

## 相沼堆積盆南部の熱水系について

松波 武雄・高見 雅三

### まえがき

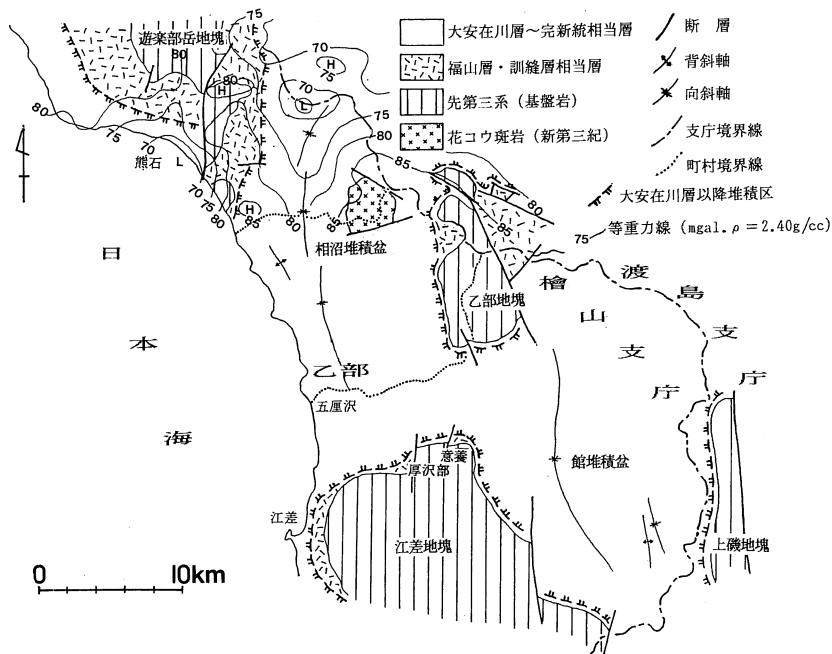
相沼堆積盆（沢村・秦，1981）は，渡島半島中央部の日本海に面して形成された新第三系堆積盆である。この堆積盆内には，江差町五厘沢で泉温 45℃前後の自然湧出泉が存在する以外，地表部に温泉徴候は存在しなかったが，昭和 55 年（1980），乙部町が当堆積盆内（乙部町館浦）において深度 1,244.5 m のボーリングを行い温泉開発（67.1℃，115 l/分自噴）に成功した（乙部町，1981）。このことにより相沼堆積盆の深部における地熱エネルギー開発の新たな可能性が注目されてきた。

筆者らは，北海道開発局の委託調査（北海道開発局長官房開発調査課，1989）と並行して，乙部町島

山井の開発（深度 1,212 m，乙部町，1989）にかかわってきた。そのなかで，当地域の深部熱水は，堆積盆下の先第三系に胚胎していること，6.2~14.5 l/分/m の高い比湧出量をもつことなどが明らかとなった。

渡島半島地域には，先第三系から湧出する温泉は比較的多いが，新第三系堆積盆に隠された地域における温泉開発としては注目に値すると考えられる。

本論では，物理探査結果を含めて，当地域の熱水系をとりまとめる。現地調査に際しては，乙部町関係各位に多大なお世話になった。当所嵯峨山積海洋地質科長にはスライム中の珪藻化石についてご教示いただいた。また，とりまとめに当たっては，当所早川福利所長・和気徹資源地質部長および鈴木豊重主任研究員にご討論いただいた。上記の方々に明記



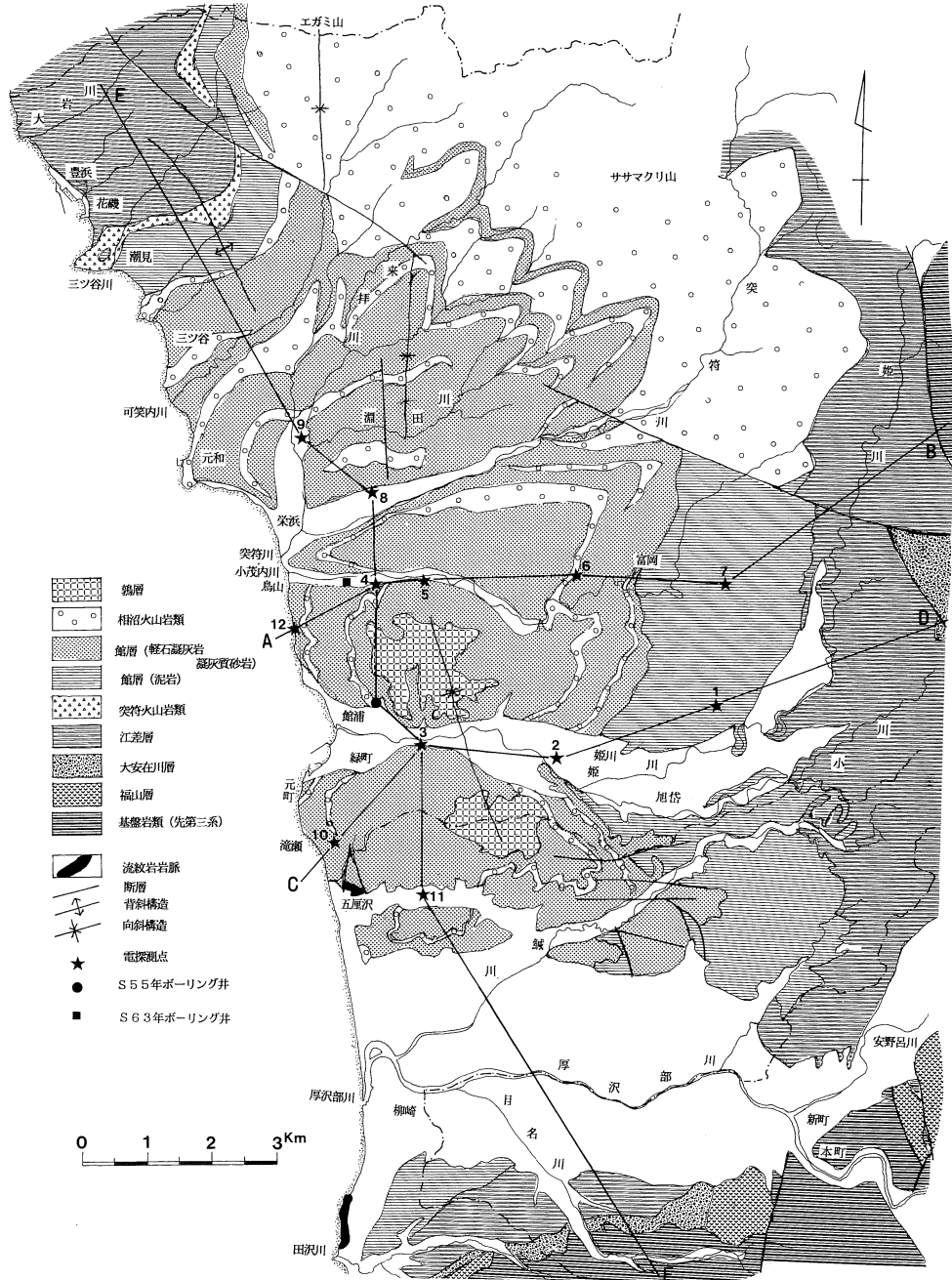
第 1 図 相沼堆積盆の地質構造図  
Fig. 1 Structural map of the Ainuma basin.

して厚くお礼申し上げます。

### I 相沼堆積盆南部の地質の概要

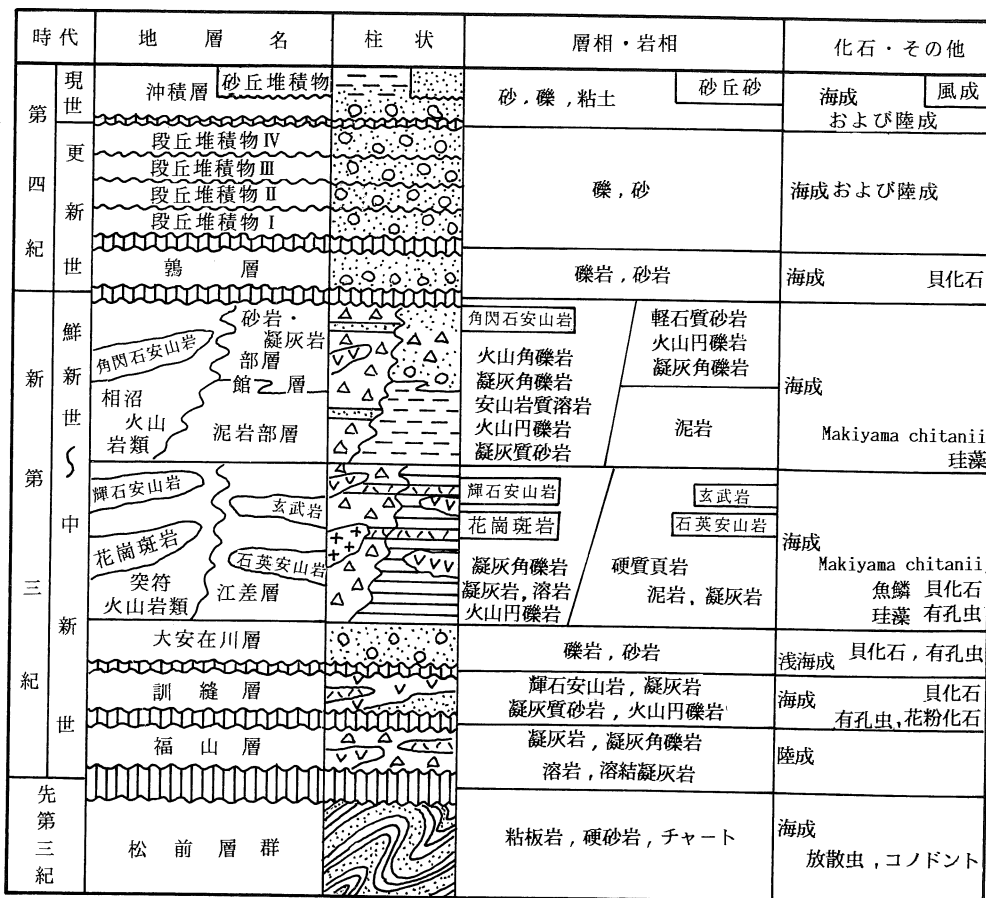
相沼堆積盆は、先第三系からなる遊楽部岳地塊

(吉井ほか, 1973)・乙部地塊(石田ほか, 1975)および江差地塊(石田ほか, 1975)に囲まれた南北約20 km, 東西約10 kmの新第三系堆積盆である(第1図)。当堆積盆の新第三系は、大局的に南北方向の向斜軸をもつ複向斜構造を呈している。



第2図 相沼堆積盆南部の地質図

Fig. 2 Geological map of the southern part of Ainuma basin.



第3図 相沼堆積盆南部の地質総括  
Fig. 3 Stratigraphic sequence of the southern part of Ainuma basin.

第2図に相沼堆積盆南部の地質図(角ほか, 1970, 沢村・秦, 1981), 第3図に地質層序をしめした。

先第三系の基盤岩類は, 姫川上流域および江差市街から厚沢部市街にかけて分布し, 主として粘板岩・チャートなどの堆積岩類から構成される。

新第三系は, 下位から福山層・大安在川層・江差層および館層に区分されている。福山層は江差地塊の周囲に分布し, 主として安山岩および石英安山岩質火砕岩および溶岩からなる。大安在川層は福山層を不整合に覆う地層であるが, 乙部地塊の周囲では, 福山層を欠き基盤岩類を直接覆っている。海進の初期に形成された浅海成の礫岩および砂岩からなる。江差層は, 大安在川層を整合に覆う地層であり, 主として硬質頁岩と軟質な黒色泥岩の互層からなる。館層は江差層を整合に覆って乙部町管内の大部分を構成している。下部は珪藻質および凝灰質泥

岩からなり, 上部は凝灰質砂岩を主体とし, 多くの軽石凝灰岩が伴われる。

当地域の特徴として, 江差層〜館層の堆積期に乙部町北東部を中心として安山岩質〜石英安山岩質の火山活動が活発に行われている。これらの火山噴出物は, 突符火山岩類および相沼火山岩類とよばれている(第3図)。

相沼堆積盆では, 北半部では火山噴出物層が, 南半部では正規堆積物層が卓越する傾向が顕著である。なお, 相沼堆積盆南部では, 遊楽部岳地塊の周辺に発達する訓縫層は極一部を除いて発達しない(第1図)。

第四系は, 含礫砂岩・細粒砂岩からなる鶉層が局部的に分布する。

侵入岩類として, 安山岩・玄武岩など各種認められるが, 顕著なものは五厘沢付近に南北方向に発達

する流紋岩脈があげられる。

第2図にしめしたように、当地域にはN-S系の向斜構造やN-S系およびNW-SE系の断層が発達する。

## II 乙部町館浦井の孔井地質

乙部町館浦井の孔井地質について、当時のコアおよびスライムを基に再検討を行った。検討結果は以下の通りである。第4図に地質柱状図、第5図に電気検層図をしめした。

1) 深度225~702m間は厚い泥質堆積物が連続し、電気検層からも一連の地層とみられる。しかし、深度310m以浅には珪藻化石が産出するが、それ以深では産出しない(嵯峨山積鑑定)。珪藻化石は館層に多数産出することが知られている(角ほか、1970など)ことから、ほぼ深度310m付近に館層と江差層の境界が存在すると推定される。

2) 深度702~730m間は、変質安山岩・粘板岩・泥岩などの岩片が混在している。このことから断定はできないが大安在川層の礫岩の可能性が高いと判断される。

3) 深度730~940m間は、角閃石安山岩溶岩および同質火砕岩と判断される。角閃石が残存していることから変質作用は強く受けていないとみられる。

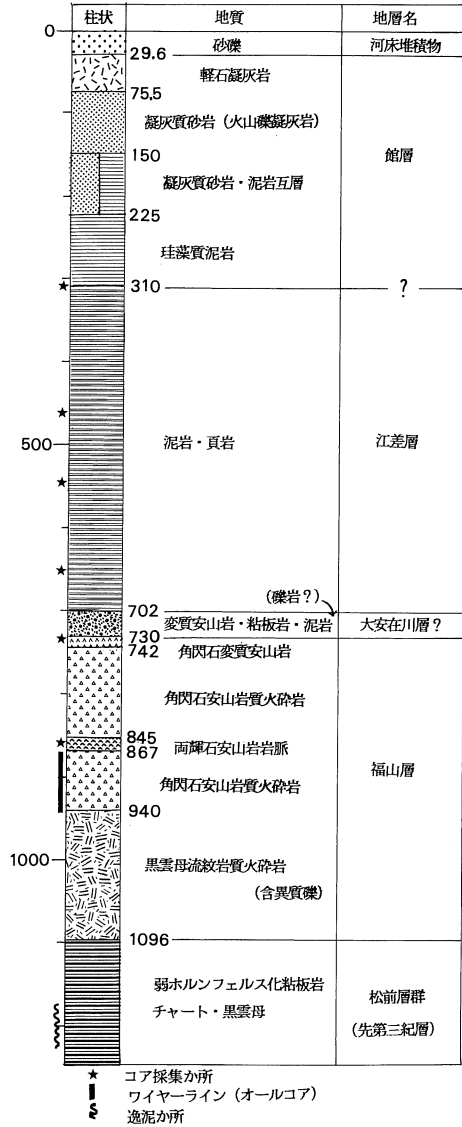
4) 深度845~867m間は、比較的新鮮な両輝石安山岩からなる。硬質なためワイヤーライン工法に切り替える端緒となったとされており、おそらく岩脈と推定される。

5) 深度940~1,096m間は、黒雲母片が顕著に含まれる。斜長石・石英の結晶片とともに粘板岩・チャートなどの基盤岩片および変質安山岩片が認められる。これらのことからコアは採取されていないが、異質礫を伴う流紋岩質火砕岩と推定される。

6) 深度1,096mには、電気検層から明らかに地層境界が存在する。以深は弱いホルンフェルス化をこうむった粘板岩を主体とし、砂岩片および黒雲母が伴われる。このことから先第三系(松前層群)と判断される。

7) 深度730~1,096m間の火砕岩は変質作用は弱い、上下の地層関係からみて福山層に相当すると推定される。

8) 当孔井の逸泥箇所は深度1,170~1,225m間にのみ存在し、ストレーナも深度1,080m以深に設置されている。したがって、当孔井で熱水をもた

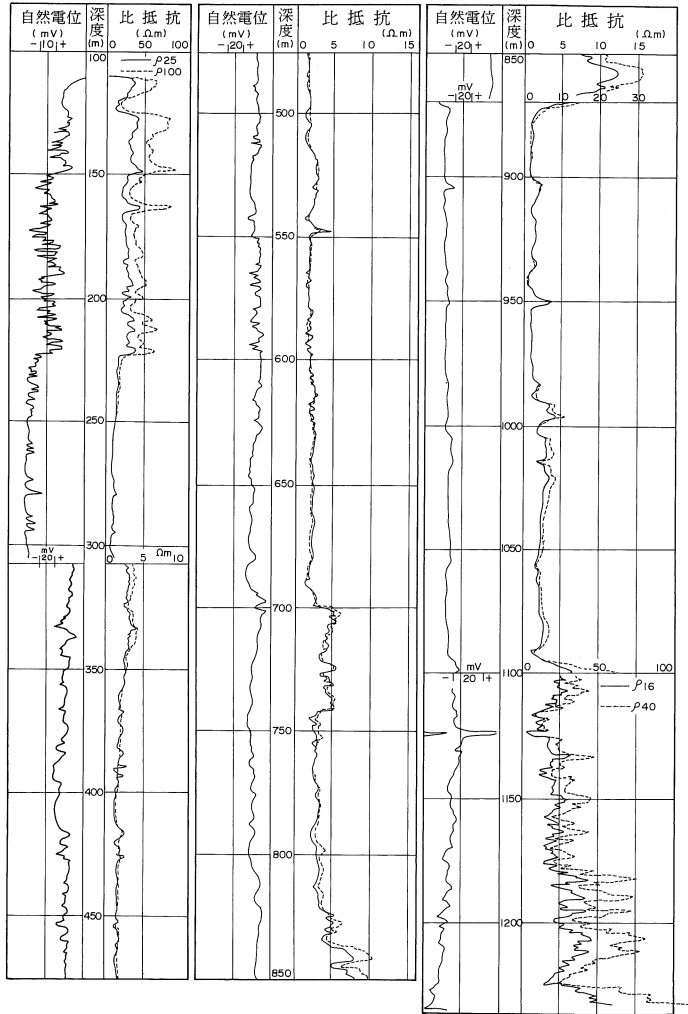


第4図 乙部町館浦井の地質  
Fig. 4 Geological columnar section of the Tateura well in Otohe Town.

らす亀裂は、従来考えられていた福山層(北海道立地下資源調査所、1985)ではなく、先第三系(松前層群)中に存在する。

## III 相沼堆積盆南部における物理探査

先第三系の亀裂からもたらされた乙部町館浦井の熱水は、当初泉温60℃、150 l/分が自噴した(乙部



第5図 乙部町館浦井の電気検層図  
 Fig. 5 Profile of electrical log of the Tateura well in Otobe Town.

町, 1981). 当地域の熱水系を理解するためには, 先第三系(基盤岩類)の形状すなわち相沼堆積盆の全体象を把握することが必要である. この目的で電気探査および重力探査を実施した.

III-1 電気探査(シュランベルジャー法)

a) 測定

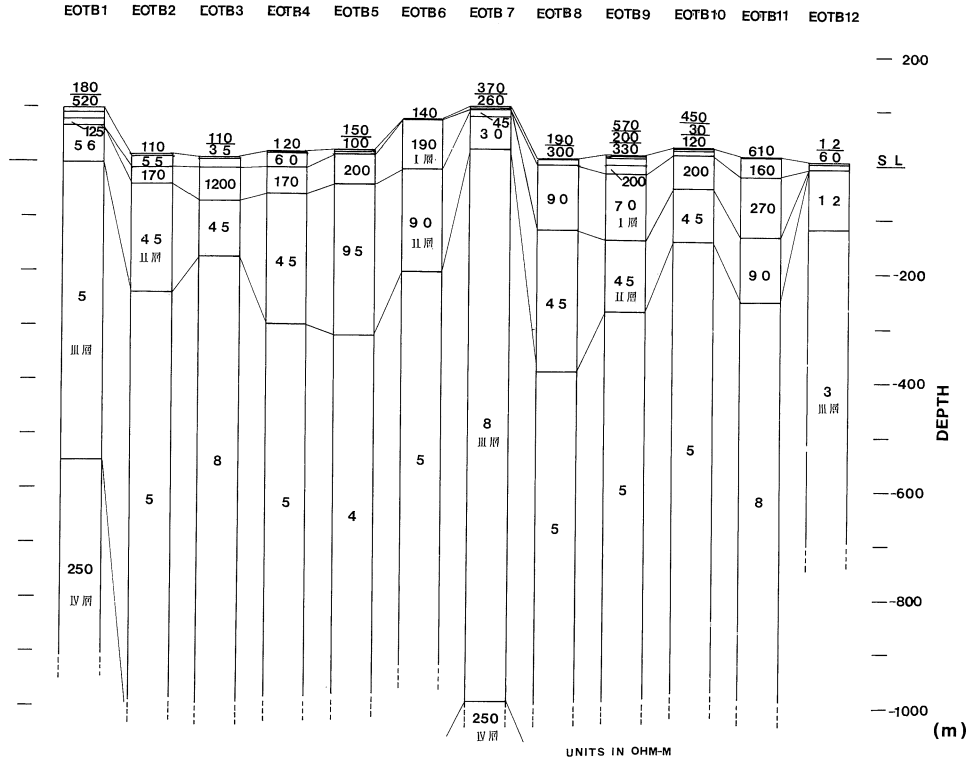
電気探査は, 1987年7月21日および9月8~11日に, 応用地質株式会社ES-D2直流型電気探査装置を用い計12点実施した. 第2図に測点位置をしめた.

b) 比抵抗構造解析結果

比抵抗構造の解析は, 1次元の水平多層構造を仮定したリニア・フィルタ法(Ghosh, D. P., 1971)を用いて計算した理論曲線と実測曲線との非線形最小二乗法(Marquardt, D. W., 1963)によるカーブマッチングによって行った.

第6図に各測点の比抵抗柱状図をしめた. 浅層部(地下10~20m)の全般的な高比抵抗層を除くと, 当地域の比抵抗層は大きく4層に区別される. すなわち, 上位から比抵抗値70~1,200ΩmのI層, 30~95ΩmのII層, 4~12ΩmのIII層および250ΩmのIV層である.

浅層部(地下10~20m)は表土・崩壊土および沖



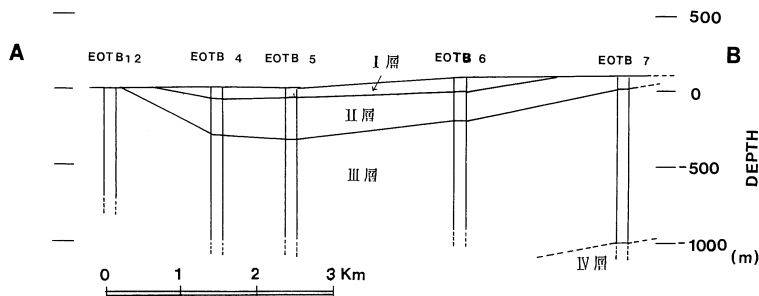
第 6 図 比抵抗構造柱状図

Fig. 6 Profile of electrical resistivity sounding analysis.

積層に相当すると判断される。第 2 図の地質分布および第 4 図の孔井地質から判断すると、I 層および II 層は館層上部に相当し、I 層は軽石凝灰岩の卓越部分、II 層は凝灰質砂岩の卓越部分に対応すると推定される。III 層は比抵抗値からも館層下部から江差層にかけての泥岩・頁岩層に相当する。IV 層は高比抵抗値からみて、基盤岩類 (先第三系) に相当すると推定される。解析深度で存在すると推定される大

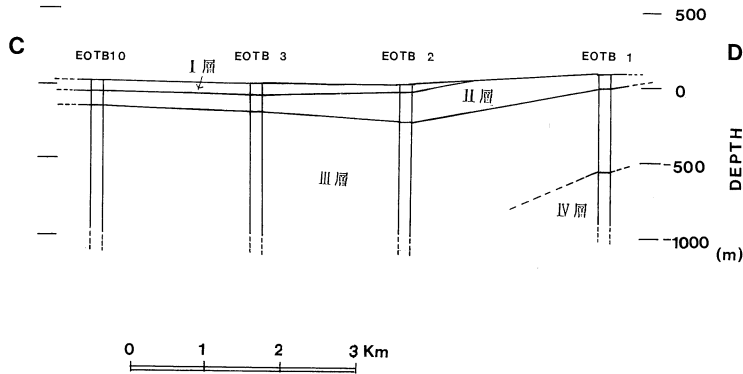
安在川層は、比抵抗値の上からは明確に把握されない。これは大安在川層の層厚がさほど厚くないこと、上位に低比抵抗値をもつ泥質堆積物が厚く発達することによると考えられる。また、乙部町館浦井 (測点 3 付近に位置する) で認められる福山層は、後に述べるように孔内電気比抵抗値からみて III 層に含まれると推定される。

b-1) A-B 断面 (第 7-1 図)

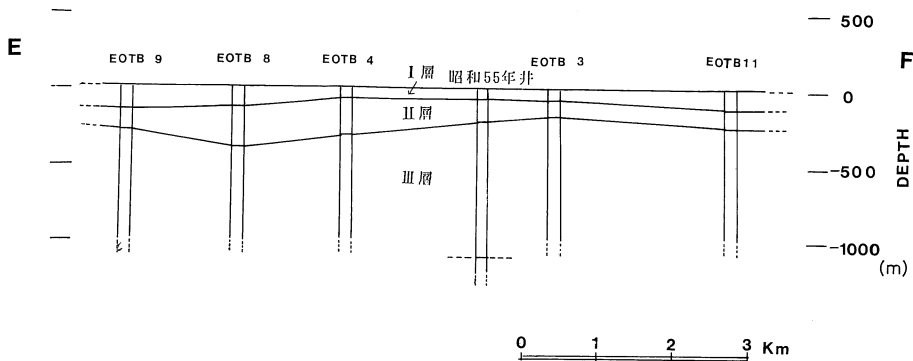


第 7-1 図 A-B 断面比抵抗解析結果

Fig. 7-1 Resistivity structure of A-B profile (Fig. 2).



第7-2図 C-D断面比抵抗解析結果  
Fig. 7-2 Resistivity structure of C-D profile (Fig. 2).



第7-3図 E-F断面比抵抗解析結果  
Fig. 7-3 Resistivity structure of E-F profile (Fig. 2).

I層（館層上部・凝灰岩卓越層に相当）はほぼ水平に分布するが、測点7および12では分布しない。II層（館層上部・凝灰質砂岩卓越層に相当）は測点5で最も厚い盆状構造を呈し、測点12には分布しない。III層（館層下部～江差層に相当）は、測点7で約1,000 mの層厚をしめす。IV層（基盤岩類に相当）は測点7でのみ把握され、上面深度は約1,080 mである。

#### b-2) C-D断面（第7-2図）

I層はほぼ水平に分布するが、測点2と1間で尖滅する。II層は測点2で最も厚く（層厚約200 m）、測点3および10でやや薄化する。III層は測点1で約550 mの層厚をしめす。IV層は測点1でのみ把握され、上面深度は約650 mである。

#### b-3) E-F断面（第7-3図）

I層は測点9で最も厚く（約150 m）、測点3で最も薄い（約75 m）が、全体にはほぼ水平に分布する。

II層は測点8で最も厚く（約260 m）、測点3で最も薄い（約100 m）。II層の下底は同様に測点8で最も深く、測点3で最も浅い。IV層は電気探査では把握されないが、乙部町館浦井（55年井）では深度730 mで福山層、1,096 mで基盤岩類に達している（第4図）。当井の孔内検層では福山層の見掛比抵抗値は2~5 Ωm、基盤岩類は数10 Ωmをしめしている（第5図）。このことから福山層の岩相は江差層と明らかに異なるが、電気比抵抗値の上からはIII層に一括してしめされていると推定される。

以上の電気探査結果から、相沼堆積盆における盆状構造は鮮明にされた。しかし、新第三系堆積盆の基盤構造は把握できなかった。

### III-2 重力探査

#### a) 測定およびデータ処理

重力探査は、1987年7月7~11日に、LaCoste

& Lomborg 重力計 (G527) を用いて計 104 点を実施した。野外調査に際しては、国土地理院一等水準点 J22 (江差高校テニスコート横) を測定基準とした。また、基準における重力値は、BMJ21 (長万部) との往復測定から、 $G_0 = 980,398.430$  mgal (JGSN75) とした。測定点は水準点 15 点、水準測定点 78 点であり、他の 11 点は American Pauline 社製 M-1 型高度計による測定結果と国土地理院の 5 万分の 1 地形図との対比から決定した。

測定値には、地球潮汐補正 (Longman, I. M., 1963)・器高補正・ドリフト補正を施し、各測点の重力値を求めた。また、緯度補正・地形補正 (西谷ほか, 1988)・大気補正・フリーエアー補正およびブーゲー補正を施し、各測点のブーゲー異常値を求めた。計算は IGRS67 の実用式を使用した。なお、ブーゲー補正密度は、G-H 相関図および松前層群の測定密度 (2.6 g/cc) から 2.67 g/cc とし計算した。

#### b) ブーゲー異常

第 8 図にブーゲー異常図をしめした。高重力域は、厚沢部市街から江差市街にかけての地域、調査地東方山地一帯および突符川以北の地域に分布する。さらに、乙部市街を中心とする南北の海岸域が高重力域となっている。これらの高重力域に囲まれた小茂内川流域および鹹川流域に低重力域が形成されている。

高重力域の中心は、乙部市街から突符川以北にかけての地域を除いて、基盤岩類および福山層の分布域に対応する。乙部町館浦井では、深度 730 m 以深に福山層および基盤岩類が分布する (第 4 図)。乙部市街から突符川以北にかけての地域には館層および相沼火山岩類が広く分布する地域であるが (第 2 図)、地表地質から推定されるより、江差層の下限は浅いことが予想される。これらのことから、調査地域の重力分布は基盤岩類の上面深度を反映しているとみて良いであろう。

#### c) 重力断面解析

重力基盤の上面構造を把握するため、2 層構造を仮定し構造解析を実施した。仮定地層密度は、基盤岩類 (先第三系・重力基盤) を 2.67 g/cc とした。その上位の新第三系については、地質調査所 (1978) が隣接する地域で、福山層の密度 2.42 g/cc、八雲層 (江差層相当) の密度 2.02 g/cc、黒松内層 (館層相当) の密度 1.74 g/cc を報告している。これらの単純平均密度 2.06 g/cc から新第三系を一括し、基盤岩類との密度差 0.5 g/cc に設定した。計算は

Talwani *et al* (1959) の方法を使用した。当地域では第四系は薄く重力的には無視し得ると考える。なお、解析におけるコントロールポイントは、乙部町館浦井の基盤岩類上面深度および地表における基盤岩類露出地点に置いた。また、電気探査測点 1 および 7 の比抵抗 IV 層の上面深度も参考とした。

第 9 図に、乙部町館浦井をとる 3 断面 (第 8 図) におけるブーゲー異常および重力基盤面深度をしめした。

#### c-1) C 1 断面 (第 9-1 図)

大局的な重力基盤の上面形状は、乙部市街東方を中心を持つ盆状構造を呈している。しかし、町館浦井と電探測点 3 間に局部的な隆起部が認められる。上位層 (新第三系) の最大層厚は約 2.0 km と算定される。乙部町館浦井は、盆状構造の西縁部に位置している。

#### c-2) C 2 断面 (第 9-2 図)

重力基盤の上面形状は明瞭な盆状構造をしめす。盆状構造の中心部はほぼ平坦な面を形成しており、上位層の最大層厚は約 1.3 km である。

#### c-3) C 3 断面 (第 9-3 図)

重力基盤の上面形状は、大局的に盆状構造を呈しているが、電気探査測点 6 の南方の地下には、重力基盤の局部的な隆起部が存在する。この隆起部はブーゲー異常図 (第 8 図) からみて、北方からの重力基盤の張りだし部分に相当する。上位層の最大層厚は約 1.3 km である。

## IV 相沼堆積盆南部の地下構造

地表地質分布および物理探査結果の総合化から導かれる相沼堆積盆南部の地下構造は、以下のように考えられる。

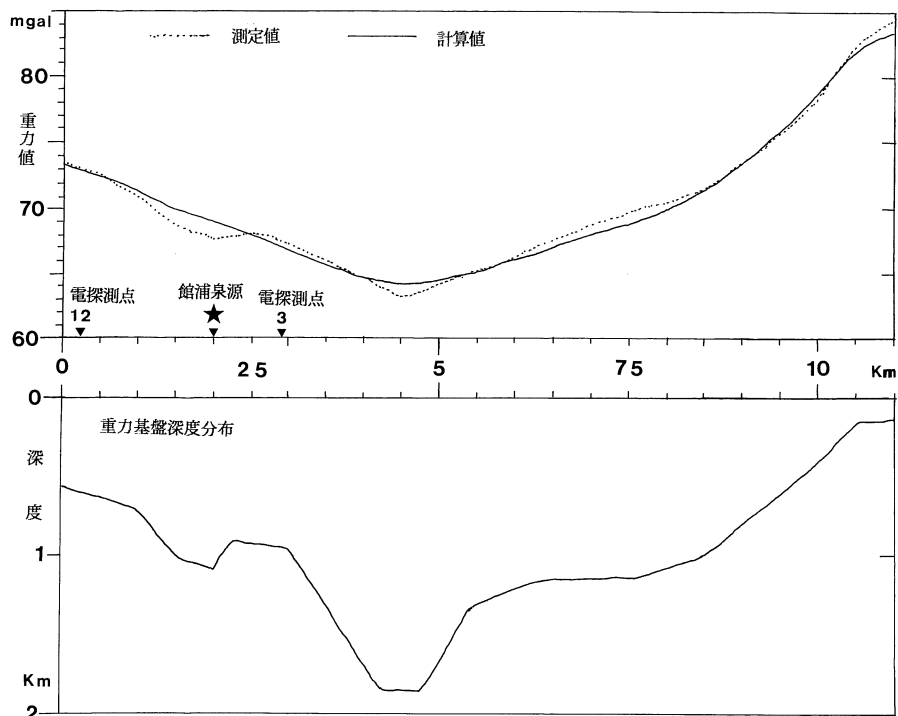
相沼堆積盆南部は、大安在川層堆積以降の海進による泥質堆積物や砂質堆積物などによって覆われている。姫川中流域を中心とした南北約 8 km、東西約 6.5 km の範囲が最も落ち込んだ地帯を形成しており、低重力域としてしめされる。新第三系の最大層厚は約 2.0 km と推定される。

地質調査所 (1981) の重力図 (第 1 図) も加え相沼堆積盆全体をみると、熊石町相沼内川上流域の低重力域と乙部市街東方の低重力域の二つの独立した低重力域が形成されている。二つの低重力域間 (突符川～相沼内川間) には、相対的に高重力域が形成されている。この部分には突符火山岩類および相沼火山岩類の火山噴出物が卓越している。



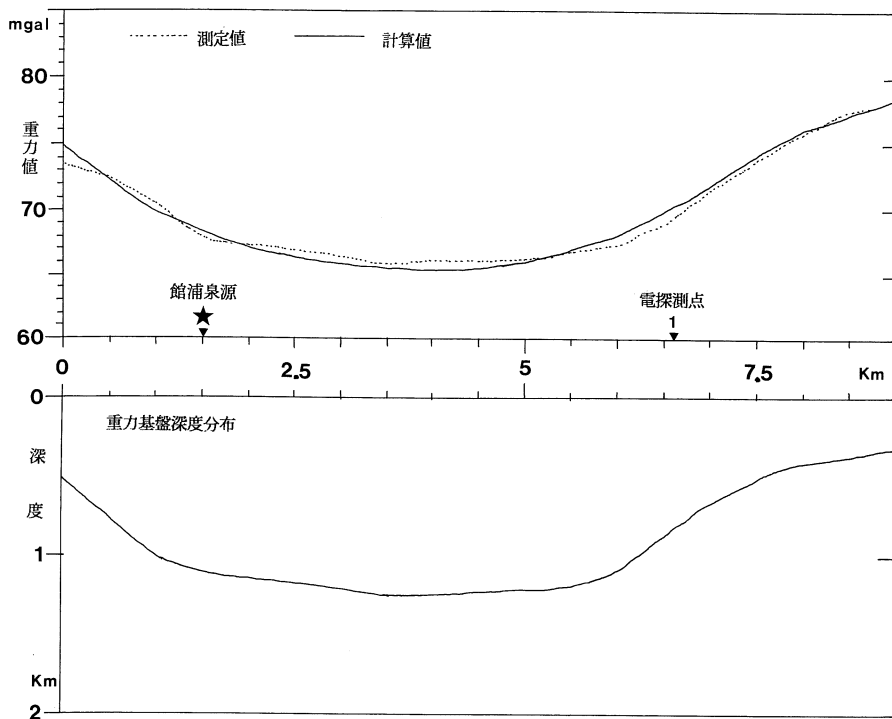


第8図 相沼堆積盆南部のブーゲー異常図  
Fig. 8 Bougure anomaly map of the southern part of Ainuma basin.



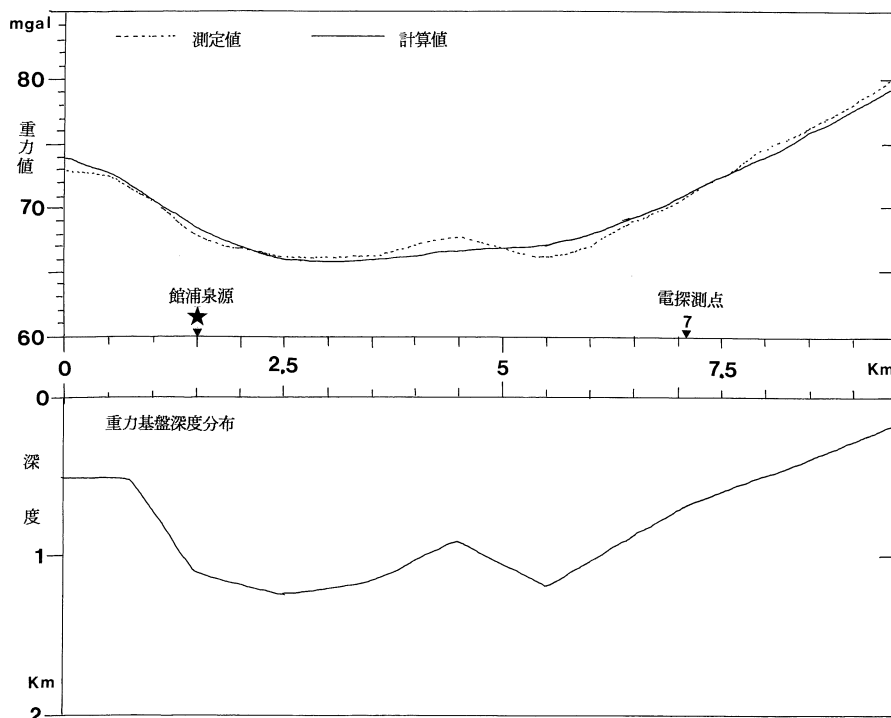
第9-1図 C1断面重力解析結果

Fig. 9-1 Bouguer anomaly and structure model along C1 profile (Fig. 8).



第9-2図 C2断面重力解析結果

Fig. 9-2 Bouguer anomaly and structure model along C2 profile (Fig. 8).



第9—3図 C3断面重力解析結果

Fig. 9—3 Bougure anomaly and structure model along C3 profile (Fig. 8).

乙部町館浦井では深度730 m以深に福山層、1,096 m以深に基盤岩類が分布している。当井を含めた海岸域は、低重力域の西縁部に位置している。一方、低重力域の東縁部（乙部地塊の西縁部）は福山層を欠いて大安在川層に始まる一連の海進堆積物からなる。乙部町館浦井の福山層は、江差地塊の周囲に分布する福山層の北方延長部に相当する可能性がある。

高重力域と低重力域の配置には、基盤岩類の差別的隆起が反映されているものと推定される。第8図のブーゲー異常図から、乙部市街東方の低重力域はNE—SWおよびN—S方向に縁どられた盆状構造をしめしている。このことから、基盤岩類の差別的隆起も同様な方向に規制されていることが示唆される。一般に、基盤岩類の地塊の境界付近では差別的変動が大きく、応力が集中することが知られている（鈴木、1989など）。この意味で、等重力コンターの混んでいる低重力域の縁辺部では、歪みの集中による裂か系の発達に期待されるであろう。

## V 相沼堆積盆南部の熱水系

先に述べたように、相沼堆積盆南部には姫川中流域を中心とする低重力域がみいだされた。この低重力域は、地質的に大安在川層に始まる一連の海進堆積物によって埋められている。低重力域の中心部での新第三系の最大層厚2,000 mと算定されるが、上部に粗粒の岩相をもつ以外は、大部分泥質堆積物からなる。したがって、地層自体の熱水貯留能力は極めて低いと推定される。このため、明瞭な盆状構造を呈するにもかかわらず、地層中に層間水として貯留する熱水（いわゆる“深層熱水資源”）が賦存する条件は整っていない。このことは、五厘沢温泉の東方約0.7 kmでなされたボーリング（深度600 mで江差層を掘さく）で温泉湧出をみていないことが実証している（川森・内田、1974）。にもかかわらず、五厘沢温泉には天然湧出泉（泉温45℃前後）が存在し、乙部市街地（館浦）において温泉開発に成功している。これらの地点には、高温の温泉が湧出する必然的な多条件が成立していることをしめしている。以下、熱水系成立の条件について検討する。

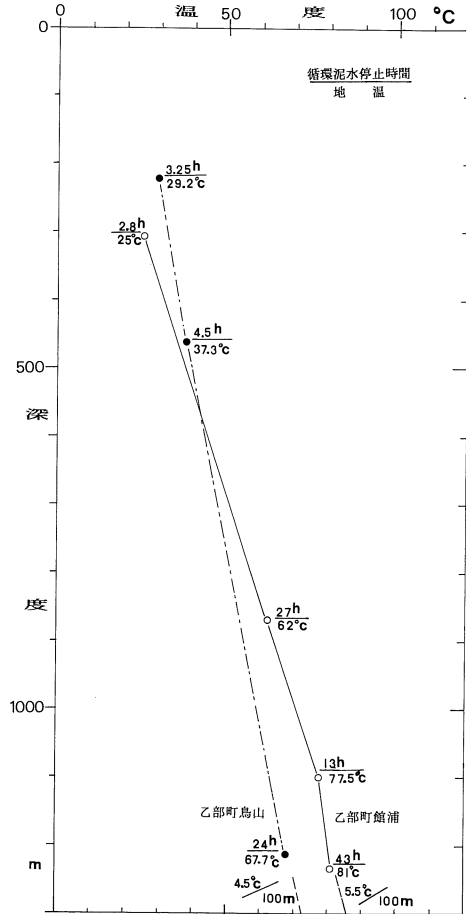
V-1) 熱源について

相沼堆積盆南部では、五厘沢温泉が館層を貫く流紋岩岩脈(深部からの熱水上昇通路を形成)から湧出している。流紋岩の貫入時期は中新世末と想定される。したがって、当温泉の熱源を流紋岩に求めるには年代的に無理があろう。また、五厘沢温泉付近で地下浅部まで高温な地帯は極めて限定された狭い範囲とみられる。一般に、当地域のような新第三紀堆積盆においては、火山などの特殊熱源が地下浅部に存在することは考えにくい。乙部町館浦井の孔内温度はほぼ直線的に上昇している(第10図)。このことは、相沼堆積盆南部の地下からの熱移動は、地下深部(基盤岩類)から伝導的に運ばれる熱が主体となっていることを示唆しているといえる。

孔底温度と深度100mの地温を結んで算定される地温勾配は、乙部町館浦井で5.1°C/100m(乙部町, 1981), 五厘沢温泉東方で6.6°C/100m(川森・内田, 1974), 相沼堆積盆の東方に位置する館堆積盆(第1図)の中央部では4.0°C/100m(厚沢部町, 1982)が得られている。五厘沢温泉付近を局部的とすれば、相沼堆積盆南部の地温勾配の目安は、4~5°C/100mとみなして良いであろう。そうすると、特殊熱源が浅く存在しなくても、深度1,000mの地温は55~65°C程度の状態にあるといえる。

V-2) 天水などの循環について

乙部町館浦井の熱水組成は、Na-SO<sub>4</sub>・Clタイプである。Na-SO<sub>4</sub>タイプの熱水は稀であるが、五厘沢温泉の組成も同様である(第11図)。このことから、このタイプが相沼堆積盆南部の一般的な熱水組成であると判断される。これらの熱水の起源につ



第10図 乙部町温泉井の地下温度分布  
Fig. 10 Underground temperatures of thermal wells in the Otobe Town.

第1表 温泉水の熱水組成

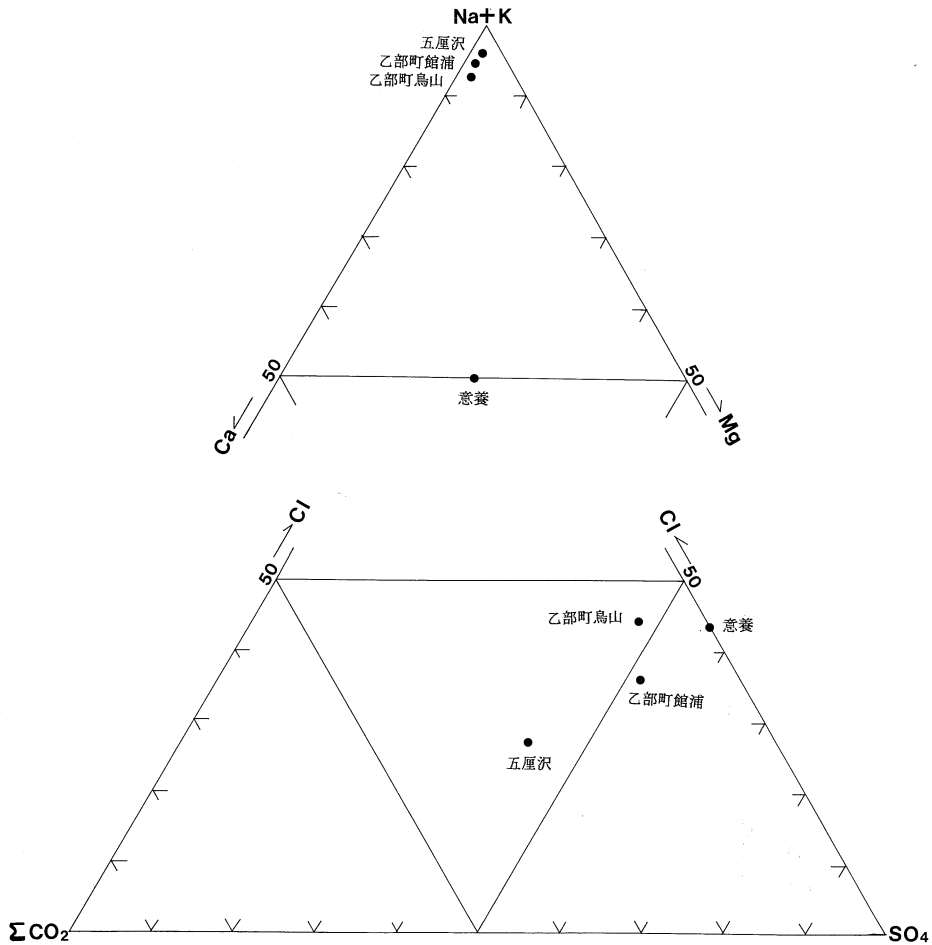
Table. 1 Chemical composition for thermal waters.

| 泉源       | 深度     | 動水位    | 湧出量            | 泉温     | pH  | 全固形物*   | Ca*  | Mg*  | Na*   | K*   | TFe* |
|----------|--------|--------|----------------|--------|-----|---------|------|------|-------|------|------|
| 乙部町館浦井   | 1,244m | +1.80m | 164.4 l/分(自噴)  | 67.1°C | 7.7 | 5,166.0 | 59.1 | 9.8  | 1,668 | 46.3 | 4.16 |
| 乙部町鳥山井   | 1,216  | +0.96  | 230. (自噴)      | 67.8   | 7.5 | 5,215.5 | 81.2 | 22.2 | 1,627 | 29.8 | 2.98 |
| 江差町五厘沢温泉 | 50     | -      | 73.5 (タービンポンプ) | 45.3   | 7.5 | 2,188   | 17.1 | 7.1  | 740   | 17.8 | 0.05 |
| 厚沢部町意養温泉 | 103    | +2.00  | 174.5 (自噴)     | 29.7   | 4.9 | 66      | 3.4  | 2.0  | 7     | 1.3  | 1.35 |

| 泉源       | Cl*     | HCO <sub>3</sub> * | SO <sub>4</sub> * | F*   | HBO <sub>2</sub> * | SiO <sub>2</sub> * | F.CO <sub>2</sub> * | H <sub>2</sub> S* | CO <sub>2</sub> ガス** | CH <sub>4</sub> ガス** | N <sub>2</sub> ガス他** |
|----------|---------|--------------------|-------------------|------|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 乙部町館浦井   | 979.3   | 584.4              | 1,939.0           | 3.46 | 35.8               | 49.0               | 20.2                | 0.11              | 7.37                 | 0.24                 | 92.39                |
| 乙部町鳥山井   | 1,209.0 | 403.8              | 1,761.2           | 1.63 | 46.0               | 44.7               | 18.0                | 0.14              | 7.13                 | 5.21                 | 87.66                |
| 江差町五厘沢温泉 | 319.3   | 629.5              | 688.0             | 3.95 | 22.9               | 55.0               | 41.8                | 0.03              | =                    | =                    | =                    |
| 厚沢部町意養温泉 | 13.0    | 0.0                | 23.6              | 0.06 | 1.9                | 12.3               | 22.0                | 0.00              | 1.08                 | 0.00                 | 86.35                |

\* : mg/l

\*\* : Vol%



第11図 温泉水の主要イオン組成

Fig. 11 Triangular diagram of major cations and anions for thermal waters.

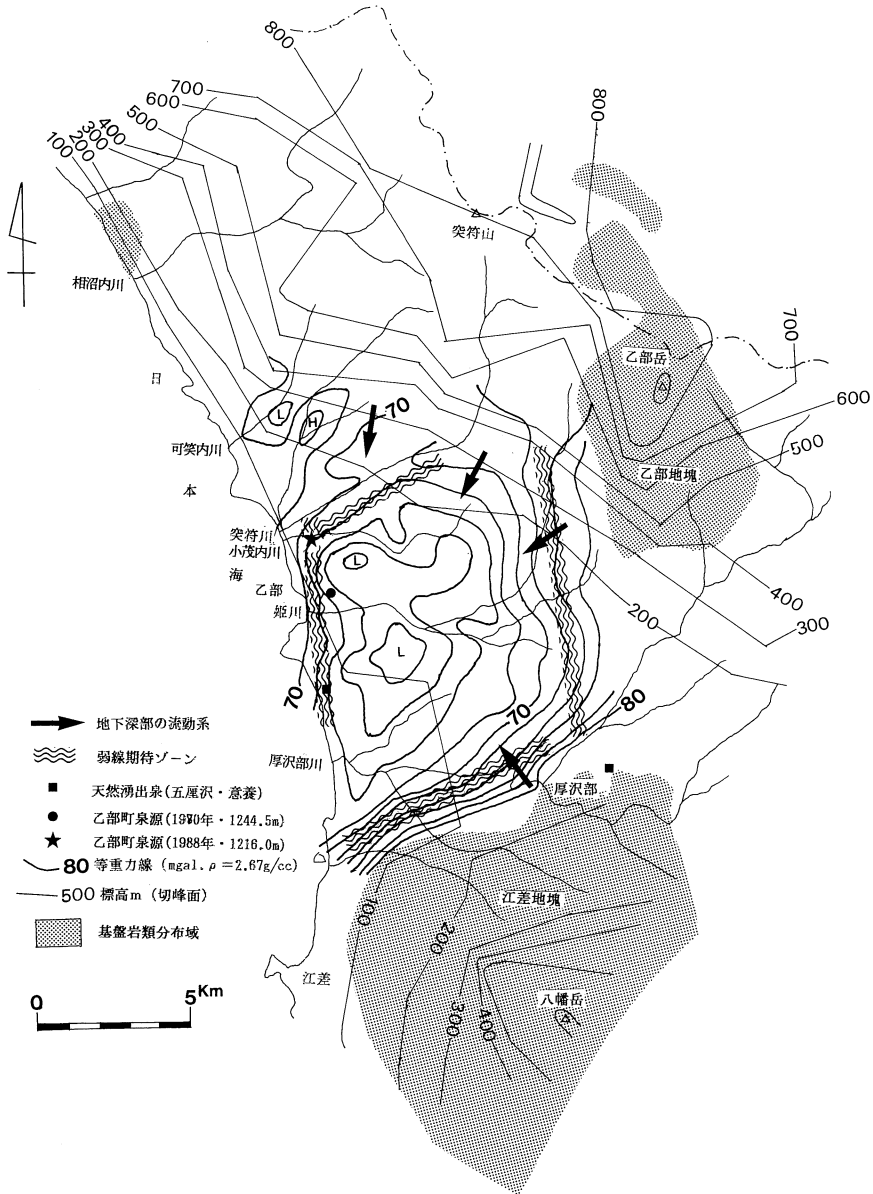
いて断定しえないが、堆積盆内に火山などの特殊熱源が存在しないこと、付随ガスが窒素を主体としていること（第1表）、海水組成と明らかに異なること、道内の多くの温泉の同位体組成の例（松葉谷ほか、1978）などからみて、天水（降水）起源とみて良いであろう。

天水の地下深部における流動については不明な点が多い。特に、当地域のように基盤岩類の上位に厚い泥質堆積物が発達する地域においては、推定の域をでないのが実情である。しかし、乙部町館浦井の熱水は明らかに基盤岩類から湧出している。このことは、基盤岩類に至る天水の流動系が形成されていることにはかならない。

一般に天水の流動は、地形的の高所から低所に向

かって、透水性の極めて低い基盤岩類が浅く分布する地域から深く分布する地域にかけて、すなわち、高重力域から低重力域にかけて流動する傾向をもつと予想される。第12図の切峰面（過去の天水がもつ位置のエネルギー分布）と重力分布から、相沼堆積盆南部では、深部の天水の流動方向は第12図に矢印にしめた方向に卓越すると推定される。基盤岩類分布域からの距離および集水面積を考慮した場合、乙部岳～突符山地帯から乙部市街にかけての北方からの流れが主体であり、江差地塊からの流れは主体となっていないことが予想される。

第13図に、温泉水の塩素（Cl）とホウ素（B）の関係をしめた。乙部町館浦井のB/Clモル比は0.03、五厘沢温泉は0.06、厚沢部町意養温泉（基盤



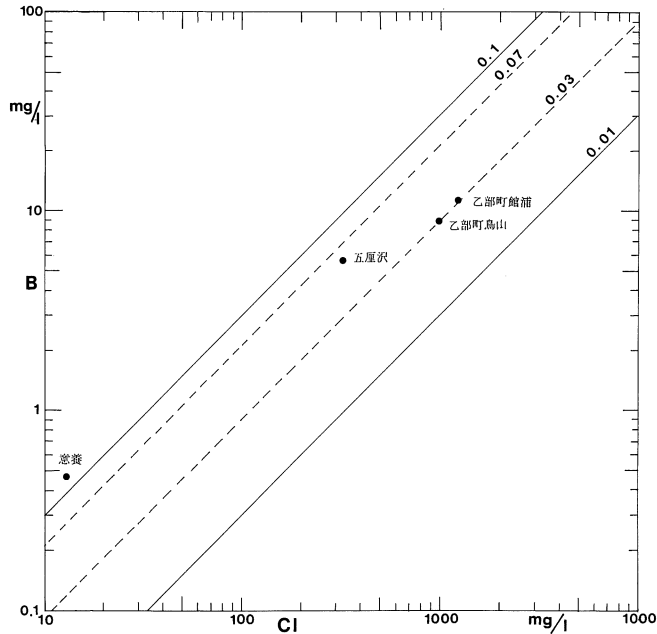
第12図 相沼堆積盆南部の地熱構造  
 Fig. 12 Geothermal structure of the southern part of Ainuma basin.

岩類から湧出, 第1図)は0.11である. Shigeno and Abe (1983)は, 0.03~0.07の範囲の熱水の地熱貯留層は基本的に火山岩類-火山碎屑岩類からなること, 0.07以上の熱水の地熱貯留層は海成の堆積岩類からなることを指摘した. 乙部町館浦井は明らかに先第三系の堆積岩類から湧出しているにもかかわらず, B/Cl モル比は火山岩類-火山碎屑岩

類の値をしめしている. この原因は, 乙部町館浦井への天水の供給が, 主として火山噴出物に富む北方(第2図)からなされていることに関係していると考えられる.

当堆積盆の地質構成からみて, 地下深部の天水の流動は極めてタイムスケールの長いものであろう.

V-3) 高透水性地層および割れ目網について



第13図 Cl 濃度と B 濃度の関係

Fig. 13 Relationship between Cl and B concentration for thermal waters.

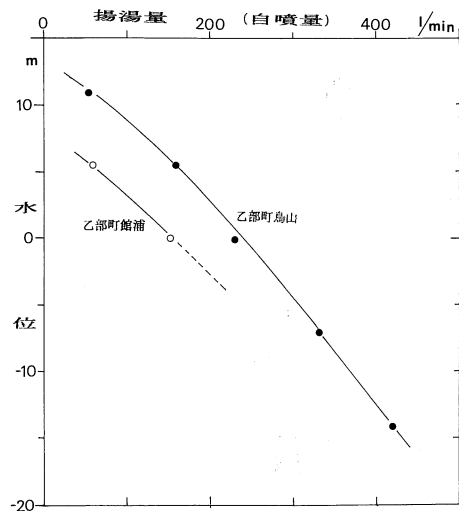
基盤岩類と泥質堆積物に富む新第三系からなる相沼堆積盆南部の地質構成からみて、透水性の高い地層は館層上部および鶉層以外に期待されない。先にも述べたが、当地域では多孔質な地層中に層間水として胚胎する熱水は期待しえない。このため、深部熱水の貯留域は割れ目網の発達地帯に限定されるであろう。

相沼堆積盆南部の地質構造は、基盤岩類の差別的な隆起によって形成されていることが推定された。高重力域と低重力域の漸移部は、基盤岩類の隆起量のくいちがい部を示唆し、差別的隆起に起因する応力の集中・歪みの集中による割れ目網の発達が期待される地帯としてあげられる(第12図)。第12図に示した弱線期待ゾーンのうち、乙部地塊と江差地塊に隣接する両ゾーンは、背後に難透水性の基盤岩類をひかえていること、集水面積が狭いことからみて、地下で天水が集積する条件に乏しいことが考えられる。この両ゾーンは、むしろ天水の降下域の役割を果たしているとも考えられる。

以上のことから、相沼堆積盆南部において地下深部に熱水の胚胎が期待されるゾーンは、五厘沢から小茂内川下流にかけてのN-Sゾーンおよび小茂内川と突符川に沿うNE-SWゾーンであり、今後の開発のターゲットとして考慮される地帯となる。

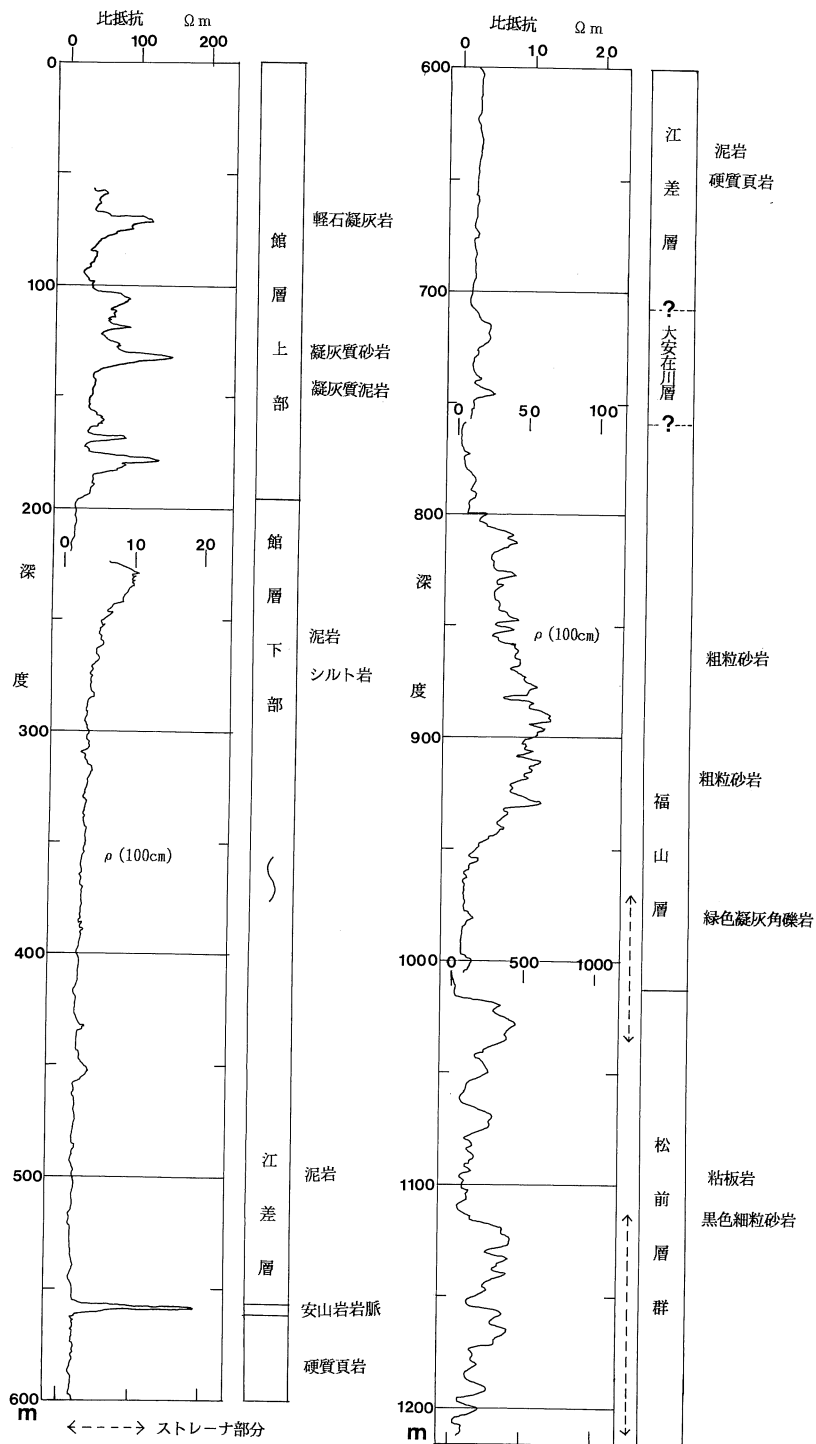
#### V-4) 熱水系のまとめ

最大層厚2.0 kmの新第三系よりなる相沼堆積盆南部は、泥質堆積物に卓越しているため、いわゆる“深層熱水資源”を胚胎する条件に乏しい。当地域の深部熱水は、主として基盤岩類中に胚胎している。



第14図 乙部町温泉井の揚湯試験結果

Fig. 14 Relations of pumping rate and water level on thermal wells.



第15図 乙部町鳥山井のボーリング柱状図  
 Fig. 15 Columnar section of the Toriyama well in the Otobe Town.



このことは、相沼堆積盆南部では基盤岩類に至る大きな天水循環系が形成されていることを示唆する。当地域の地温勾配から、深度1,000 mの地温は55~65°C程度にあるものと推定される。しかし、深部からの熱水開発が期待される地域は極めて限定されているとみてよい。最大の規制要素は、地下における割れ目網の発達条件にある。

相沼堆積盆南部で割れ目網の発達期待される地帯は、低重力域を画するN-SおよびNE-SW方向のゾーンである(第12図)。五厘沢温泉は、このようなゾーン内における深部熱水の再湧出過程をしめしている。流紋岩脈が天然の上昇通路を提供していると推定される。しかし、乙部地塊および江差地塊に隣接するゾーンは、天水降下域の役割をになっている可能性が高いと推定される。

第14図に、乙部町館浦井の揚湯試験結果(乙部町, 1981)をしめした。比湧出量は6.2 l/分/mと算定される。基盤岩類から湧出する温泉としては、極めて高い比湧出量といえる。深部熱水をもたらす天水は、地形や予想される基盤構造から、主として乙部町北方山地から供給されていると推定される。乙部町北方山地は相沼堆積盆南部のなかで火山噴出物に卓越する地域である。泥質堆積物に卓越した地域に比べ、天水降下に有利な条件をもっていることが考えられる。

## VI 乙部町鳥山井の開発

これまで述べてきた考えから、乙部町における新たな温泉開発地点として小茂内川下流域(河口から約1.0 km地点)が選定された。

昭和63年(1988)に深度1,216 mのボーリングにより、泉温67.8°C、230 l/分の自噴をみた(乙部町, 1989)。第15図に孔井の柱状図をしめした。当井は深度1,012 mで基盤岩類(先第三系)に到達した(乙部町, 1989)。深度770 m・878 mおよび1,005 mに総量150~300 l程度の逸泥が、1,197 mで全量逸泥(総量約20 m<sup>3</sup>)に遭遇している。ストレーナは、深度970~1,036 mおよび1,113~1,212 mに設置されている。逸泥状況などからみて、深部熱水は明らかに基盤岩類からもたらされている。

当井の地温勾配(第10図)は約4.5°C/100 mと算定される(乙部町, 1989)。また、揚湯試験結果(第14図)から算定される比湧出量は14.5 l/分/mであり、館浦井を大きくうまわっている。

以上のべた鳥山井のボーリング結果は、相沼堆

積盆南部における熱水系の推定をある程度裏づけたものと考えられる。

## あとがき

1) 相沼堆積盆南部の地下構造や既存ボーリング井から得られた情報を基に、当地域の熱水系について、熱源・天水などの循環および割れ目網の存在の3条件から検討した。その結果、地温勾配は4~5°C/100 mであること、天水は主として乙部町北方山地から供給される条件にあること、地下の割れ目網は低重力域の縁辺部(等重力線の急傾斜部)の基盤岩類中に期待されることが明らかとなった。すなわち、当地域には基盤岩類に至る大きな天水循環系が形成されている可能性が高いことが推定された。

2) 相沼堆積盆南部の熱水系に対する考え方から、深部熱水開発対象地域として、乙部市街を通るN-S方向のゾーンおよび小茂内川に沿うNE-SW方向のゾーンが選定された。昭和63年(1988)の乙部町による小茂内川下流域における温泉開発の成功により、当地域の熱水系に関する考え方がある程度裏づけられた。

3) 地表部に温泉徴候を持たない地域における地下深部の割れ目網を的確に把握する技術は、今後の技術的進歩に負おうところが多い。また、天水の地下流動については推定の域をでないのが実情である。したがって、熱水系に対する今回の結論も必ずしも固定されたものではないかもしれない。しかし、温泉開発の際には、その地域の熱水系に対するイメージをまず構築することが重要であると考えられる。

4) 乙部町における最初の温泉開発は、地表の地質構成からみて、温泉開発に多くを期待することは困難とみられていた中で進められた。しかし、最初の温泉開発から得られた地下情報は、当地域の熱水系の推定をもたらし、次のステップにおける開発に引き継がれた。このように、既存の孔井から得られる情報を活用することが、今後我々に大いに求められるであろう。

## 参考文献

- 厚沢部町(1982): 厚沢部町昭和57年度館地区地熱開発利用施設整備, 温泉ボーリング委託事業報告書(協和試錐土木株式会社). 98 p.

- 地質調査所 (1978): 地熱開発基礎調査報告書, No. 2, 大成・熊石, その I. 91 p.
- (1981): 地熱地域重力線図, 北海道大成・熊石地域等重力線図.
- 北海道開発局長官官房開発調査課 (1989): 北海道開発計画調査, 資源エネルギー開発利用調査, 檜山中部地域. 345 p.
- 北海道立地下資源調査所 (1976): 北海道の地熱・温泉, (A) 西南北海道中南部. 158 p.
- (1983): 北海道の地質と資源 II, 北海道の地熱温泉資源. 54 p.
- (1985): 北海道の地熱・温泉, 1985 年 I 版. 98 p.
- 石田正夫・垣見俊弘・平山次郎・秦 光男 (1975): 館地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅). 52 p. 地質調査所.
- GHOSH, D. P., (1971): The application of linear filter theory to the direct interpretation of geoelectrical resistivity sounding measurement. *Geophys. Prospect.* Vol. 19, p 192—217.
- (1971): Inverse filter coefficient for the computation of apparent resistivity standard curve for a horizontally stratified earth. *Geophys. Prospect.*, Vol. 19. p 769—775.
- 川森博史・内田 豊 (1974): 江差町温泉試すい調査報告書. 13 p. 地下資源調査所 (未公表資料).
- LONGMAN, I. M., (1963): Formulas of computing the tidal accelerations due to the moon and the sun. *Jour, Geophys, Res.* Vol. 46, No. 12, p 2351—2355.
- MARQUARDT, D. W., (1963): An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters. *J. Soc. Indust. Appl. Math.* Vol. 11, p 431—441.
- 松葉谷治・酒井 均・上田 晃・提 真・日下部実・佐々木昭 (1978): 北海道の温泉ならびに火山についての同位体化学的調査報告. 岡山大学温泉研究報告, No. 47, p 55—67.
- 松波武雄・和気 徹・鈴木豊重・横山英二・川森博史・藤本和徳・内田 豊 (1988): 遊楽部岳南部地域の地熱資源. 地下資源調査所調査研究報告, No. 18, 68 p.
- ・嵯峨山積 (1989): 北海道爾志群乙部町の地質. 44 p. 乙部町.
- 松下勝秀・鈴木 守・高橋功二 (1973): 5 万分の 1 地質図幅“濁川”および同説明書. 28 p. 北海道立地下資源調査所.
- 西谷忠師・菊池真市・長崎康彦 (1988): パーソナルコンピュータによる重力の地形補正計算. 秋田大学鉱山学部資源地学研究施設報告, No. 53, p 77—85.
- 小川克郎・金原啓司 (1983): 地熱熱水の流動について—豊肥地熱地域を例として—. *地学雑誌.* Vol. 92, No. 7, p 83—92.
- 乙部町 (1981): 乙部町地熱開発利用施設整備(ボーリング探査)工事報告書. 29 p. (協和試錐土木有限会社).
- (1989): 乙部町地熱利用施設整備工事(ボーリング探査)報告書. 40 p. (ドリリング計測・北開試錐共同企業体).
- TALWANI, I. M., WORZEL, J. L., and LANDISMAN, M., (1959): Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone. *Jour, Geophys, Res.* Vol. 64, No. 1, p 49—59.
- 沢村孝之助・秦 光男 (1981): 相沼地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅). 48 p. 地質調査所.
- 資源エネルギー庁 (1981): 昭和 55 年度広域調査報告書, 久遠地域. 121 p.
- SHIGENO, H., and ABE, K., (1983): B—Cl geochemistry applied to geothermal fluids in Japan, especially as an indicator for deeprooted hydrothermal systems. *Extended Abstracts of 4th Internat. Symp, on Misasa, 1983.* p 437—440.
- 角 靖夫・垣見俊弘・水野篤行 (1970): 5 万分の 1 地質図幅“江差”および同説明書. 53 p. 北海道開発局.
- 鈴木尉元 (1989): 地質構造の形成過程をよむこと. 地質と調査. No. 41, p 21—26.
- 吉井守正・秦 光男・村上正郎・沢村孝之助 (1973): 久遠地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅). 57 p. 地質調査所.

## Hydrothermal system in the southern part of the Ainuma basin, in southwestern Hokkaido

Takeo MATSUNAMI and Masazou TAKAMI

### Abstract

The Ainuma basin, which is situated in southwestern Hokkaido facing the Sea of Japan, is composed of thick Tertiary sedimentary rocks and pyroclastic rocks. In 1980, a thermal well of 1,222.5 m in depth, was drilled in the basin and hot water of 115 l/min in volume (67.1°C) emerged from the Pre-Tertiary sedimentary rocks.

In this paper, we discuss the hydrothermal system in the southern part of the basin.

1) The Tertiary formations are estimated to be about 2,000 meters at maximum thickness, but the formation water in the Tertiary beds is not stored because of the overall domination of permeable-poor beds.

2) The deep hot water is stored in open fractures of the Pre-Tertiary beds which are distributed over the 1,000 m of underground depth.

3) The fracture zones in the underground are inferred to form along a transitional zone between low and high gravity areas.

4) The temperature at 1,000 m of depth is 55~65°C; therefore, the geothermal gradient in the basin is regarded as 4~5°C/100m.

5) The deep water is inferred to be of meteoric origin, and it seems that the regional fluid flows mainly from the northern mountainous district to the seashore of Otake.

On the basis of the above, a new drilling point for exploration of thermal water was selected, which produced hot water of 230 l/min in volume (76.8°C). We emphasize the importance of forming schemes of hydrothermal systems before exploration begins.