

日本列島の熱流量・重力調査について

金沢大学理学部地学教室

河野 芳輝

Heat Flow Densities and Gravity Anomalies over the Japanese Islands

Yoshiteru KONO

Faculty of Science, Kanazawa University

Abstract

Distributions of surface heat flow densities and gravity anomalies over the Japanese Islands are reviewed. Surface heat flow densities are lower over the Pacific Ocean side except Izu Peninsula region. On the other hand, gravity anomalies are higher over the Pacific Ocean side. Both information is useful to explore hot springs and also geothermal energies.

1. はじめに

温泉にせよ石油にせよ、いずれも地下資源である。それを人間が利用するためには、地下についての何等かの知識がないと、当てずっぽうの開発となり、失敗に終わる可能性が高くなる。温泉とは「高温」の「水」である。したがって、温泉の開発とは地下の「熱」に関する知識と、水を蓄えている地下の「構造」に関する知識がなければ失敗に終わるか、多額の開発資金を要することになる。ここで解説する「熱流量」と「重力」は、まさに、この「熱」と「構造」に関する知識を与えてくれる地球物理学的情報である。

2. 熱流量調査法と熱流量分布

熱流量とは地球表面から単位時間、単位面積あたりに流れ出す熱の量の事である。これは、地温勾配と熱伝導率を測定することにより知ることができる。地温勾配は、陸域ではボーリング孔中の温度測定によって、海域では槍状のパイプ中に温度センサーを装着して海底に突き刺して、それぞれ測定する。熱流量は、時には地表熱流量あるいは地殻熱流量とも言われる。各地で熱流量測定データが得られると、計算により地球内部の温度分布と、それらの場所による違いを計算することができる。その時は各地域の岩石の熱伝導率と放射性発熱量のデータも必要である。これらの資料は、地球内部の温度構造を知る上での唯一とでもいべき観測量である。したがって、ボーリングした時に測定される地温分布は、地球内部の熱の研究にとって大変貴重な情報であり、

私たちは常にそのような情報を求めている。

日本列島で熱流量分布がわかると、どの地域が温泉の可能性が高いか、あるいは、どの深さまで掘れば何度の温度になるか等を推定することができる。よく知られているように、ある深さごとに何度温泉が増加するかを示す量は地下増温率あるいは地温勾配といわれている。日本列島の場合、1から5度/100mのものが多い。したがって、1000mも掘れば無理やり温泉を出すことが可能なのである。地温勾配は地域によって非常に異なっている。しかし大きく見ると規則性がある。すなわち、日本海側は太平洋側と比べて地温勾配が大きい。例外は幾つもあるが最も大きい例外は伊豆半島で地温勾配が大きいことである。地温勾配の大きい地域は第四紀の火山の分布と強い関係があるが、それだけで決まっているわけではない。熱流量は地温勾配よりも地下の熱に関するより本質的な物理量であるが、ここでは両者はほぼ1対1の関係、すなわち、熱流量が多いところは地温勾配も大きいと考えておいてよい。

ここで日本列島周辺の熱流量の分布とその測定点を示す(図1)¹⁾。伊豆半島周辺を除く太平洋側での低い熱流量、日本海側と日本海での高い熱流量が特徴的である。図2は中部地方だけを拡大したものである。図1では比較的多くあるように見えた測定点も、意外に少ないことが露呈してしまう。これはボーリング孔温度情報収集が難しいためである。これによると第四紀火山との対応だけでなく幾つかの地域の特徴が現れている。例えば、濃尾平野や琵琶湖の様に厚い堆積物に覆われた地域の熱流量が低いのに対して、能登半島や飛騨山地は意外に高い熱流量を示している。北海道での断面図を図3に示す。

この様に、現在は熱流量測定値は

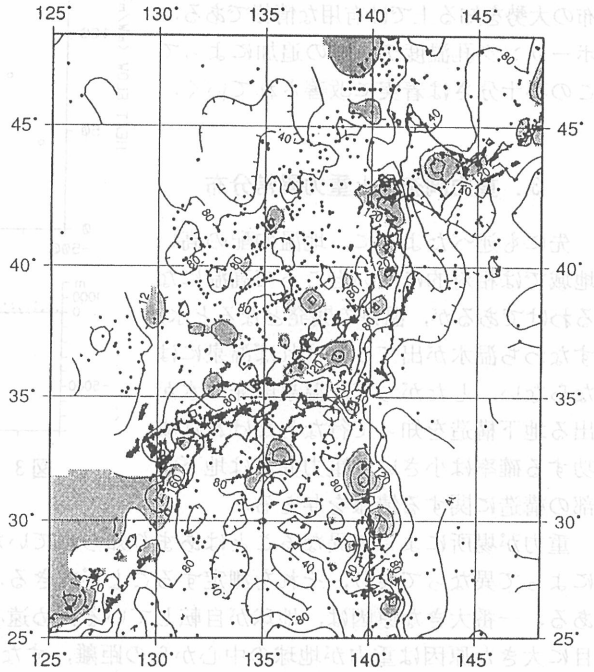


図1 日本列島周辺の熱流量測定点(点)と熱流量分布 120mWm^{-2} ($\sim 3 \times 10^{-6}\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$)以上の範囲にスクリーンをかけてある。

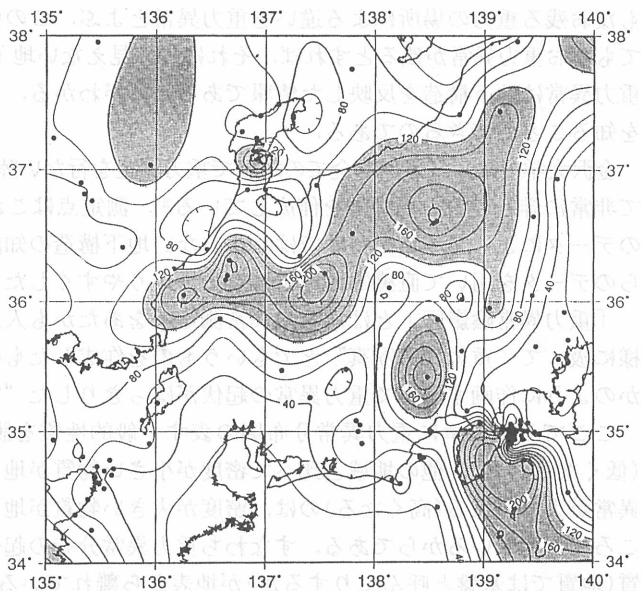


図2 中部日本の熱流量測定点(点)と熱流量分布 120mWm^{-2} ($\sim 3 \times 10^{-6}\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$)以上の範囲にスクリーンをかけてある。

大変数が少なく“実用”的に利用するには不十分であるが、それでも地下温度分布の大勢を知る上では有用な情報である。ボーリング孔温度データの追加によってこの不十分さは着実に改善されていく。

3. 重力調査法と重力異常分布

先にも述べたように、地温勾配の高い地域では相対的に浅いところで高温になるわけであるが、温泉の開発となると水、すなわち温水が出てこなければ温泉にはならない。したがって、温泉開発は水が出る地下構造を知って行なわなければ成功する確率は小さい。重力異常は地下深部の構造に関する情報を与える。

重力が場所によって異なることはあまり知られていないが、事実は非常に微小ではあるが場所によって異なっており、それを測定することができる。重力が場所によって異なる原因は幾つかある。一番大きな原因は、地球が自転しているため遠心力が緯度によって異なる事である。二番目に大きな原因は重力が地球の中心からの距離、すなわち高さによって異なる(高くなれば小さくなる)事である。三番目の原因は、測定点周辺の地形が場所によって異なり、測定値に影響を与えることである。これらは全て、理論的にその影響を見積もり、計算によって取り除くことができる。この三つの原因はいずれも明らかに目で見てもわかる違いである。これらを取り除いてもなお残る重力の場所による違いを重力異常とよぶ。この様に目で見てもわかる違いを取り除いてもなお重力異常が残るとすれば、それは目に見えない地下に原因があることになる。こうして、重力異常は地下構造を反映した情報であることがわかる。この情報を逆に解析すれば、地下構造を知ることができるのである。

金沢大学では、日本列島全ての地域で重力測定を行ない陸域だけでも10万点に近い測定値によって非常に詳しい重力異常図を作成している²⁾。測定点はこれ以後も年々補充されている。これらのデータによって地質図だけではわからない地下構造の知識をうることができる。ここではこれらのデータを用いて直感的に地下構造をわかりやすくした「重力異常陰影図」を紹介する^{3,4)}。

「重力異常陰影図」とは、重力異常測定値をあたかも人工衛星のデジタル映像の画素と同じ様に扱って“重力異常写真”とでもいうものを作成したものである。ある方向から光が当たったかのように作画する事で重力異常の起伏がはっきりした“写真”を作ることができる。

ここでごく簡単に重力異常分布図の表す一般的性質を説明しておく。重力異常が小さくなる(低くなる)のは、他の地域と比べて密度が小さい物質が地下に多くあるからである。逆に、重力異常が大きくなる(高くなる)のは、密度が大きい物質が地下に沢山あるかあるいは地表に近いところまできているからである。すなわち重力異常分布の起伏は、一番簡単にいえば密度の高い物質(地質では基盤と呼んだりするが)が地表から離れている(深い)のか、近い(浅いあるいは露出している)のかを示していると見ることができる。

さて、図4に示した「重力異常陰影図」は中部・関東地方の重力異常分布を“西から光を当てた”イメージで描いたものである。また図5は同じ地域を“北から光を当てた”イメージで描い

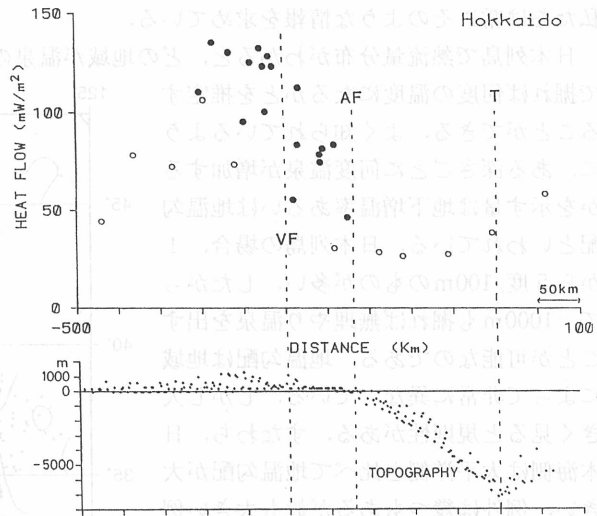


図3 北海道における熱流量分布の断面図

たものである。先に説明した様に眺めて頂けば、この図はこの地域に分布する堆積岩や火山噴出物など地表を覆う低密度の層を剥ぎ取った時現れるであろう“基盤”の起伏を表している事になる。これらの面までの深さは実際にはそれぞれ具体的に岩石の密度を仮定して計算しなければならないが、全体としては地表(基盤が露出)から2ないし5 km までの変化を表していると見てよい。実際、関東平野では3 kmで“基盤”に達している。

ここに示した図は広い範囲を示していて実際の開発には粗すぎるであろうが、目的によって測定を増やすことは容易である。測定点が増えれば地下構造の変化をもっと詳細に知ることができる。この様な重力異常分布図から何処に地下水が溜まる構造があるのか、何処に断層が隠されているのかなどを地質調査やその他の探査と合せて解明していくのに威力を発揮するであろう。

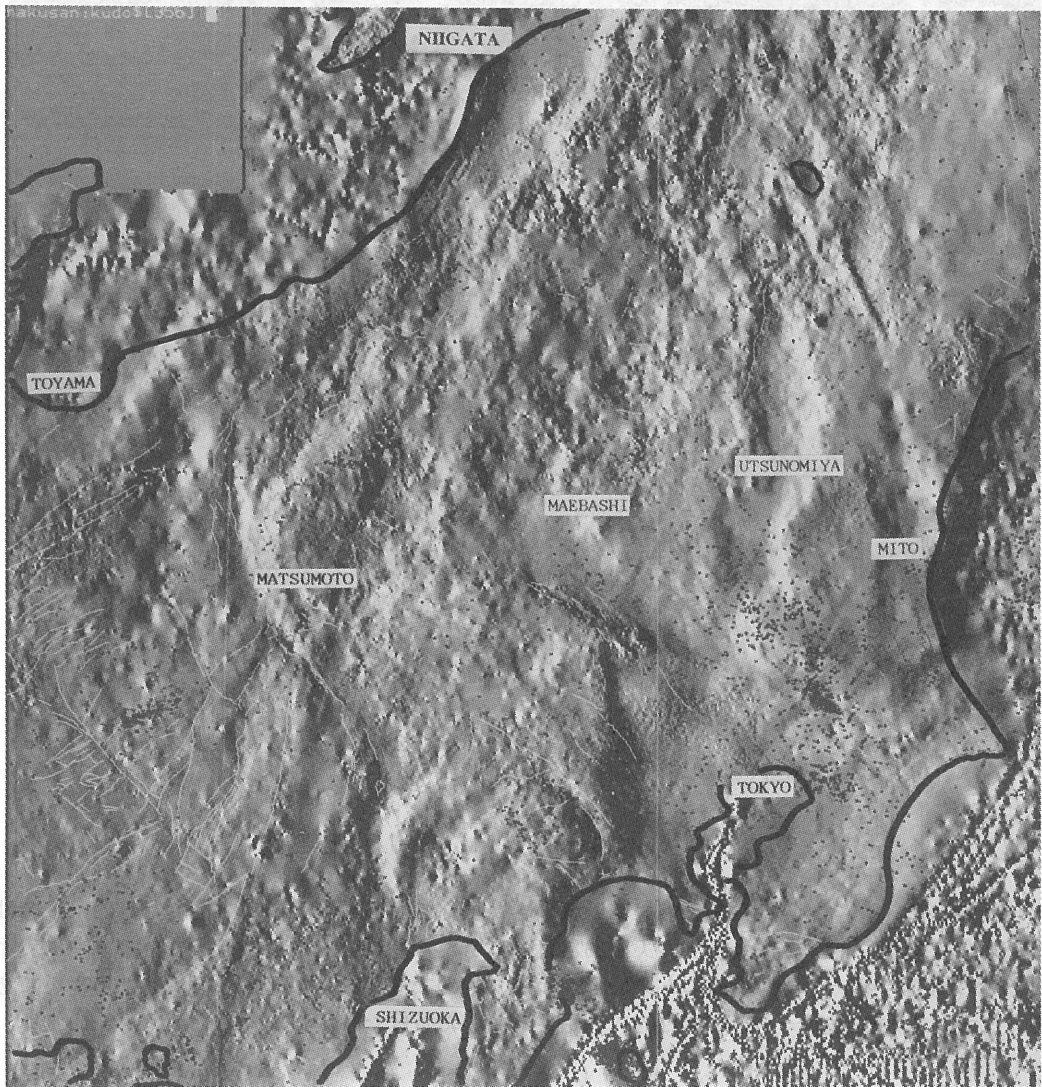


図4 中部・関東地方の重力異常陰影図
 西から光を当てたイメージの図。第一近似として図に現われた重力異常の起伏は基盤の起伏を表していると見ることができる。

(地球) 1991 熱流量調査 (1)

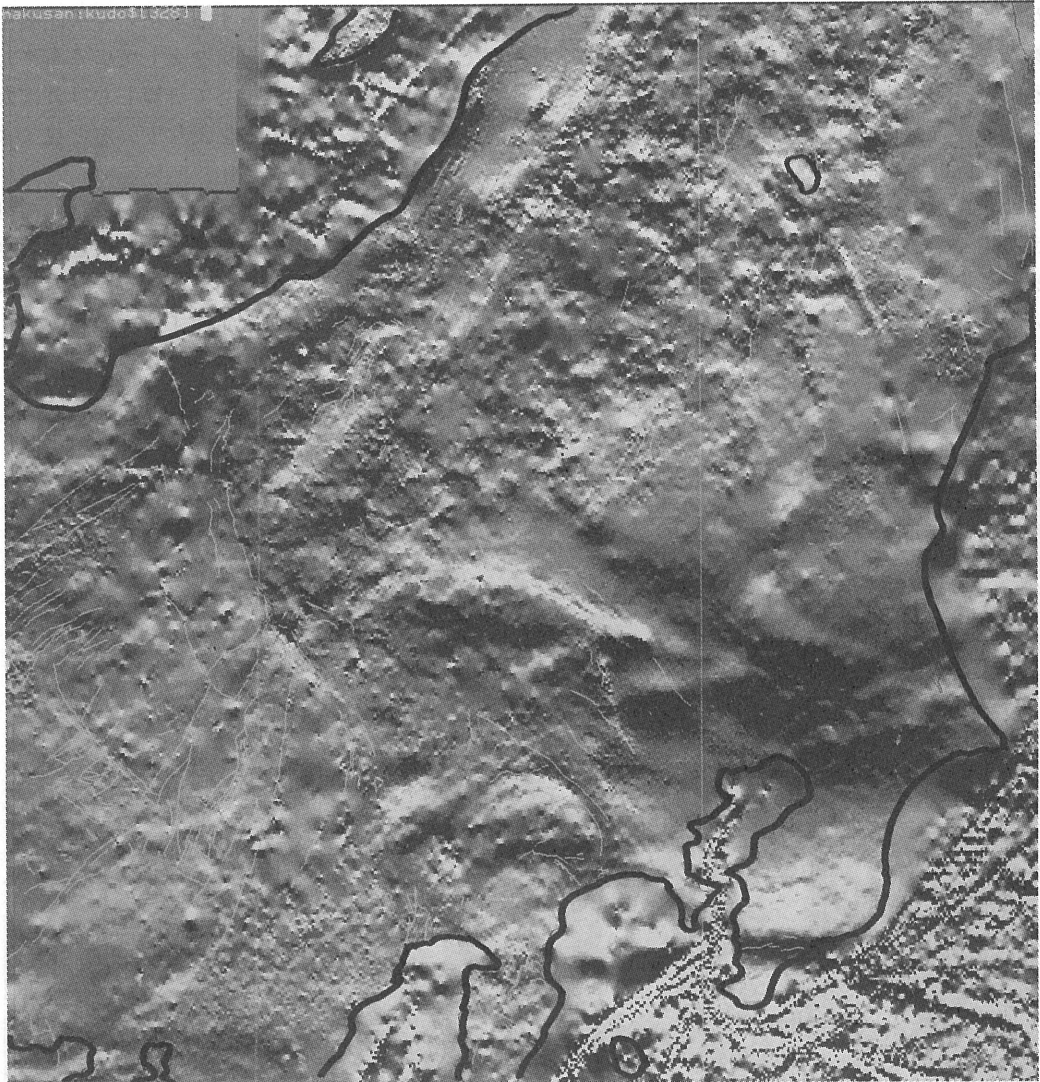


図5 中部・関東地方の重力異常陰影図

北から光を当てたイメージの図。第一近似として図に現れた重力異常の起伏は“基盤”の起伏を表していると見ることができる。

4. おわりに

以上述べたように、熱流量や重力異常のデータが地球深部の解明という学術的な目的だけではなく、温泉探査や地下水探査などの実用的な目的にもかなり役に立つ調査方法であり、逆に実用目的での調査のデータが学術的にも大いに役に立つものであることが理解して頂けたら幸いである。また、温度検層データを学術目的に利用させていただけたら幸いである。

引用文献

- 1) 長尾年恭, 1994 (私信)

