

原 著

静岡県戸田村における温泉探査について

二水会*¹, 明治コンサルタント(株)*², 三菱原子燃料(株)*³, 日本極地研究振興協会*⁴大橋 収 司*¹, 市来 篤*²,
柏木 高明*³, 鳥居 鉄也*⁴

(平成3年11月22日受付, 平成4年3月12日受理)

The Exploration for Hot Spring Resources in the
Heta Village Area in Shizuoka PrefectureShuji OHASHI*¹, Atsushi ICHIKI*²,
Takaaki KASHIWAGI*³ and Tetsuya TORII*⁴*¹Nisuikai (Geo Group of Intelligent Eternity, GEOGIE), *²Meiji Consultant Co., Ltd.,
*³Mitsubishi Nuclear Fuel Co., Ltd., *⁴Japan Polar Research Association

Abstract

In 1956, the authors conducted a survey in the Heta village area in Shizuoka Prefecture in order to locate hot spring resources using geological, geochemical and geophysical methods at the request of the Heta village government. The geophysical exploration was conducted using both self-potential and radioactivity methods.

In 1986, the Heta village government successfully drilled a 1,000m hot spring well in the same zone as the Kumano and Hirato areas recommended by the authors after the initial survey. The hot spring is classified as a sodium, calcium-sulfate type spring with a pH value of 9.1 and produces 240 liters/min at 52°C.

1. はじめに

静岡県田方郡戸田村御浜には東京大学戸田寮がある。筆者の一人鳥居に、この寮の関係者を通じて戸田村役場から、村内における温泉湧出の可能性についての検討とその調査の委嘱があった。

そして昭和29年に自然放射能に関する予察と戸田村の飲料水に利用されている被圧地下水および扶桑冷蔵(株)冷却用水(60尺の試錐井)等についての水質調査を行った。

この地球化学的調査結果では、前者の飲用の地下水についてはもちろん、後者の用水の試錐井についても、鉱泉の徴候は全く認められないこと、さらにその試錐井については1号井(Cl濃度 25 mg/l), 2号井(2,450 mg/l)共に、本来そこに分布する海水が陸部から流下浸入する地下水によって希釈されたものとみられることなどが判明した。

昭和31年5月28日より6月5日にわたり、地質調査を行い、その結果選出された数地区について断層、亀裂等の探索を目的に物理探査(電気探査および放射能探査)を行った。その後同年9月18日より同27日に至る10日間、さらに地質調査の補足を行った。

本報告においては、昭和31年度に行った地質調査および物理探査の結果の概要を示し^{1,2,3)}、今後の参考に供することとした。

なお、昭和61年4月、戸田村役場の執念と長年にわたる努力が実り、深度1,000mの試錐によって遂にpH9.1、水温52℃、湧水量520 l/分の温泉が自噴したが、現在は240 l/分のポンプアップにより利用することに成功している。泉質はナトリウム・カルシウム—硫酸塩泉である。

この掘削点は、筆者らの探査結果として、熱源は深くはあろうが断層等との関連において注目される地区として挙げた平戸、熊野両地区に隣接し、かつそれらと地質学的にも全く同一視される地帯であった。

2. 地質調査

2.1 地質概説

調査範囲は戸田村中央を西流する戸田大川を中心とする村内全域である(図1)。

本地域には、第四紀伊豆火山系列の一部を占める達磨火山および井田火山より流出した溶岩類が広く分布する^{4,5,6)}。一般に地形は急峻で、過去の噴火口の形をかなり鮮明に残している地帯もある。

付近一帯を構成する岩石は火山岩に限られ、沖積層以外の堆積岩類は認められない。本地域の火山岩は、溶岩流となって噴出したもので、安山岩質のものが主となっている。井田火山と達磨火山の生成と噴出の関係はほぼ同時期ではあるが、前者の噴出の後に、後者がそれを貫いて生成されたものと考えられる。

井田火山の噴出岩は主として橄欖岩質安山岩、輝石安山岩、凝灰角礫岩等である。しかし、これらは二次的な変質作用を受けて粘土化、珪化、明ばん石化帯を形成し南北の方向性をもって分布している。また達磨火山の噴出岩は橄欖岩質安山岩、輝石安山岩、集塊岩等である。本地区輝

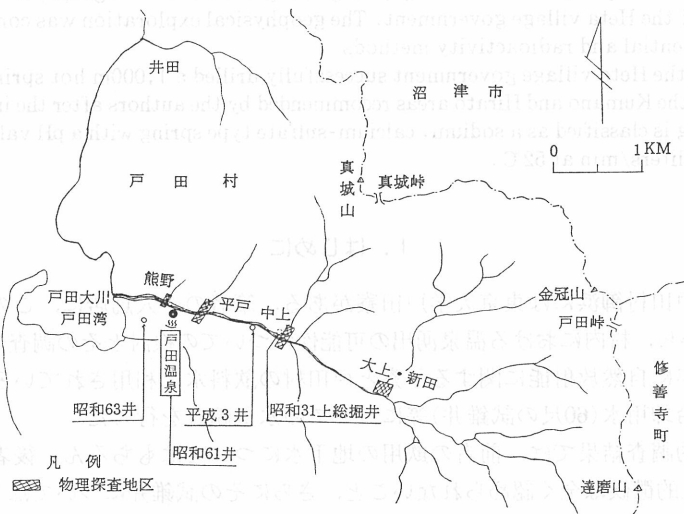


図1 戸田村地域図

石安山岩の顕微鏡写真例を図2に示す。

地形学上よりみると、戸田湾は井田火山と同時期に生成された噴火口が、達磨火山噴出中あるいはその直後に陥没し形成されたものであろう。

また大上・新田地区に旧火口が推定されるが、これは達磨火山生成時と同時代のものと考えられ、その後陥没したものであろう。

断層などについては、調査した範囲では小亀裂の集団を含め南北性のものが随所に、特に戸田湾周辺部に多く認められる。しかし東西性のものは殆んど認められなかった。さらに、湯徴については、その徴候は全く認められなかった⁵⁾。

2.2 物理探査地区の選定

物理探査を要する地区としては大上・新田、中上、平戸、熊野の四地区を選定した(図1)。

一般に温泉の形成には、まず熱源となるものの分布、ついで地下水とその供給を可能にする構造、すなわち断層、亀裂等のいわゆる構造線の存在が不可欠であろう⁷⁾。

戸田村地内では、熱源としては当然井田、達磨両火山が期待される。しかしこの両火山の活動期については、前述のように井田火山が古く、達磨火山がより新しい^{4,5)}。

したがってこの両火山の生成における地質時代の相違から、達磨火山活動の中心であった現達磨山に隣接し、さらにこれと同時期の旧火口と推定される大上・新田地区⁶⁾では熱源は比較的浅く、達磨山よりより遠い井田火山と同時期の活動とされる旧火口の戸田湾の周辺部(平戸、熊野両地区)では、熱源はその冷え現象よりかなり深く潜在するであろうと推測した。

さらに地下水については、地形と戸田湾海面との位置等の関係上、前者では陸水のみ、後者では陸水のほかに一部海水の滲透による影響もみられるであろうと判断した。

また断層等の存在については、温泉湧出の可能性について着目できる戸田大川沿いの前記四地区は、そのすべてが沖積層におおわれていることから全く不明であったが、前記の周辺露頭での小亀裂の集団(大上・新田地区)、かなりの断層の発達(戸田湾周辺地区)等が認められることから、その伏在への期待度はかなり高いものと考えた。

なお、中上地区は大上・新田地区と戸田湾地区(平戸、熊野両地区)との間に位置するので、推定される両熱源の漸移帯ともみられるので注目された。

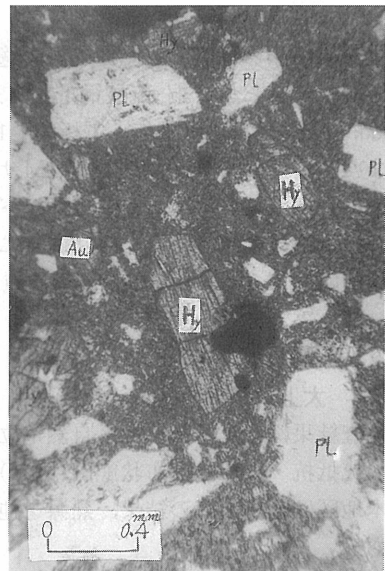


図2 輝石安山岩の顕微鏡写真例
(PL斜長石, Au 普通輝石, Hy 紫蘇輝石)

3. 物理探査

物理探査は、地質調査の結果選出された大上・新田、中上、平戸および熊野の四地区について行われた。これらの諸地区は、前述のようにその地表のすべてが沖積層におおわれ、その下部岩層についての断層、亀裂の存在の有無等地下構造の状態は全く不明であった。

物理探査により、これらについての解明がある程度でもなされれば、また何らかの示唆がえられれば、前記諸地区の順位づけ、さらに試錐地点の選定などによりよく寄与することが可能となろう。したがって前記四地区をすべて物理探査の対象とした。

3.1 方 法

電気探査法および放射能探査法を適用した。電気探査は自然電位法および比抵抗法で、前者は島津製電位計および銅-硫酸銅電極方式、後者は横河製L-10型大地比抵抗測定器を用いて主として等間隔四極法(水平探査, 電極間隔10m), 一部中心法(垂直探査)によった^{8,9)}。

また放射能探査は神戸工業製GMサーベイメータにより, 地表より深度約50 cmの作孔中にプローブを挿入して, そこにおけるラドンの自然放射能を測定する方式によった^{3,10)}。本法による調査は, 前述のように既に昭和29年に予察として実施されたが, 今回は同時に行われた電気探査と相即応して, できる限り同一測点について行い, 両者のデータの対比を可能にしようとした。

3.2 結果および考察

3.2.1 大上・新田地区

調査結果は大上・新田地区自然電位分布図(図3), 同地区放射能分布図(図4), 同地区自然電位・比抵抗・放射能分布状態図(図5), 同地区E11・2測点における中心法(図6)等に示す。

本地区は地質調査の結果, 熱源を他地区より浅所に期待できるであろうとして注目された地帯である。

調査は測線数36, 測点数450の網目状測点分布で行われた。自然電位(以下SPと略称する)については電位基点(± 0 mV)に対して約80 mVの差がみられ, 比抵抗(以下Rと略称する)については503 (W5 測線3 付近)~4K Ω -cmの測定値が得られた。

さらに放射能については, 戸田村地域のバックグラウンド(以下B.G.と略称する, 平均27 cpm)を差し引き戸田村地域最高の38 cpmが2地点(E4 測線15, E8 測線13)において検出された。

SP分布についての本地区での特徴は, 探査地中央部付近の北東-南西, さらに北西-南東に連

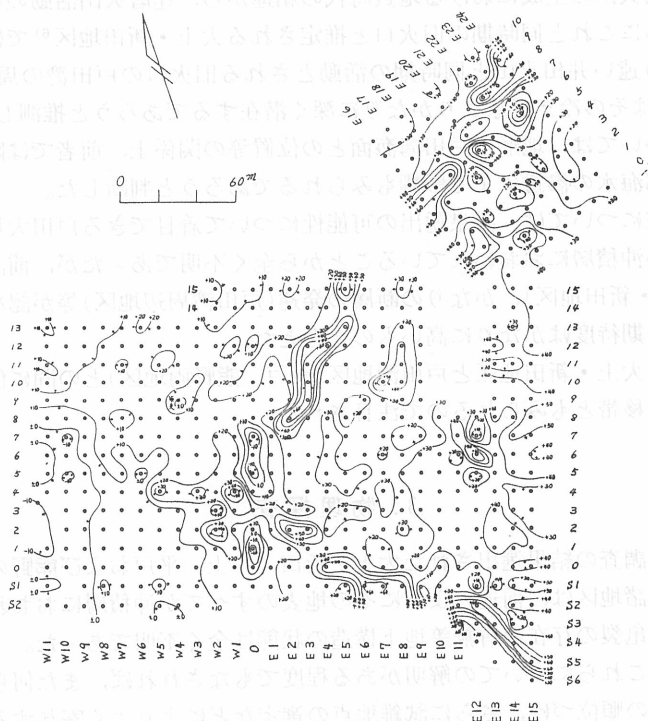


図3 大上・新田地区自然電位分布図(単位mV)

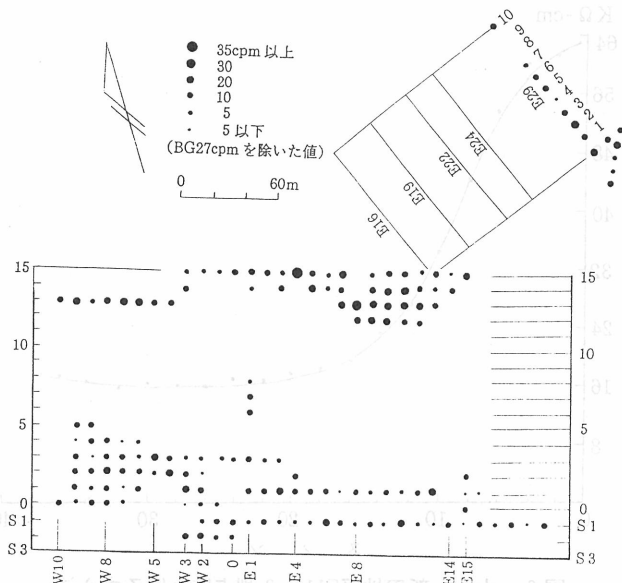


図4 大上・新田地区放射能分布図

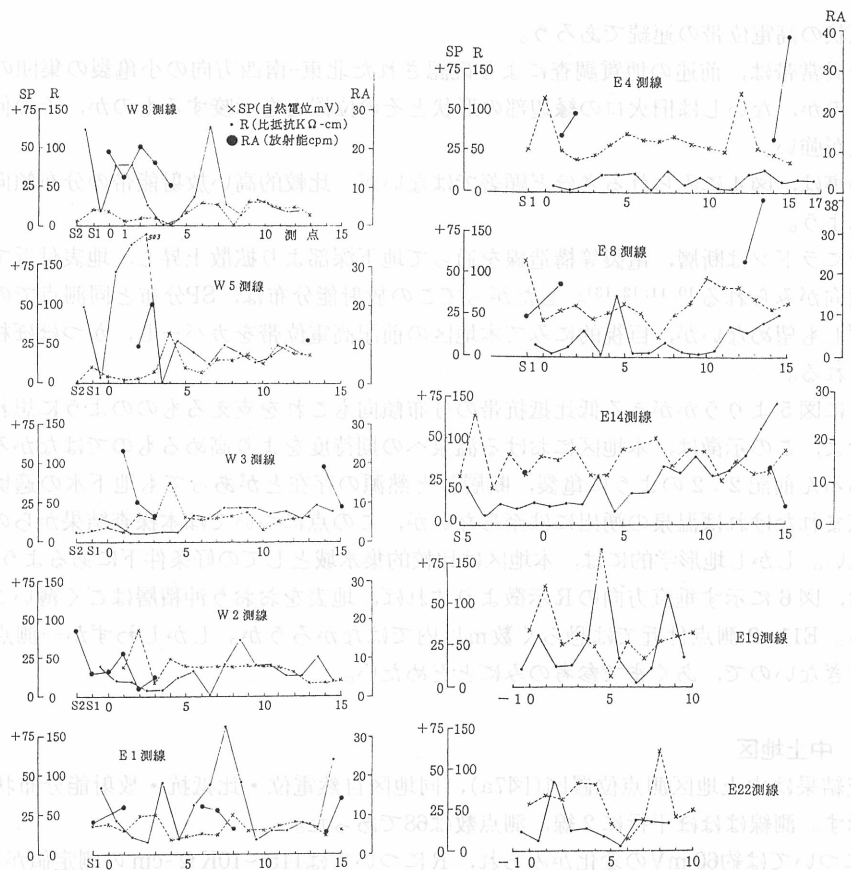


図5 大上・新田地区自然電位・比抵抗・放射能分布状態図

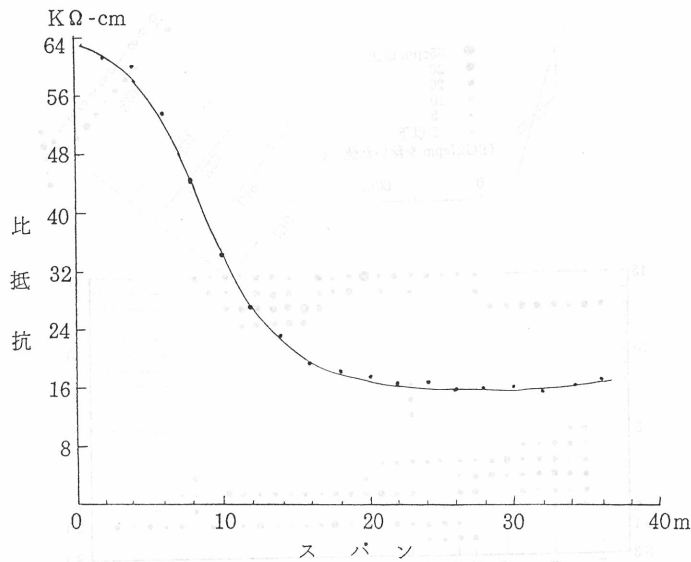


図6 大上・新田地区E11・2測点における中心法
(N30°W測線, 1956年6月4日測定)

なる弧状の高電位帯の連続であろう。

この異常帯は、前述の地質調査により確認された北東-南西方向の小亀裂の集団の延長を示唆するものか、ないしは旧火口の縁辺部の形状とその位置とを示唆するものか、その何れかである可能性が強い。

この事は、図4にみられるさほど顕著ではないが、比較的高い放射能帯の分布傾向からもうかがわれよう。

一般にラドンは断層、亀裂等構造線を通して地下深部より拡散上昇し、地表付近でさらに分散する傾向がみられる^{10, 11, 12, 13})。したがってこの放射能分布は、SP分布と同測点での示徴の一致は必ずしも望めないが、巨視的にみて本地区の前記高電位帯をカバーし、かつほぼ相似する分布と解される。

さらに図5よりうかがえる低比抵抗帯の分布傾向もこれを支えるもののように思われる。いずれにせよ、この示徴は、本地区における温泉への期待度をより高めるものではなかろうか。

もちろん前記2.2のように亀裂、断層等と熱源の存在とがあっても地下水の適切な供給の連続に恵まれなければ温泉の湧出には至らないが、この点については本探査結果からのみでは推定しがたい。しかし地形学的には、本地区は比較的集水域としての好条件下にあるように思われる。

なお、図6に示す垂直方向のR示徴よりすれば、地表をおおう沖積層はごく薄いことがうかがわれる。E11・2測点付近では恐らく数m以内ではなかろうか。しかしわずかに一測点のみのデータにすぎないので、あくまで参考のみにとどめたい。

3.2.2 中上地区

調査結果は中上地区測点位置図(図7a)、同地区自然電位・比抵抗・放射能分布状態図(図7b)等に示す。測線はほぼ平行に2線、測点数は68であった。

SPについては約60 mVの変化がみられ、Rについては115~10KΩ-cmの測定値が得られた。

さらに放射能については最大27 cpmが検出された。

本地区は測線，測点共に少ないが，C線についてはC18～26付近にSPの，C10～25付近に放射能の異常がみられる。またD線についてはD8～25付近にSPとRの異常分布が重なって認められる。

これらのCD両測線中央部付近の異常示徴は，本地区における断層等構造線の伏在を示唆するものとみられよう。

3.2.3 平戸地区

調査結果は平戸地区測点位置図(図8a)，同地区自然電位・比抵抗分布状態図(図8b)，同地区EO測点における中心法(図8c)等に示す。

本地区は旧火口とされる戸田湾の周辺地帯で断層，亀裂等の伏在を特に期待できる箇所と見られる。

測線は道路および戸田大川の支流沿いに直交および斜交して4線，測点数は95であった。本

地区ではSP，R両測定のみが行われ，放射能探査については調査日程の関係上省略された。

SPについては約70 mVの変化がみられ，Rについては253～2K Ω -cmの測定値が得られた。

以上の結果から，電位基点(E20N)付近を中心とするE12N～E29NおよびE19W 3～E19.7E付近に比較的顕著なSP，Rにおける異常示徴が認められた。構造線を示唆するものであろう。

なお，図8cに示す垂直方向のR示徴よりすれば，地表をおおる沖積層は比較的厚いことがうかがわれる。EO測点付近では恐らく10m程度ではなかろうか。もちろんこれも本地区わずか一測点のみのデータにすぎないので，やはり参考としてあげるのみにとどめたい。

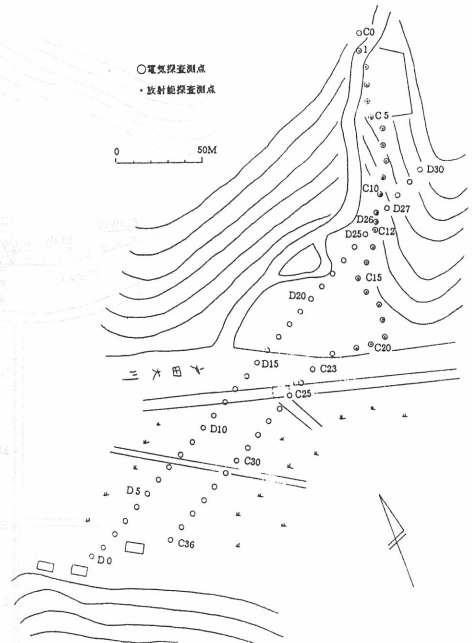


図7a 中上地区測点位置図

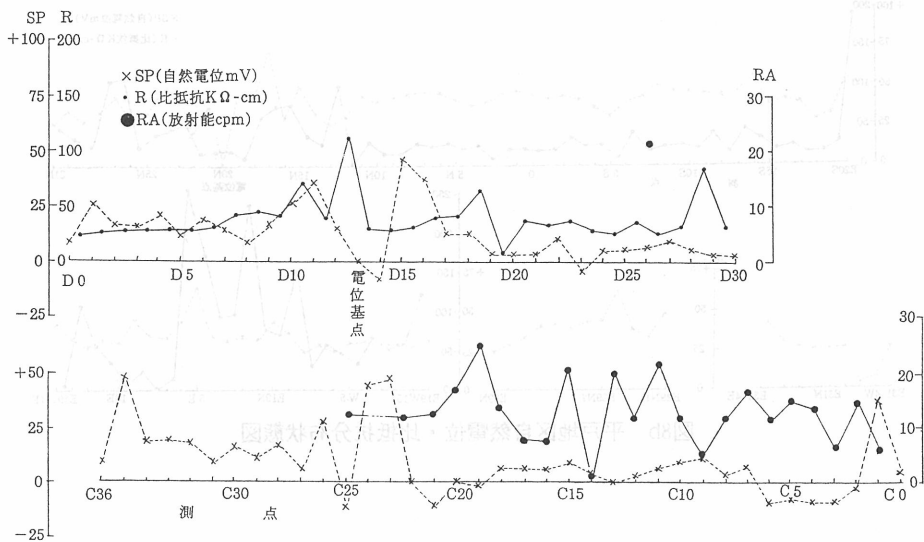


図7b 中上地区自然電位・比抵抗・放射能分布状態図

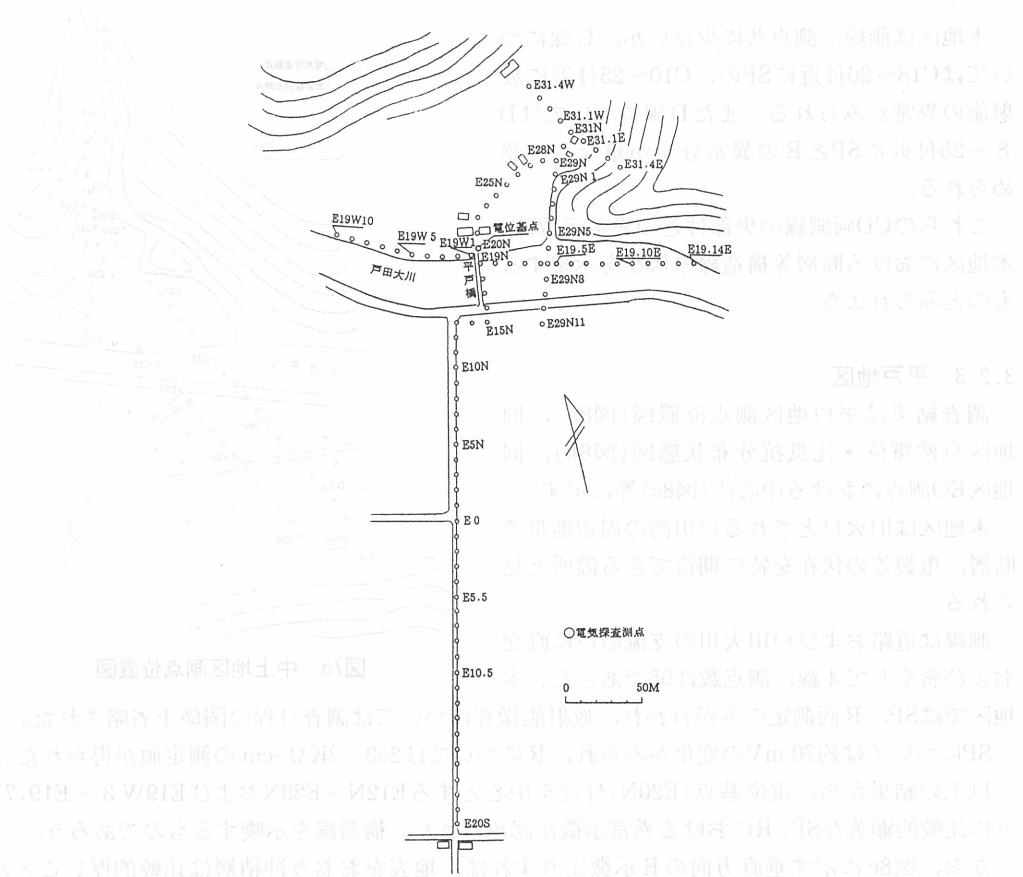


図8a 平戸地区測点位置図

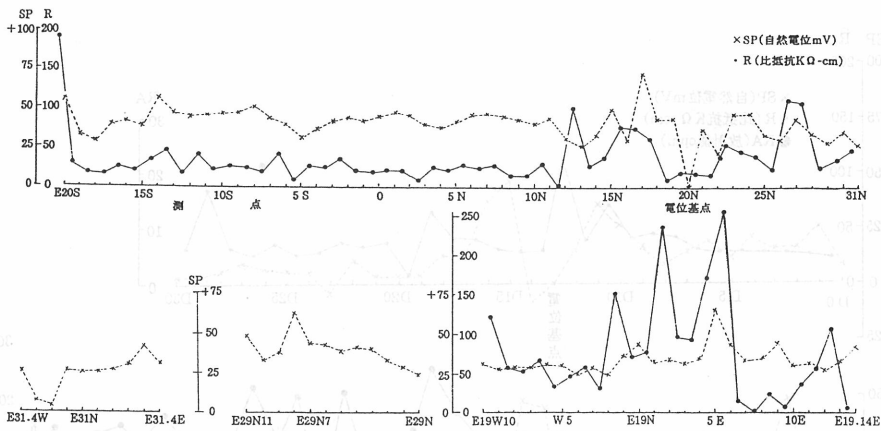


図8b 平戸地区自然電位・比抵抗分布状態図

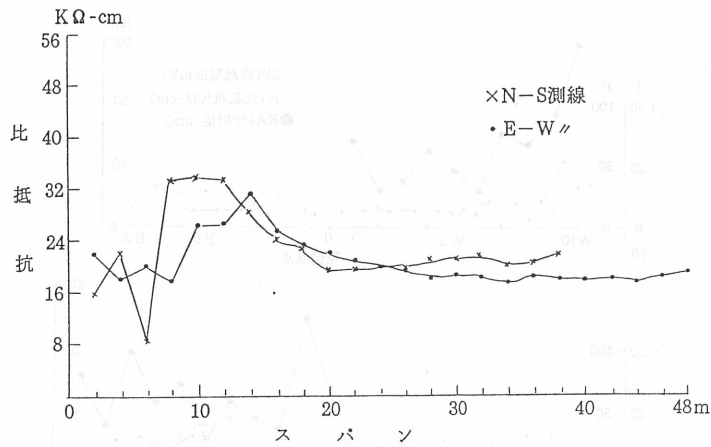


図8c 平戸地区E0測点における中心法(1956年6月4日測定)

3.2.4 熊野地区

調査結果は熊野地区測点位置図(図9a)、同地区自然電位・比抵抗・放射能分布状態図(図9b)等に示す。

本地区は平戸地区と同じく戸田湾旧火口の周辺地帯で、測線は直交して2線、測点数は40であった。

SPについては約25 mVの変化、またRについては55~2 kΩ-cmの低い測定値が得られた。また放射能についてはE-W測線西端付近で29 cpm (W10測点)、N-S測線中央部付近で24 cpm (N1測点)の比較的高い値が検出された。これらの放射能異常帯付近ではSP, Rの両示徴に相似性が認められる。

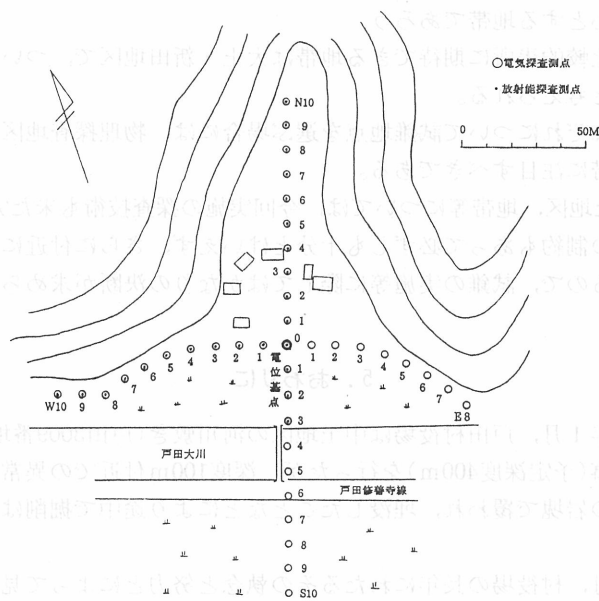


図9a 熊野地区測点位置図

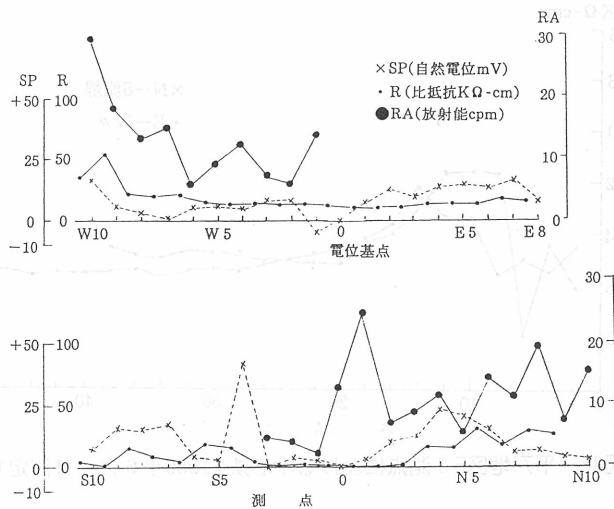


図9b 熊野地区自然電位・比抵抗・放射能分布状態図

いずれにせよ本地区は亀裂、断層等深部熱源との関連性をうかがわせる構造線の伏在が期待される地帯といえよう。

なお、本地区のRが他地区より概して低いのは、本地区への海水の浸入による導電性の増大に起因するものと考えられる⁸⁾。

4. 結 論

以上の地質調査および物理探査の結果をまとめると次のようである¹⁾。

- (1) 戸田村地域の温泉湧出の可能性が比較的大と考えられる地帯は、大上・新田，中上，平戸，熊野の四地区を中心とする地帯であろう。
- (2) なかでも熱源を比較的浅所に期待できる地帯は大上・新田地区で、ついで中上地区，平戸地区，熊野地区の順と考えられる。
- (3) 上記諸地区のそれぞれについて試錐地点を選ぶ場合には、物理探査地区の中で異常帯として特に挙げられた地帯に注目すべきである。
- (4) 上記の選出された地区，地帯等については、今回実施の探査技術も未だ完全なものでもなく、また調査は作業上の制約もあって必ずしも十分とはいえず、さらに付近に湯徴も全く認められないことなどもあるので、試錐の実施等に際してはかなりの決断が求められることになる。

5. おわりに

本調査後の昭和35年1月、戸田村役場は中上地区の河川敷き(戸田3009番地の1地先)において上総掘による試錐工事(予定深度400m)を行ったが、深度100m付近での異常湧水とその後の風水害のため孔口が大量の岩塊で覆われ、埋没したことなどにより途中で掘削は中止されたとのことである。

しかし昭和61年4月、村役場の長年にわたるその執念と努力とによって見事に温泉の湧出に前記の通り成功している。

この地点は、平戸橋から250m、熊野橋から100mの戸田川原田1007番地で、当時すでに市街化

し探査作業は困難な区域となっていたと記憶するが、物理探査を行った平戸、熊野両地区と、前述のように、同一地帯と見なされうる箇所であった。

なお、村役場では昭和63年および平成2年に各1,000m深度の試錐を計2本試みたが、前者では孔低温44℃、後者では孔低温48～50℃であって温泉の湧出はみられなかった、とのことである。

しかし戸田湾周辺部で温泉の湧出をみた現在、深部まで達する構造線の発達を確認されたことになるわけで、今後の温泉開発への期待は大きい。

この調査にあたり現地で放射能探査に直接参加された故山県登博士(当時群馬大学工学部助教授)に、電気探査の結果の解析につきご指導を賜った故淵田隆門博士(当時東大工学部教授)ならびに岩石の顕微鏡観察につきご指導を賜った今井秀喜博士(現東大名誉教授)に、また当時調査に協力された戸田村役場の前助役鳥沢福松氏、現収入役勝呂博氏、当時の産業観光課長故川口武二郎氏、さらに諸般のご高配を頂いた当時の村会議員故徳永五郎氏等に対し、ここに厚くお礼を申し上げる。

参考文献

- 1) 大橋收司, 市来篤, 柏木高明: 戸田村地域地質調査・電気探査調査報告, 戸田村役場への報告書, 東京大学工学部鉱山学教室, 昭和31年8月30日
- 2) 市来篤, 柏木高明: 戸田村地域の地質—地質概説一, 及び第2次調査, 戸田村役場への報告書, 東京大学工学部鉱山学教室, 昭和31年8月30日, 及び9月30日(第2次調査報告)
- 3) 鳥居鉄也, 山県登: 戸田村地域化学探査報告書, 戸田村役場への報告書, 千葉大学文理学部・群馬大学工学部, 昭和31年8月31日
- 4) 望月勝海編: 静岡県地質図(1:200,000)及び同解説「静岡県の地質, 静岡県, P.49, 昭和31年3月
- 5) 土隆一編: 静岡県地質図(改訂版) 1:200,000, 1986
- 6) 日本の地質4, 中部地方I, P.194, 共立出版, 1988
- 7) 日本温泉科学会創立50周年記念講演会講演要旨集: 地球物理から見た温泉の諸問題(福富孝治, P.2) 及び温泉の地質構造規制—温泉はどこにどんな状態であるか(杉山隆二, P.10), 日本温泉科学会, 平成元年6月1日
- 8) C.A. Heiland: Geophysical Exploration, pp.667~744, 870~885, 638, New York Prentice-Hall. Inc., 1951
- 9) 大橋收司: 自然電位の分布姿態について(X), 物理探査, 第11巻第3号, pp.113~120, 昭和33年9月
- 10) 大橋收司, 村田貞雄, 鳥居鉄也: 白骨温泉地域における自然電位および土壤空气中のラドン測定による新源泉の探査, 日本温泉科学会誌, 第40巻第3号(1990), pp.71~79, 平成2年4月
- 11) 初田甚一郎: 放射能探査, 物理探査, 第6巻第3・4号, 265~271頁, 昭和28年12月
- 12) 淵田隆門: 千葉県茂原ガス田におけるガンマ線探査法による潜在断層の探査, 石油技術協会誌, 第17巻第1号, 68~76頁, 昭和27年1月
- 13) Tanner A.B: Radon migration in the ground, Natural Radiation Environment, Univ. Chicago Press, pp.119~218, 1964