

掘削孔へのピストンコア貫入時の摩擦発熱から 地層の摩擦係数を推定する試み

○木下正高（東京大学地震研究所），川村喜一郎（山口大学），林為人（海洋研究開発機構）

海洋科学掘削では、浅部泥質堆積層の採取に用いる水圧ピストンコアラー（APC）の先端に温度計（APCT）を取り付け、地層温度が測定されている。IODP 南海トラフ地震発生帯（NanTroSEIZE）掘削では、「ちきゅう」により APCT データが取得された。APCT では、APC が水圧により瞬間的に地層に「突き刺さる」時の温度上昇を含めた温度データが毎秒記録されている。その際に得られた全温度データをコンパイルし、貫入直後の最大温度を抽出したところ、温度上昇は 10K ないしそれ以上に達するが、全体的に深度とともに増大していること、深度ゼロでの温度上昇（切片）がゼロでないように見えることが新たに見出された。

温度上昇の原因は、地層物質とパイプの相対運動による摩擦発熱である。摩擦発熱エネルギー Q は、パイプと地層の間に働くせん断応力 τ と滑り量 D の積に等しい。 D はピストンコアラーは水圧により押し出される長さ（9.5m）で、深度によらず一定である。一方せん断応力 τ は、クーロン則を適用すると、 $\tau = \tau_0 + \mu (S_v - P_p)$ で表される（ τ_0 は粘着力、 μ は地層とパイプの間の動摩擦係数、 S_v はパイプを押し出す地層の圧力、 P_p は間隙水圧）。すなわち、 Q の値は、粘着力に起因する（深度に依存しない）部分と、深度とともに増加する部分に分けられることから、摩擦係数が一定であれば、観測された温度上昇を説明できそうである。

最大温度と Q の関係は、有限要素法（COMSOL）による推定から、互いに比例することが示され、得られた比例係数を利用して、APCT による測定値ごとに摩擦係数を推定した（ S_v として静水圧を仮定し、有効応力を与えた）。また同じサイトで得られたコア試料について、船上で計測されたベーンせん断計測データも選び出し、同様にして摩擦係数を求めた。

その結果、ベーンせん断試験から推定した粘着力・摩擦係数はそれぞれ 20-80kPa、0.05~0.2 に、温度上昇から推定した粘着力は 10-20kPa、摩擦係数は 0.01-0.06 という低い値になった。また、どちらの推定でも、サイト C0012（沈み込む前の四国海盆海丘上）において、付加体斜面における他よりも摩擦係数が有意に大きいことが分かった。半遠洋性地層が卓越することが原因の一つと推定される。

摩擦発熱から推定した摩擦係数が、ベーンせん断からの推定値の数分の一になった理由として、パイプと泥の間に水が浸入したことにより、その間の摩擦が泥の内部摩擦よりも低いこと、あるいは温度上昇を発熱エネルギーに変換する比例係数が実際の APCT での値とは異なること、などが考えられる。いずれにせよ、静水圧を仮定して計算した摩擦係数が、0.06 とか 0.2 とか、表層堆積物の内部摩擦と比べて有意に小さいように見えるのは、測定・推定された値が現場条件と異なるための誤差であろうとも推定される。今後さらに精度を上げる工夫を行いたい。