# 日本列島における坑井温度プロファイルのコンパイルと一次元熱輸送モデルによる熱流束

# Compilation of borehole temperature profiles and estimation of heat flux using a one-dimensional heat flow model

# 梅田　浩司[1]，梶原　竜哉[2]，内田　洋平[3]
# Koji Umeda[1], Tatsuya Kajiwara[2], Youhei Uchida[3]

[1] サイクル機構・東濃，[2] Ｇｅｏ－Ｅ，[3] 地調・水文地質
[1] TGC,JNC, [2] Geo-E, [3] Hydrogeology, G.S.J.

１．はじめに

近年，日本の多くの地域で地熱開発や石油・金属資源探査等により数 100m 以深の坑井が掘削されているが，これらの深部坑井から得られた温度プロファイルは，地下深部における流体による熱の輸送に関して重要な情報を与える。

著者らは，従来からコンパイルされてきた坑井温度データベース（矢野・村岡，1986），地殻熱流量のデータセット（山野ほか，1997）に加えて，新たに報告されたデータや市町村の温泉ボーリング等による未公表の坑井温度プロファイルを収集し，データベース化を進めている。また，火山・地熱地帯を含む日本列島における大局的な熱輸送の特徴を把握するための基礎データとして，定常一次元熱輸送モデルにより各坑井ごとの熱流束の算定を行った。

２．坑井温度プロファイルのコンパイル

収集した坑井温度データは，位置（緯度・経度），掘削深度，坑井口径，温度回復時間（スタンディングタイム），コア地質記載，コア熱伝導率および温度プロファイル等である。収集したデータのうち，温度プロファイルのみが記載されているものについては，プロファイルをデジタイザで読み取り，デジタルデータを作成した。検層結果が深度別に記載されているものについては，この温度値をそのまま用いた。また，傾斜坑井については，坑井の方位・傾斜から深度を補正した。なお，今回までに，収集したデータの総数は，1039 坑井である。

３．一次元熱輸送モデルによる熱流束

各坑井の熱流束は，Bredehoeft and Papadopulos（1965）による一次元熱輸送モデルによって計算した。このモデルは，地下深部の熱源によって加熱され上昇する流体は，上昇にしたがって冷却するがその冷却された分は熱伝導によって輸送され，伝導による熱流量と流体の流動による熱流量が地表面を含めて各深度で一定に保たれていると仮定している。このモデルに基づく深度Ｚの温度Ｔｚは，

$$Tz = T0 + (TL - T0)[(\exp(\beta z / L) - 1) / (\exp(\beta) - 1)]$$

$$\beta = \rho c v L / K$$

で表される（但し，Ｋは岩石の熱伝導率，ρは水の密度，ｃは水の比熱，ｖは流動速度（下向きを正），Ｔ0 およびＴL はそれぞれ上下境界面の温度，Ｌは解析区間である）。これによって無次元化された温度プロファイルに実測値をフィッティングさせ，残差が最も小さいβ（無次元パラメータ）を決定した上で，上面境界（Ｚ＝0）がすべて熱伝導による熱の輸送となるものとして計算した。なお，水の密度，定圧比熱は蒸気表（日本機械学会，1980）から，コアの熱伝導率が実測されていないものについては，コア測定データ（矢野ほか，1989）等を参考に熱伝導率を設定した。

４．結 果

３.で計算した熱流束の値によると，日本列島における広域的な熱流束分布のパターンは，これまでにコンパイルされている地殻熱流量図（山野ほか，1997）や地温勾配図（矢野ほか，1999）等とほぼ一致する。また，火山・地熱地帯では，流体の流動に伴う熱輸送が卓越しており， 0.5 W/m2 を超える高い熱流束を示す。これらは，非火山・地熱地帯の広域的な伝導による熱流束（地殻熱流量）の 10 倍にも及ぶ。