

全国のキュリー一点解析結果

大久保 泰 邦*
Yasukuni OKUBO

1. キュリー一点法調査

キュリー一点法調査は 新エネルギー総合開発機構 (NEDO) が実施する全国地熱資源総合調査の一環として 全国の熱分布を求めることを目的に行われたものである。全国地熱資源総合調査の概要については地質 ニュース 330号 NEDO ニュース (Vol.1, No.9; Vol.2, No.18; Vol.3, No.32; Vol.4, No.39) 等で紹介されている。キュリー一点法調査は昭和55年度より九州の空中磁気探査から始められ 昭和58年度に中国・四国の解析作業を最後に完了した。その結果については NEDO ニュース 1984年5月号 (Vol.4, No.40) に紹介されたが ここでは若干の解説を加えて報告する。

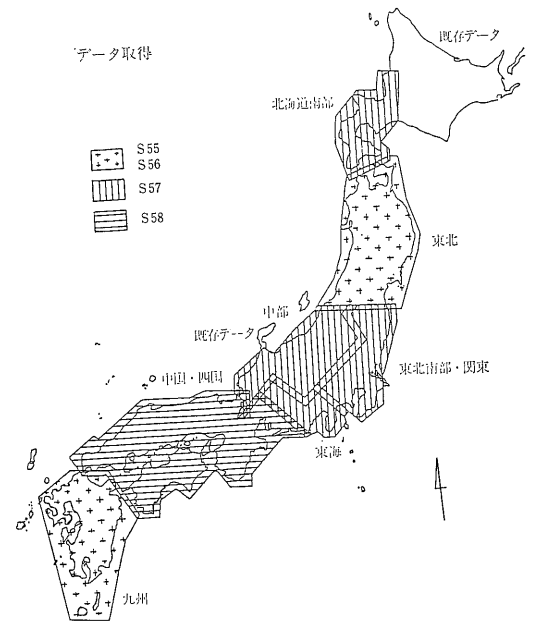
なお 実際の現地作業及び解析作業は米国ジオメトリックス社が行い 調査の内容については全国地熱資源総合調査委員会委員の各位 特に地質調査所津宏治氏並びに小川克郎氏より指導をいただいて行った。

2. データ取得とキュリー一点解析

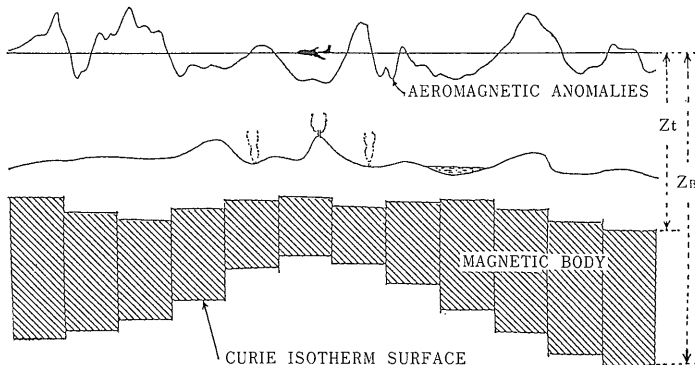
キュリー一点法調査とは 岩石が磁性を失う温度 (キュリー一点温度) に達する深度 (キュリー一点深度) を通常の空中磁気データから求め 地下の広域的な熱構造を把握するものである (第1図参照)。そのためキュリー一点法調査は空中磁気データの取得作業と解析作業の2つに大別さ

れる。

データ取得は全国を7地域に分け 3年半の月日を費して行われた。第2図には各年度ごとのデータ取得範囲を示す。測線間隔は3~4km 飛行高度は4,500ft (約1,372m) で 航空機としては一部の地域を除きセスナ404型双発プロペラ機 (写真1) を用いて行われた。



第2図 各年度ごとの空中磁気データ取得範囲。



第1図 空中磁気データとキュリー等温面との関係を示す模式図。

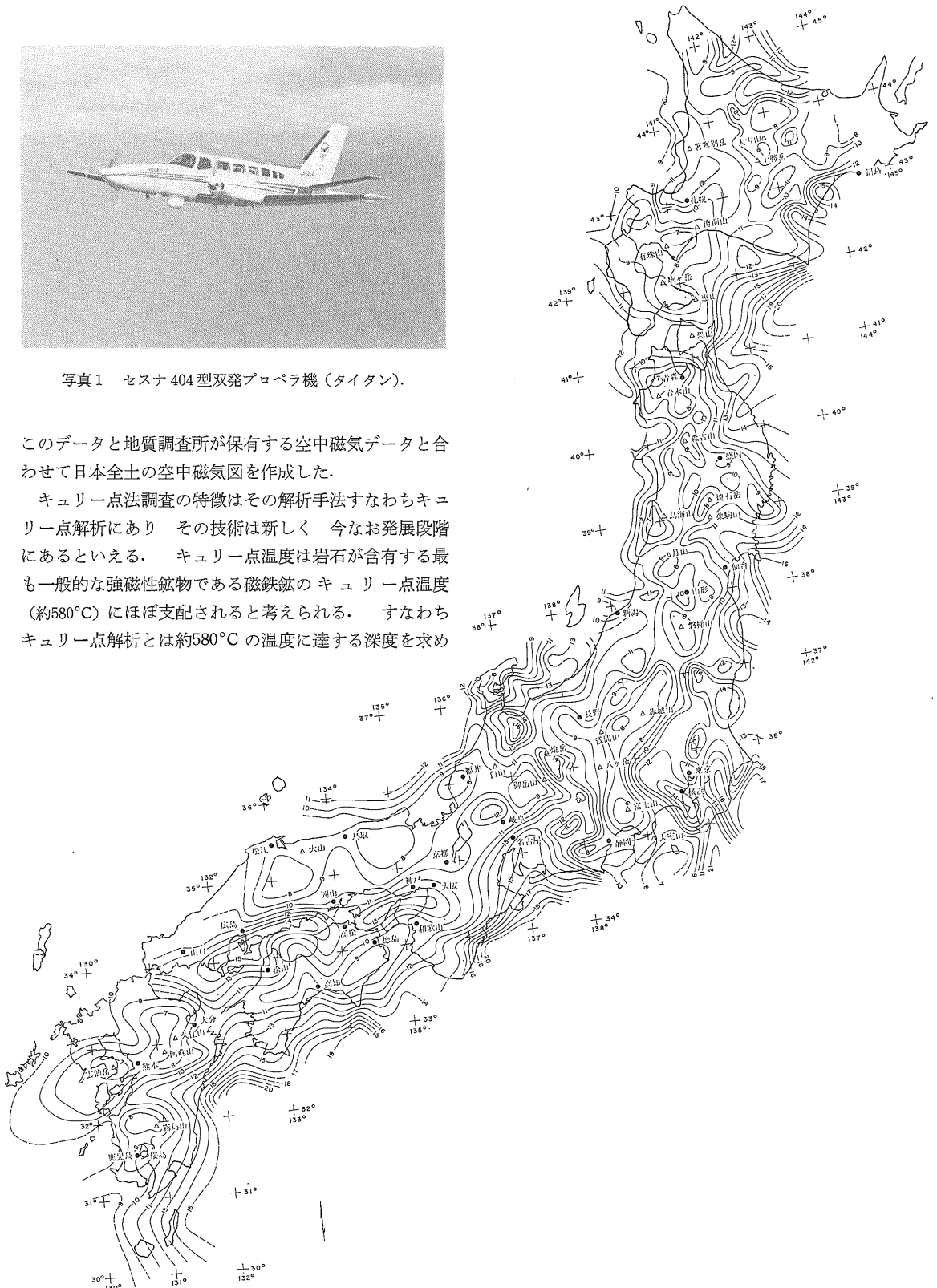
*新エネルギー総合開発機構 (現, 地質調査所)



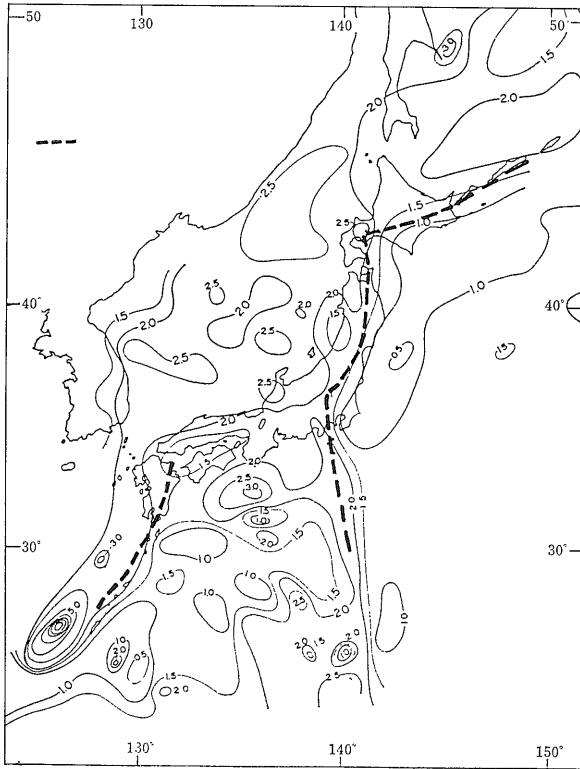
写真1 セスナ 404 型双発プロペラ機 (タイタン)。

このデータと地質調査所が保有する空中磁気データと合わせて日本全土の空中磁気図を作成した。

キュリー点法調査の特徴はその解析手法すなわちキュリー点解析にあり、その技術は新しく、今なお発展段階にあるといえる。キュリー点温度は岩石が含有する最も一般的な強磁性鉱物である磁鉄鉱のキュリー点温度(約580°C)にほぼ支配されると考えられる。すなわちキュリー点解析とは約580°Cの温度に達する深度を求め



第3図 全国のキュリー点等深線図。



第4図 日本および周辺の熱流量 (単位 HFU). (UYEDA 1972 による).

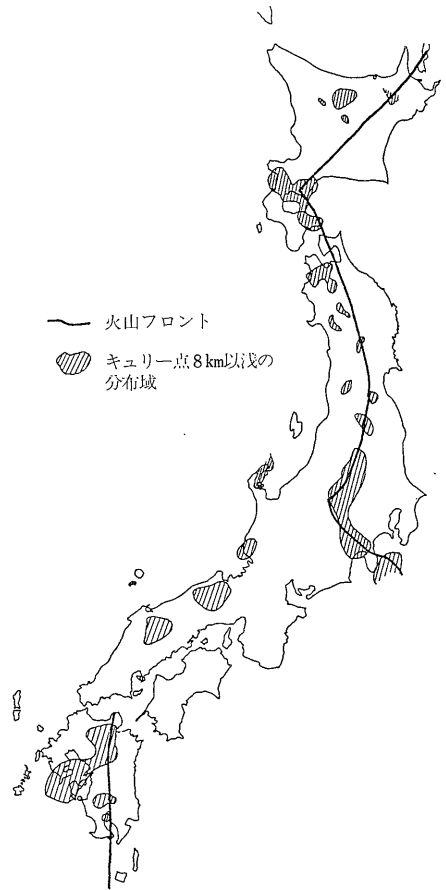
る手法であるといえる。地熱探査を目的とした先駆的なキュリー点解析としては Bhattacharyya and Leu (1975 a) がイエローストーン地熱地帯を対象に行った例が著名で その後 地下の熱構造を調査する地熱探査手法として脚光を浴びるようになった。

キュリー点解析用の手法としては Spetor and Grant (1970) Bhattacharyya and Leu (1975 b) 等が展開した手法が上げられる。NEDO が行ったキュリー点法調査では前記の手法を若干変更して利用した。この詳細については 大久保・津・小川 (1983) が地熱キュリー点解析と題して報告した。

3. キュリー点解析の結果

第3図にキュリー点解析の結果である全国のキュリー点等深線図を示す。霧島等の既存の地熱地帯のほとんどはキュリー点深度が浅く 最も浅い地域で7km 以浅となる。逆に最も深いキュリー点深度は15~16km である。

第4図には日本の熱流量と火山フロントの位置を示した。熱流量の分布と第3図のキュリー点等深線図を比

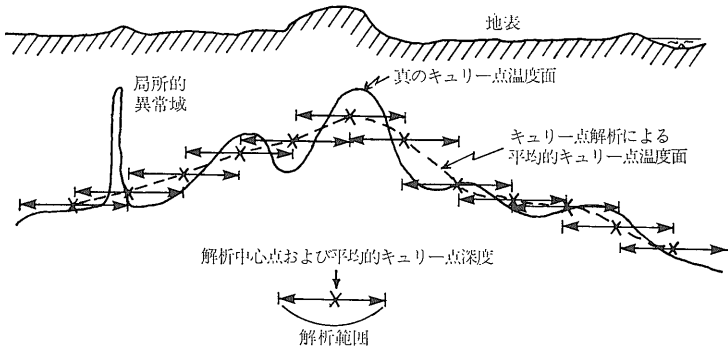


第5図 キュリー点深度8km 以浅の分布域と火山フロント。

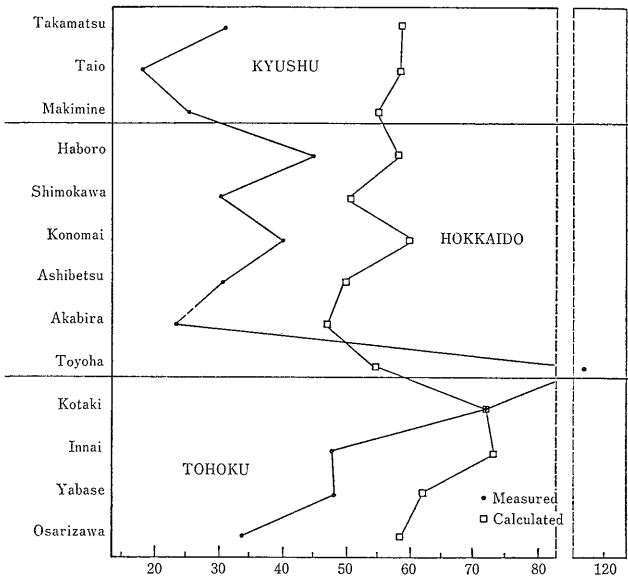
較した場合 後者は前者より波長の短い異常の分布を示している。異常域の分布に着目した場合 瀬戸内海の低熱流量及び 日本海側の熱流量が高く太平洋側の熱流量が低い傾向はキュリー点等深線図にも現われている。第5図はキュリー点等深線図よりキュリー点深度8km 以浅の分布域を抽出したものと火山フロントの位置を図示したものである。この図から火山フロントと浅いキュリー点深度地域とは良く一致することが読みとれる。この様にキュリー点温度面の分布形態を概観した場合 今まで我々が知り得た地質学 あるいは地球物理学データとほぼ整合的であるといえる。

地域的に見た場合いくつかの問題点が上げられる。この事について以下に列記する。

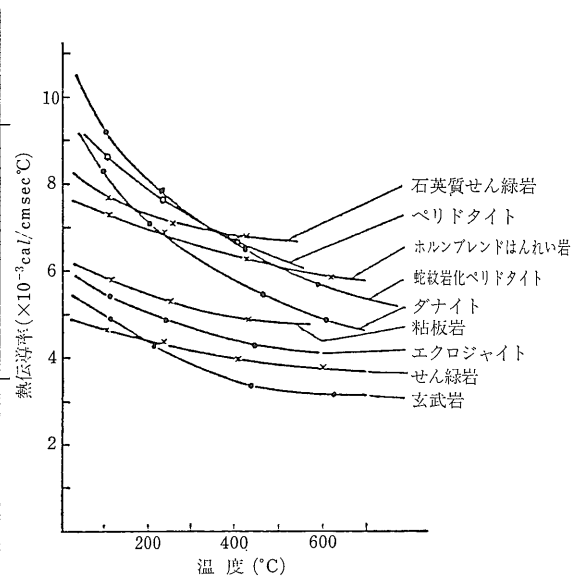
- 1) 下北半島北部や鬼首盆地等のいくつかの地熱有望地帯においてキュリー点深度が深くなる場合がある。本調査で利用したキュリー点解析手法では 広範囲のデータを統計的な考え方で処理し 数十 km 四方の地域の平均的キュリー点深度を求めるものであるため 局所的高



第6図 真のキュリー点温度面とキュリー点解析による平均的キュリー点温度面。



第7図 地温勾配 (単位 °C/km).
 キュリー点深度より算出した地温勾配 (図中の□) は以下の仮定に基づく。
 1. キュリー点温度 580°C
 2. 熱伝導率一定
 3. 熱の移動は伝導のみであり対流による熱の移動はない
 4. 地表の高度は 65km×65km の地域の平均値とした



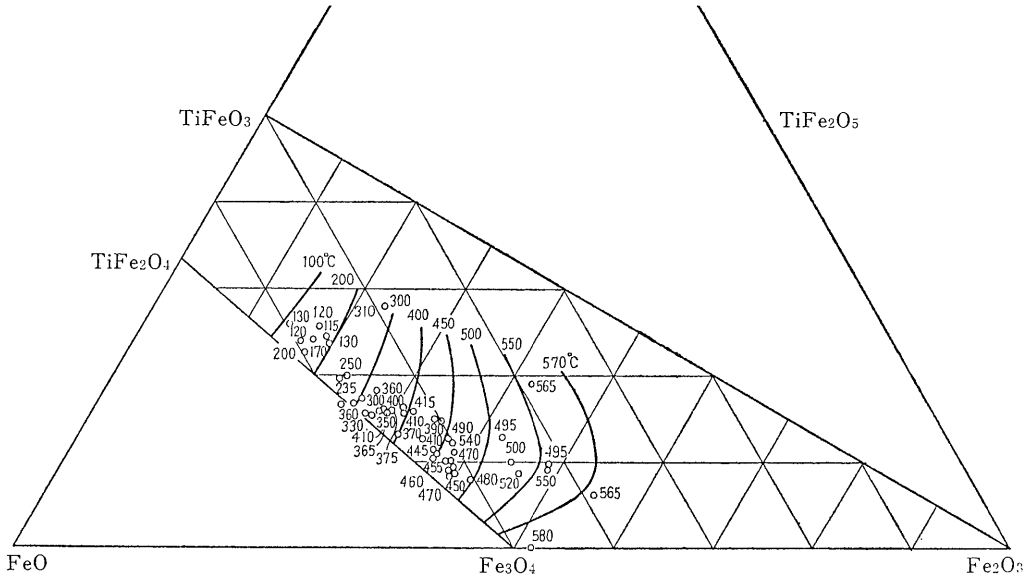
第8図 種々の岩石の熱伝導率の温度変化 (川田による).

温異常域が検出されない現象が起こり得る (第6図参照). 下北半島北部や鬼首盆地はその一例であろう. この問題に対処するためには解析手法そのものを見直す必要があるが キュリー点解析の原理から考えて限界があると思われる.

2) キュリー点解析では深部の岩石磁化率の不連続面を求め これをキュリー点深度と考えるが 磁化率の不連続面は岩相変化によるものも存在するはずである. このため 解析結果はキュリー点深度でなく岩相の不連続面の深度を示すこともあり得る. 例えば 北上山地南東部の大船渡周辺に浅いキュリー点深度分布域があるがこれは地質的構造を反映した一例であると思われる.

この解決策としては磁気データのみからの解析でなく 重力データ等との相関解析によって改善する方法が考えられる. 重・磁力による相関解析については 大久保他 (1983) が物理探査学会昭和 58 年度秋季講演会でその一例を報告した.

キュリー点深度から キュリー点温度を580°C 地表の温度を0°C としてキュリー点深度に達するまでの平均的溫度勾配を計算すると 最も温度勾配の高い所で約 83°C/km 最も低い所で29°C/km 陸域だけに限れば約36°C/km となる. 一方 Uyeda and Horai (1964) の報告によれば 陸域の非火山性地域の実測値に基づく温度勾配は 30~35°C/km の値を示す. 実測値とキュリー点深度からの計算値を比較した場合 実測値の方が低い値を示す傾向がある (第7図参照). この詳細については SEG 第53回 Annal International Meeting で報告した. しかし 実測値の測定深度は数百メートルで浅



第9図 キュリー点温度と火山岩に含まれるチタン磁鉄鉱の化学組成との関係 (NAGATA, 1961による)。

と浅いため表層付近での温度勾配であるといえる。一方 実験データによれば 温度の上昇に伴って岩石の熱伝導率が変化する(第8図)ことから 地下数 km の深部まで温度勾配が一樣であるとは考えにくい。また 磁性鉱物のキュリー点温度はその種類によって大きく変化することが知られており(第9図) 岩石のキュリー点温度も含有する磁性鉱物の種類によって580°Cにならないことが考えられる。そのため実測値とキュリー点深度からの計算値とを比較することは単純な話ではない。现阶段では キュリー点深度に達するようなボーリングデータがないため 解析深度の定量的評価は容易でないといえる。温度勾配の実測値と計算値の間のバイアスについては キュリー点解析あるいは地下温度分布を検討する上での今後の問題として考えたい。

4. む す び

本調査で得られたキュリー点深度の分布図は 全国地熱資源総合調査の最終成果である地熱有望地域図(第10図参照)作成のための広域的な熱源分布のデータとして利用されている。また 日本全土の空中磁気データは地熱地帯の地下構造の解明に利用されている。今後これらの成果が地質学的あるいは地球物理学的な議論に寄与するデータとして広く利用されることを期待する。
謝辞：キュリー点解析結果の公表の許可を新エネルギー総合開発機構からいただいた。ここに関係各位に感謝の意を表したい。

引用文献

Bhattacharyya and Leu (1975 a) Analysis of magnetic anomalies over Yellowstone National Park : Mapping of Curie Point isothermal surface for geothermal reconnaissance. J. of Geophys. Res., Vol. 80, No. 32, p. 4461~4465.

Bhattacharyya and Leu (1975 b) Spectral analysis of gravity and magnetic anomalies due to two-dimensional structures. Geophys., Vol. 40, No. 6, p. 993~1013.

Hansen, Okubo, Y., Graf, Tsu, H. and Ogawa, K. (1983) Nationwide Curie Point depth analysis of Japan. SEG 53rd Annual International Meeting Expanded Abstracts, p. 218~223.

Nogata, T. (1961) Rock magnetism. Maruzen, Tokyo.

大久保泰邦 (1984) 日本の地下温度分布キュリー点等深線図. NEDO ニュース Vol. 4, No. 40.

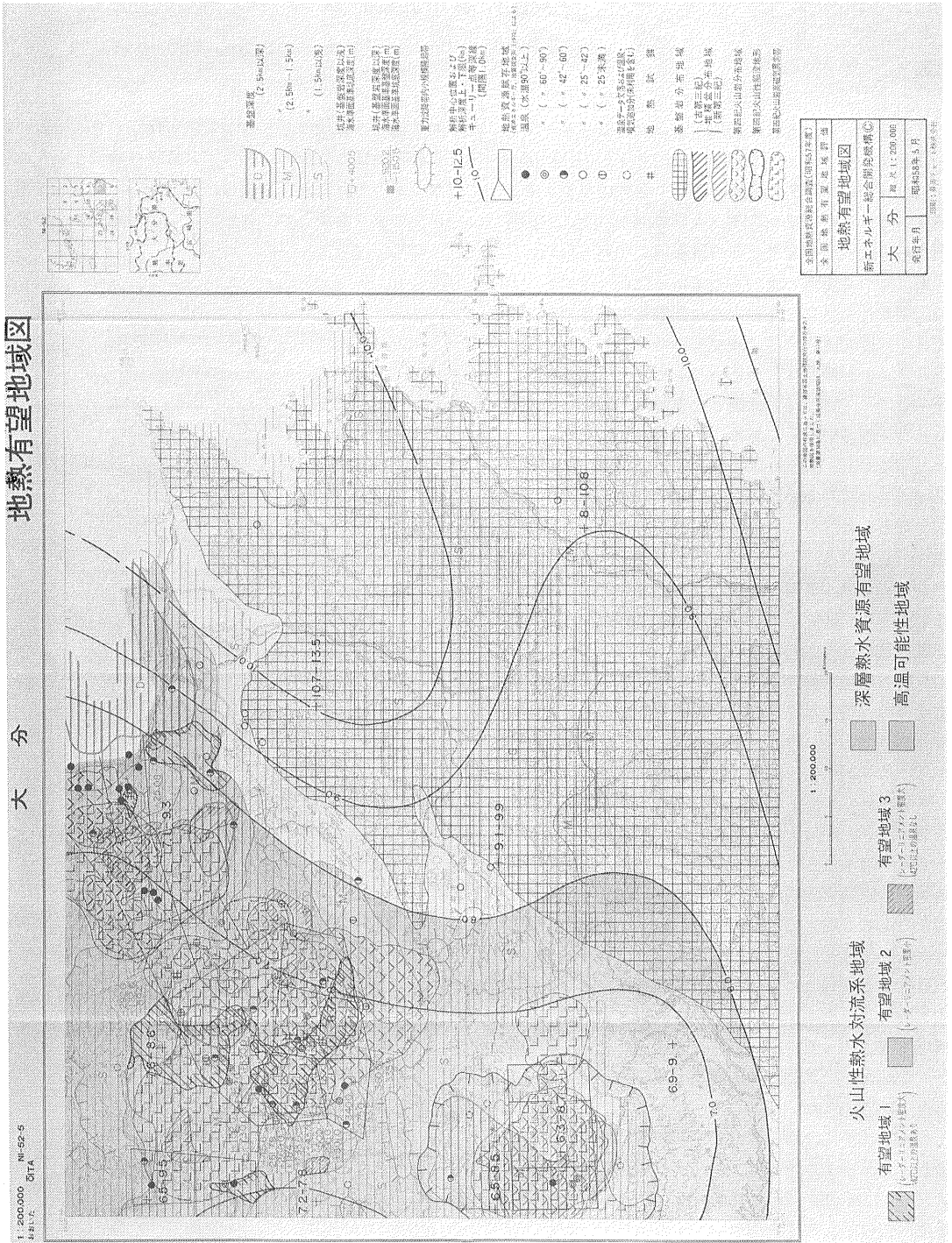
大久保泰邦 高木慎一郎 津宏治 小川克郎 (1983) 東北と北海道におけるキュリー点深度解析結果. 物理探査学会昭和58年秋季講演会予集, p. 34~35.

大久保泰邦 津宏治 小川克郎 (1983) 地熱キュリー点解析. 月刊地球 No. 4, p. 233~238.

Spector and Grant (1970) Statistical models for interpreting aeromagnetic data. Geophys., Vol. 35, No. 2, p. 293~302.

Uyeda, S. and Horai, K. (1964) Terrestrial Heat Flow in Japan. J. of Geophys. Res., Vol. 69, No. 10, p. 2121~2141.

山口靖ほか (1982) 全国地熱資源総合調査. 地質ニュース No. 330, p. 25.



第10図 地熱有望地域図。