

温泉放熱量に基づく熱異常抽出・特性把握方法に関する検討

阪口圭一¹

Keiichi Sakaguchi (2008) Study on the analytical methods for extraction of heat anomalies and their characterization based on distribution of heat discharge from hot springs. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 59(1/2), p.65 - 69, 6 figs, 1 table.

Abstract: Hot spring heat discharge at the areas of Aomori, Chugoku and Shikoku districts is investigated based on the data including the information of hot spring production depths. The relationships among the temperatures, amounts of hot water/heat discharge and their depths are different at the areas. The amounts of water/heat discharge from hot springs are generally related to formation permeability on the scale of wide area. To have a better understanding of subsurface condition, it is preferable for full specifications of hot springs to be complete regarding temperature, production depths, amount of water discharge, condition and behavior.

Keywords: heat anomaly, heat discharge, hot spring, formation permeability

要 旨

青森地域、中国地域、四国地域を対象として、深度情報を持つ温泉データから、放熱量の情報を活用できるかどうかを検討した。3地域間で、深度に対する温度・湧出量・放熱量の関係において違いが認められ、非常に広域を対象とした地域間比較ではあるが、地域の地下特性を捉える上での情報となり得る。温泉の湧出量と放熱量は、地層の透水性に大きく影響されていると考えられ、深度と湧出量・放熱量の関係は、その地域の地層の透水性を反映している可能性が指摘できた。このような地球科学的特性を検討するためには、温泉の温度・産出（ボーリング）深度・湧出量・産状が揃っていることが望ましい。

1. はじめに

本研究では、温泉放熱量分布計算の手法を利用して、

高温地区の抽出と特性把握を試みるものである。青森地域と近畿・中国・四国地域で予察的な放熱量分布計算を行った。また、温泉産状や温泉ボーリング深度情報等も用いた放熱量値の意味付けを検討した。

2. 深度情報を加味した放熱量値

2.1 使用したデータと対象地域

地域ごとの比較をするためには均質な（地域間で格差の無い）データセットを整備する必要があり、現時点では金原（2005）のデータが最良のものと判断された。これに従い、金原（2005）に収録された温泉データを用いた。対象地域は、青森地域と中国・四国地域とした。

青森地域とした範囲は青森県全域と岩手県・秋田県の北部を含む、北緯40度以北の地域とした。中国地域は山口県を西端とし、東端を東経135度とした。

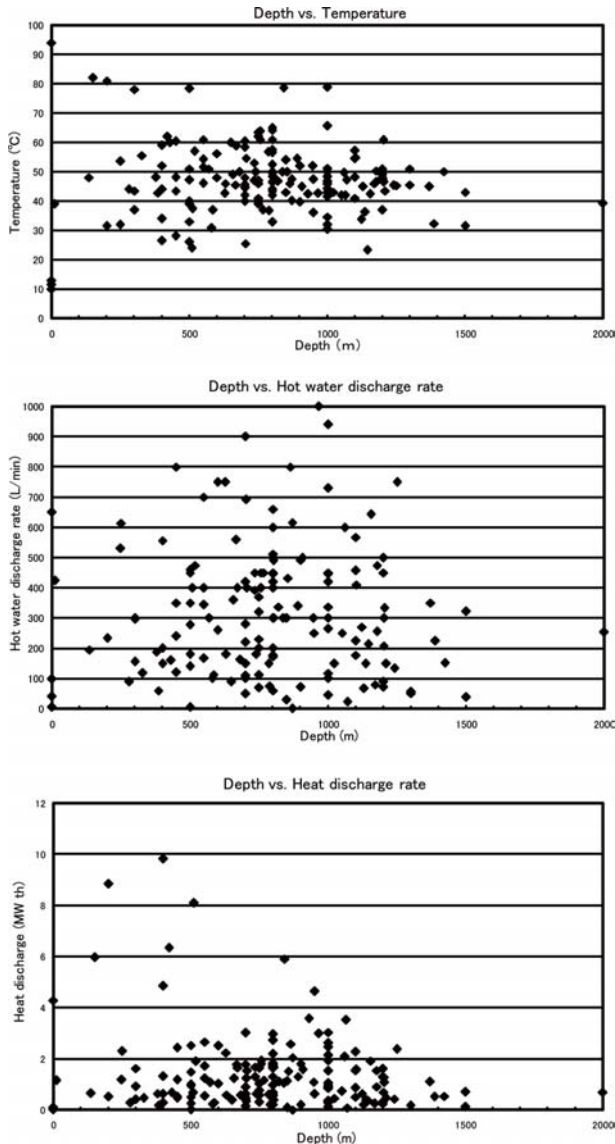
各地域に含まれる温泉データの一覧を第1表に示し

第1表 対象地域の温泉データの比較

Table 1 Numbers of available data on hot springs in studied areas.

	Aomori district	Chugoku district	Shikoku district
Total number of hot springs	356	407	186
Hot springs where temperature data is available	352	405	185
Hot springs where hot water discharge rate data is available	325	345	183
Hot springs where well depth data is available	169	50	65
Hot springs where temperature, hot water discharge rate and well depth data are available	165	49	62

¹地質調査情報センター (AIST, Geological Survey of Japan, Geoinformation Center)



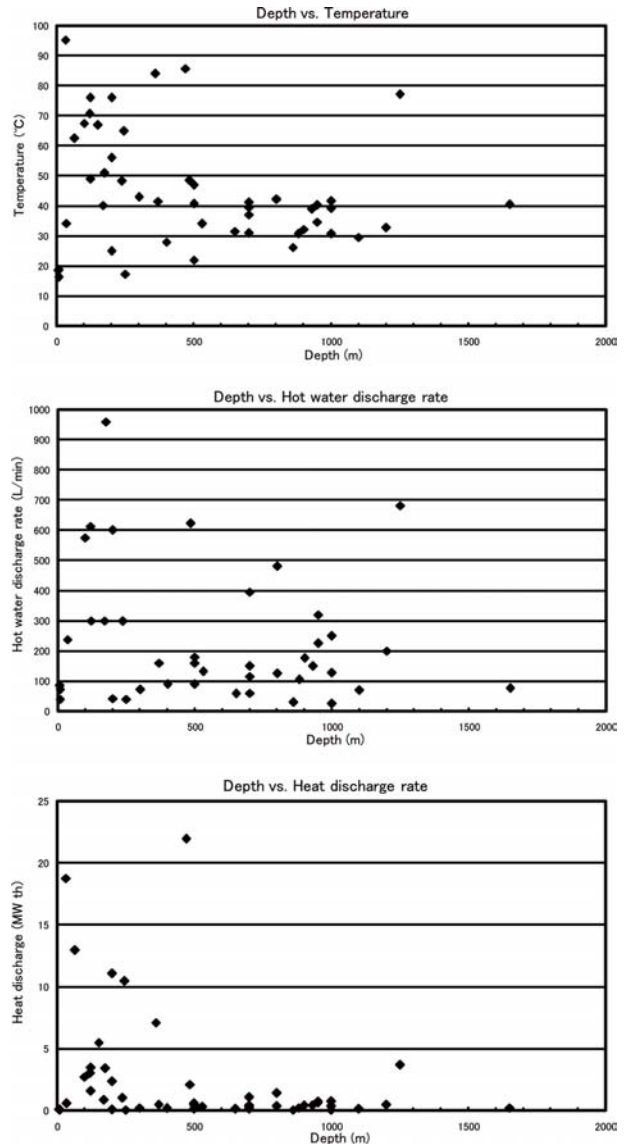
第1図 青森地域の深度 - 温度, 深度 - 湧出量, 深度 - 放熱量の関係。

Fig. 1 Diagrams showing three relationships among depth-temperature, depth-amount of discharged hot water and depth-amount of discharged heat in Aomori district.

た、産出（ボーリング）深度のデータを持つ温泉の数は少なく、各地域の温泉総数に占める割合は12～46 %である。以下の検討では、温度・湧出量・深度の全てのデータが揃っている温泉のみを対象とした。実際の文献調査や概要調査においては個別聞き取り調査なども可能であるので、これ以上の数のデータが集約できるものと期待される。

2.2 深度と温度・湧出量・放熱量との関係

第1～3図に、各地域における、深度-温度, 深度-湧出量, 深度-放熱量の関係をプロットしたグラフを示した。各図の縦スケールは地域によって異なっているの



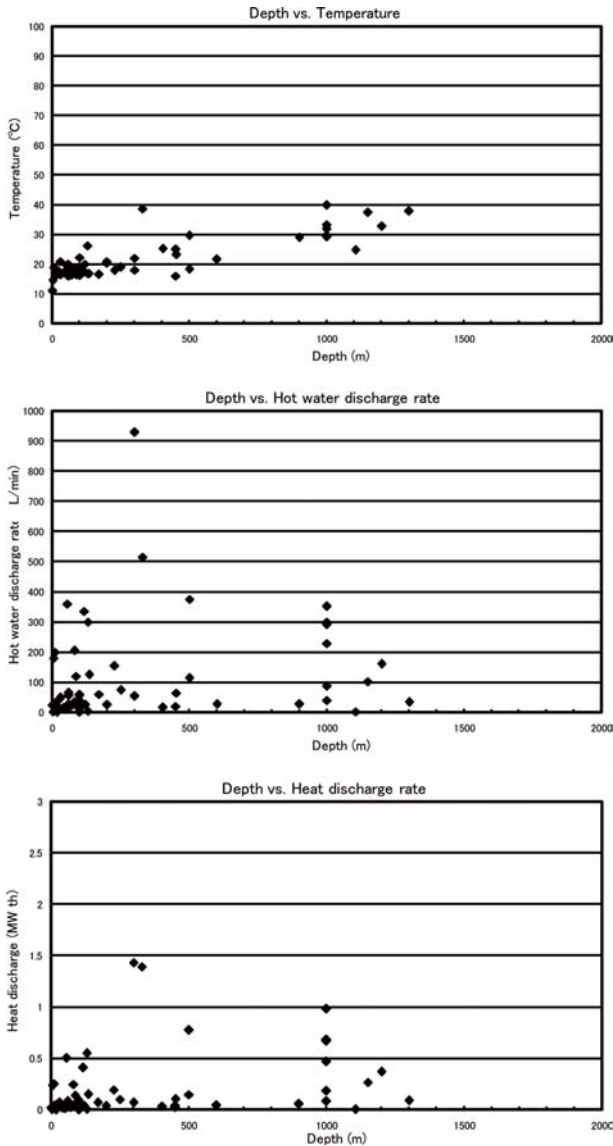
第2図 中国地域の深度 - 温度, 深度 - 湧出量, 深度 - 放熱量の関係。

Fig. 2 Diagrams showing three relationships among depth-temperature, depth-amount of discharged hot water and depth-amount of discharged heat in Chugoku district.

で、比較するときに注意していただきたい。

深度 - 温度の関係について見ると、青森地方では1,000 m 深までは温度値の幅が大きく、特に傾向は認められない。中国地域では、測点数がやや少ない嫌いはあるが、500 m 以深では青森地域に比べて温度の幅が小さいように見える。これに対して四国地域では、温度の幅が狭く、グラフ上で右上がりのトレンドが認められる。

深度 - 湧出量の関係について見ると、青森地域及び中国地域では湧出量値の幅が数L/分から1,000 L/分程度までと大きく、深度に対する変化傾向も認められない。ただし、両地域とも約1,300 m 以深では400 L/分以上の大

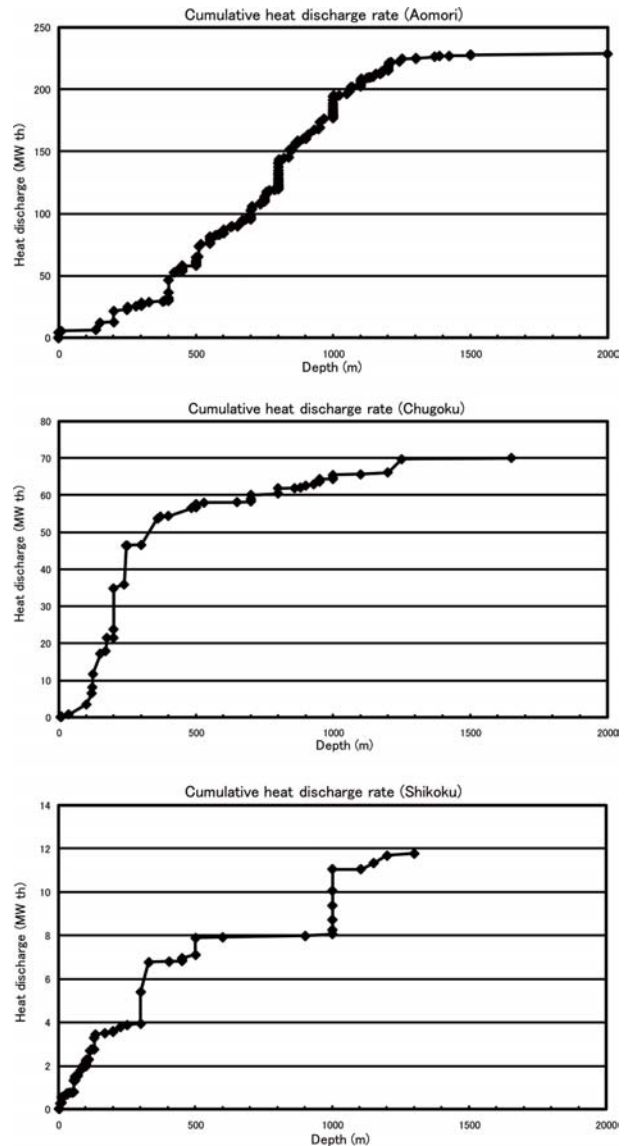


第3図 四国地域の深度 - 温度，深度 - 湧出量，深度 - 放熱量の関係。

Fig. 3 Diagrams showing three relationships among depth-temperature, depth-amount of discharged hot water and depth-amount of discharged heat in Shikoku district.

きな湧出量の温泉は無くなる。四国地域は，深度 - 湧出量の関係においても他の2地域とは違う傾向を持ち，全体に湧出量が少なく，他2地域のように突出した湧出量を持つ温泉は認められない。

深度 - 放熱量の関係は，放熱量が温度と湧出量の積で与えられ，温度の変動幅に比較して湧出量の変動幅が1桁以上大きいので，湧出量に大きく影響されている。特に中国地域で，5箇所の著しく放熱量の高い温泉がある（皆生温泉，湯村温泉，湯田温泉，三朝温泉，羽合温泉）。四国地域では，温度の幅が狭く，増温率もそれほど高くないために，湧出量の深度変化をほぼ反映したものとなっている。



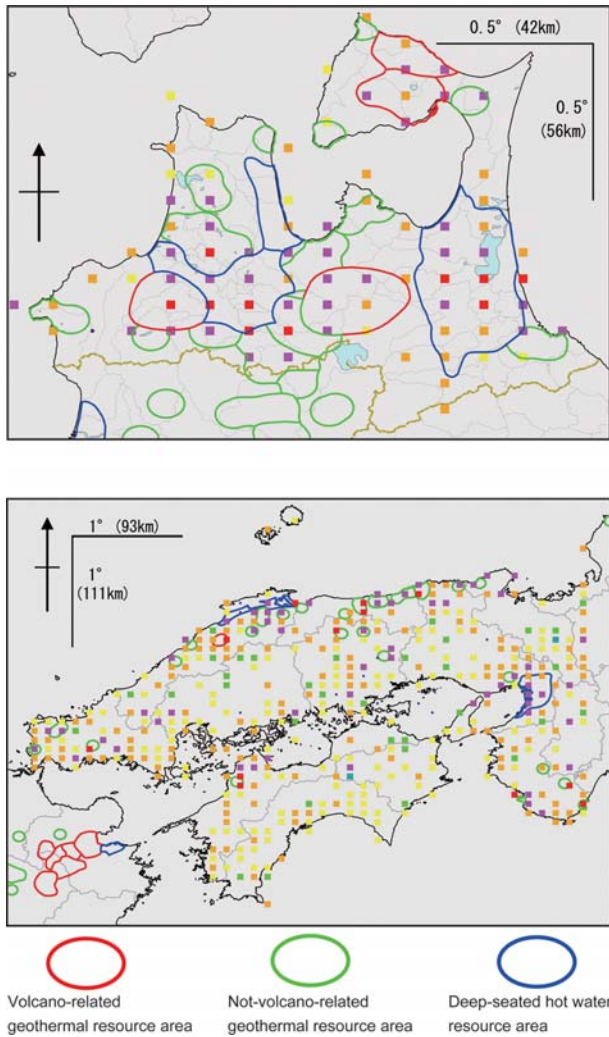
第4図 各地域の深度方向への放熱量の累計。

Fig. 4 Cumulative curves of amounts of heat discharge against well depths in three studied districts.

2.3 深度 - 放熱量関係の地域間比較

放熱量の深度変化に地域間で差があるかを見るために，深度方向に放熱量値を累計したグラフを作成した（第4図）。

青森地域では，約1,300 m 深までほぼ一様の勾配で上昇して行き，それ以深ではほぼ一定となる。中国地域では，前述した5箇所の非常に高い放熱量の温泉を特異点として除外して，深度 - 放熱量累積の関係を求めた。中国地方では，地表から約400 m 深までで全放熱量の3分の2程度の放熱量値が得られた。累積放熱量値の曲線は約400 m 深で勾配が変化し，それ以深では1,400 m 深あたりまでゆるい勾配で上昇している。四国地域

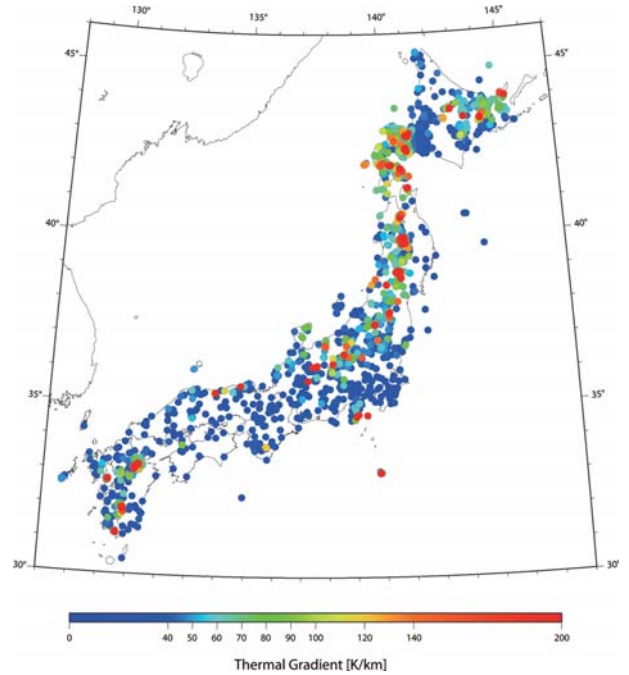


第5図 青森地域と中国・四国地域の温泉放熱量分布と地熱資源図（阪口・高橋，2002）による地熱資源賦存地域。

Fig. 5 Distribution maps showing degrees of heat discharge from hot springs and the geothermal areas (Sakaguchi and Takahashi, 2002) delineated by existing reference in Aomori and Chugoku/Shikoku districts.

では、深度500 m以上の温泉のデータ数が少なく、350 m深付近と1,000 m深で累積放熱量値が階段状に増大しているので、全体の傾向をまとめることは難しい。1,000 m深での放熱量値の急増は、掘削深度500 m以上の温泉総数14のうち掘削深度1,000 mの温泉ボーリングが6件を占めるという人為的な条件によるものである可能性が大きい。また、掘削深度と湧出深度が同一でないこともあるので、1,000 m深での放熱量値の急増については、個別温泉についての情報を得た上で判断すべきである。

2.2節で述べたように、放熱量値には湧出量が大きく影響する。人工的な揚湯であっても、それだけの湧出量を維持しているということは産出深度での地層の透水性を大まかには反映していると考え、第4図の各地域の深度-累積放熱量値のカーブの形は、各地域の深



第6図 日本列島の地温勾配分布（田中ほか，2004）に用いられた測点位置。

Fig. 6 Well locations for geothermal gradient measurement in Japanese Islands (Tanaka *et al.*, 2004).

度方向の透水性分布をある程度反映していると言える。3地域の中では、青森地域が透水性の高い地層が深部まで存在しており、中国地域では300～400 m深までの浅部の透水性が卓越し、四国地域は全深度に渡って透水性が低いと考えられる。

対象とした3地域について、阪口（2004）がまとめた放熱量分布と地熱資源賦存地域の分布を第5図に示す。

青森地域は第四紀火山地域、第三紀のいわゆるグリーンタフ地域、沖積平野などの多様な地質体から構成される。そのため地熱資源の種類も多様で、「第四紀火山に関連した地熱資源賦存地域」、「第四紀火山に関連しない地熱資源賦存地域」、「深層熱水資源賦存地域」のいずれもが存在する。この多様な地質を持つ地域を1つの特性を持った地域として扱うことには問題がある。前述の深度に伴う温度や放熱量の変化も、単一の地質環境での特徴を示しているのではなく、複数の地質環境の特徴が重ね合わさったものである可能性が高い。更に地域をいくつかに分けて区切って検討することが必要である。

中国地域は、青森地域に比較して先第三紀層の分布割合が大きい。新第三紀層は主として日本海沿岸に分布する。地熱資源賦存地域は、「第四紀火山に関連しない地熱資源賦存地域」が日本海側に多く分布するほか中国山地内部に少数分布する。また三瓶山には「第四紀火山に関連した地熱資源賦存地域」が分布する。前述したような、

途中で変曲点を持つような累積放熱量の深度分布をもたらす要因の検討は今後の課題である。

四国地域は付加コンプレックス及び高圧型変成岩類が広く分布し、第四紀の火成活動が起こっていない地域であり、全体に放熱量が低く、地下の温度幅も小さい地域であると評価される。

3. まとめ

3.1 深度情報に関するまとめ

青森地域、中国地域、四国地域を対象として、深度情報を持つ温泉データから、放熱量の情報を活用できるかどうかを検討した。3地域間で、深度に対する温度・湧出量・放熱量の関係において違いが認められ、非常に広域を対象とした地域間比較ではあるが、地域の地下特性を捉える上での情報となり得る。温泉の湧出量と放熱量は、地層の透水性に大きく影響されていると考えられ、深度と湧出量・放熱量の関係は、その地域の地層の透水性を反映している可能性が指摘できた。

3.2 処分地選定調査における本手法の位置づけ

温泉は地温勾配（地殻熱流量）測定が可能な坑井に比べてはるかに広く分布するので（例えば第5図と第6図を比較）、文献調査や概要調査開始時において、広域の（浅層）温度・透水性情報を得て調査地域の地球科学的特性を検討するためには有効である。より良い理解のためには、温泉の温度・産出（ボーリング）深度・湧出量・産状が揃っていることが望ましいが、現在公

表されている温泉データの多くはいずれかが欠けているが、文献調査・概要調査においては追加の調査によって補うことも可能であろう。

謝辞：本研究は、原子力発電環境整備機構（NUMO）の委託研究「熱・熱水の影響評価手法に関する検討」の一環として実施されたものです。ここにNUMOに対して感謝の意を表します。

文 献

- 金原啓司（2005）日本温泉・鉱泉分布図及び一覧（第2版）（CD-ROM版）、数値地質図GT2、産業技術総合研究所 地質調査総合センター。
- 阪口圭一（2004）2.3.1 温泉放熱量に基づく熱異常抽出・特性把握方法に関する検討、NUMO 委託研究報告書「熱・熱水の影響評価手法の検討（その2）」、p.47-59。
- 阪口圭一・高橋正明（2002）東北・九州地熱資源図（CD-ROM版）、数値地質図GT-1、地質調査総合センター。
- 田中明子・矢野雄策・笹田政克（2004）日本列島及びその周辺域の地温勾配データベース、数値地質図DGM P-5、産業技術総合研究所 地質調査総合センター。

（受付：2008年2月1日；受理：2008年2月7日）