ほどあり浅いため温度は高くないが産出熱総量は $190 \times 10^6 \text{kcal/h}$ と算定され前に述べたニュージーランドの中級地熱地の放熱量に匹敵する。小浜においてしかりで他の登別・熱海・別府など日本で第1級と目される温泉はさらに大きな熱量を出していると予想するに難くない。

このような温泉の熱量の正確な数値はわかっていないが測定の単位として $100 \times 10^6 \text{kcal/h}$ (電力 1.5万 kWh に相当) を用いこれが何単位あるかを計ればよいであろうといわれている。なお観光地として有名な別府温泉の地獄巡りは地表の温泉徴候においてニュージーランドの Wairakei 開発地の自然噴気・温泉群に比べて勝るとも劣らない。

地熱調査の手始めとして別府の一隅が選ばれたことがある。第2表に示したように浅いボーリングではあったが温度上昇が著しく産出した蒸気を用いて実施した30kW発電試験も順調に所期の成果を収めたのであ



別府市南立石の地熱発電実験場 (電気試験所提供)

ったがその成功にもかかわらず試験研究にとどまりしよせん大温泉場であり地熱開発に進むことはできなかった。

ニュージーランドの Wairakei ではボーリングの増加により1956年にはその総出力は $580 \times 10^6 \text{kcal/h}$ に達した。一方地表温泉などの放熱量は減少したがそれはただ1カ所の温泉群だけにみられそれも前に述べた Wairakei の開発前の地表総放熱量 $510 \times 10^6 \text{kcal/h}$ に対していうに足りない少量であった。結局地表に大して影響することなくボーリングによってこの地の熱出力は倍増したことになる。かような例もあるがイタリアやカリフォルニアのように地表徴候がほとんど消失した実例もあり地下深所の地熱開発が進むことによる地表や浅層への影響は一概にはいえない。

ただし、いずれの場合ももとの放熱量に比べてずっと大量の熱量が開発によって得られることは確信をもっていえる。そして発電後は 100°C の熱水が大量に放出されるのでこれで多くの浴場をまかなうことが可能である。したがって地熱開発と温泉開発とはもともと矛盾するものではない。

日本では医療保養という形で外国よりもむしろ高度に温泉資源を活用しているとも考えられるが資源のさらに有効利用の立場からはこの相互利益の関係が了解されることが望ましい。しかし差当りはかような問題の少ない新地熱資源を日本では探している。



第4図 日本の地熱調査地分布図

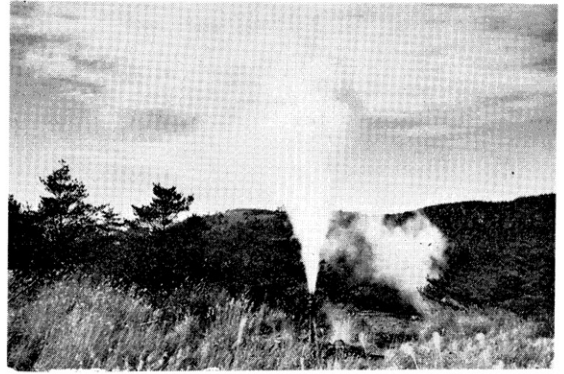
日本の地熱調査の経過

地熱調査の初期においては 噴気露頭のそばにボーリングが実施されたことが多い。 その結果 蒸気は比較的楽に得られ 種々その性質を観測することができた。

霧島火山の湯の野や海老野の調査などがこの例であり この2カ所では比較的浅い所から すでにかなり強力な蒸気が得られ この点で今も期待を失はない。

しかしながら これだけでは噴気地外に範囲を広げたり さらに強力な蒸気を求めて深所を探したりするには地質状況が不明である。 あらかじめ ボーリング以前に一応の地質調査や 地表の地温分布調査・電気探査・温泉や噴気の化学分析などは実施されたのであるが 当時は表層の性質だけを捕え 深所の地質状況について語り得ることは少なかった。

その後 イタリアの地熱を視察した人もでき あちからから技術者を招へいもした結果 開発にたる規模の地熱にはそれ相応の地熱貯溜を支持する地質構造がなければならぬことが あらためて強く認識された。 とくに隠された地熱資源で しかもかなりの規模のものを探し出す立場にある日本の地熱調査では いっそうこの点が大切である。 それ以後 地質調査所で調査してきた昭和新山・鬼首・松川においては まず地質構造とくに



鹿児島県海老野温泉

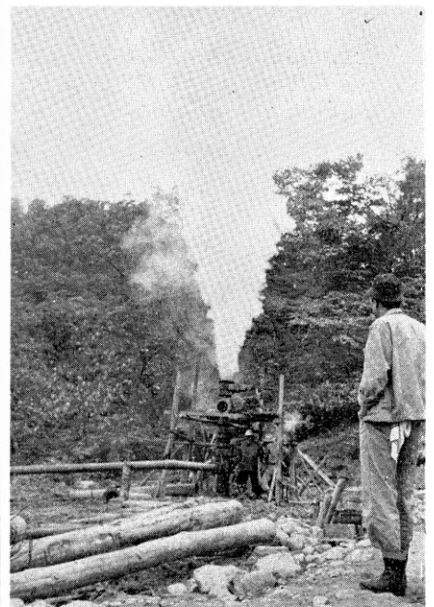
地下の構造を知ることを主眼にしてきた。 このため地質調査も詳細に行ない 物理探査も 電気・地震・重力・磁気などの各種の方法を各地熱地の特質に応じて適用し ボーリングも まず 地質構造を知るのに適する場所を選んで実施し これとともに電気検層を行なうなどの方法を取り しかる後に蒸気を出してみるボーリングを行なうようになった。

前に紹介したことでわかるように 外国の地熱調査では出力を量的に測定することに主力を注ぎ 未知資源を探し出すことはあまりやっていない。 むずかしさの多い純然たる探査に初めから取りかかっている日本が この点では最も苦勞しているとみてよく したがって探査方法にも 日本で独自に開拓しなければならないことが少なくない。

以下 近年に地質調査所が調査に関係してきた地熱地



長崎県小浜温泉



松川地熱地テストボーリング



別府温泉

を略述する。ただしいろいろ技術上のことはすでに地質ニュースで紹介されたこともありなるべく重複をさけて述べる。なお産出物の観測値などは第2表を参照されたい。

鬼首 は鳴子温泉の奥にあり昔から開けつ泉で有名であるがやや不便なため温泉地としてまだ発展していない。それまでに調査した地熱地が火山の上や近くに位置していたのちがいここには成層した第三紀層が露出している。覆蔽層のあるイタリー型の地熱を期待して調査を開始した。第三紀層の間に緻密な安山岩が介在する下には地熱覆蔽の現象が探知されまた地下の地熱物質は地層中の割れ目とくに集まっているが全体からみるとむしろニュージーランドのものに似た加熱地下水の対流型地熱に属することがわかった。

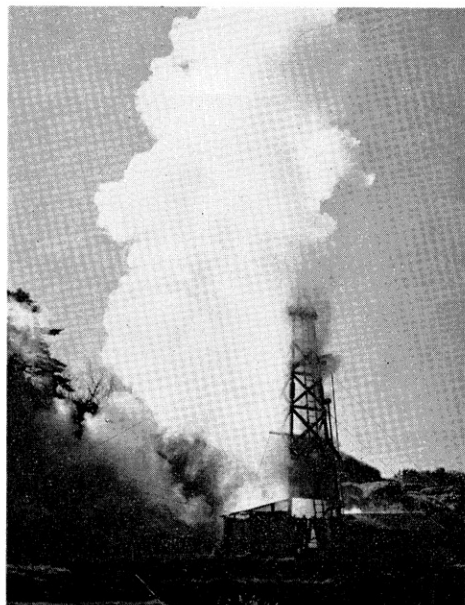
この第三紀層は中新世以後の湖成堆積層であり一般に軟弱・多孔質であるがその下部地表から300m以

下にはいわゆる緑色凝灰岩層や花崗岩など堅硬・緻密な岩層が予期されその中の断層系が地熱上昇の通路となっていると推察される。ボーリングは3本だけでこの地熱の面積からすればまだ1部で深さも湖成層の下限付近までしかわかっていない。より深所ではニュージーランドの ignimbrite 中の地熱すなわち断層に沿って存在する地熱の形になるであろうと予想される。今後深所を開発するボーリングを効果的に行なうためには潜在する断層をあらかじめ探知する手段をこうしておく必要がある。

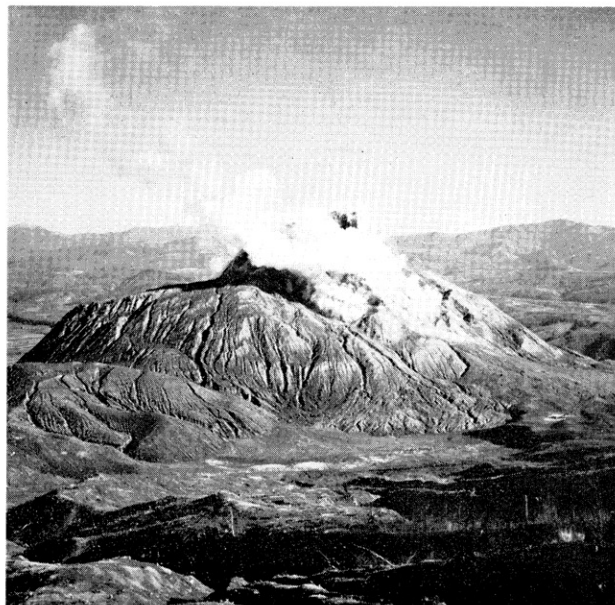
松川 は八幡平国立公園の火山群の一隅にあるひなびた温泉である。地表の温泉徴候は僅少ではあるがボーリングによって地下から優勢な蒸気を産出し覆蔽物のある地熱地として注目されている。

地質調査・物理探査・ボーリング・検層などの結果覆蔽物は第四紀の緻密な安山岩の溶岩であり地熱物質は安山岩の下半の割れ目の多い部分からさらに下の第三紀に属すると思われる。孔隙が多い石英安山岩質の岩層などにかけて滞留していることがさしあたりわかった。産出蒸気は飽和蒸気で液相をまじえて噴出する。ニュージーランドと同様な熱水が上方は安山岩で覆蔽されているとみなされる。

この地下温度は九州の大岳地熱地で検知されたものと双壁をなす190°Cに近いものであったが昨年掘



大分県大岳3号井



昭和新年山

さくされた新孔井の1つでは350m以深で日本では初めて200°Cの大台を優に越した。しかし産出蒸気はこれより浅い250mほどのところで地温170°Cくらいのカ所から供給されているようである。

地熱利用には地下が高温であるだけでは十分でなくエネルギーの媒介物である蒸気すなわちそのもとになる水の存在が必要であることを物語っている。ここではさらに深く掘進し割れ目や孔隙に富む岩層に遭遇すればあるいは強力な噴出物が得られる期待が抱かれている。

イタリーやカリフォルニアのように緻密な地層が周囲にあって地下水圧が遮断されている型の地熱は日本では知られていない。日本の地熱の多くは地下水圧を受けて熱水の状態にあるものがボーリングによって沸騰する型のものでこの点ではニュージーランドと同様である。しかしニュージーランドの地熱貯溜層は地質時代の新しいはなはだ多孔質な岩石からなりほとんどいたるところ熱水でみだされている。これに対して鬼首も松川も母岩は第三紀層であり孔隙に富むとはいっても全体が地下水の著しい滞水層となるほどに透水性ではない。したがってこの種の地熱母岩では地熱物質の主要な供給カ所は岩層の中の割れ目でありことに十分の出力のある例たとえば10t/h以上の蒸気はおもに割れ目に求めなければならないであろう。

一般に活火山には地下に熱源のあることは疑いもない。しかしかような新しい火山体の地熱は世界でもまだ研究されていない。その理由はいろいろあろうが新しい火山体では溶岩やその他の火山噴出物で被われて地下の構造が調査・研究しにくいせいもある。

昭和新山 は衆知のように10数年前新たにできた火山ドームであり今でも高熱を保っている各種の物理探査の結果を総合し

てドームの延長と思われる高熱体が地下数100m以下に潜在することが推定された。地熱の調査に物理探査を適用する際は地下の地質構造・変質作用を受けた様子・地下水の所在などを探してこれから間接に地熱の可能も推測するのが普通の方法である。しかしながら昭和新山で行なった物理探査は岩石の密度・磁性・地震波速度などの物性が常温と高熱下では差があることを利用して直接熱そのものの存在を探知しようとした世界でも例の少ないものである。この調査はまだもちろん基礎研究の段階にあり地熱の実際問題としては地下の高熱体の大きさやこれが貫入している母岩は第四紀のもろい岩層であるがその中に含まれる地下水と高熱体がどのように接触し合っているかを知ることが将来の問題といえよう。

伊豆大島 では離島である特殊性から地熱発電ができるならばその効果はとくに大きいであろう。

この火山に対し地質調査・電気探査・ボーリングなどの手段によってメスが加えられている。今までの成果として従来大島にはほとんどなかった高温の温泉が探し出された。

将来技術が進歩すれば今は活用できない火山の噴火のエネルギーやすでにソ連で注目している深層の地熱が大規模に利用されることになるのも夢でなからう。莫大な地球熱の利用はこの時こそ本格的になりこの際にも日本は地球上有利な自然条件にある。

(地質部長 斎藤正次技官)



伊豆大島外輪山内の地熱ボーリング