

座布団型熱流量計による海底熱水活動の潮汐変動モニタリング

Tidal variation of seafloor hydrothermal activity detected by ZABUTON heat flow meter

木下 正高[1], 館川 恵子[2], Chao-Shing Lee,[3], Jean-Claude Sibuet,[4], 松本 剛[5], 横尾 頼子[6], # 浦辺 徹郎[7]

Masataka Kinoshita[1], Keiko Tatekawa[2], Chao-Shing Lee[3], Jean-Claude Sibuet[4], Takeshi Matsumoto[5], Yoriko Yokoo[6], # Tetsuro Urabe[7]

[1] 東海大海洋, [2] 東海大・海洋・海洋科学, [3] National Taiwan Ocean Univ., [4] IFREMER, [5] 海洋センター, [6] 産総研・地調, [7] 東大理系大学院 地球惑星科学

[1] Sch. Mar. Sci. Tech., Tokai Univ., [2] Ocean Sci., Tokai Univ, [3] National Taiwan Ocean Univ., [4] IFREMER, [5] JAMSTEC, [6] AIST, GSJ, [7] Earth and Planetary Science,

Univ. of Tokyo,

基盤岩が露出している場所での熱流量を測定するために、座布団型熱流量計(ZABUTON)が開発された。南部東太平洋海膨軸上、南西部沖縄トラフ、水曜海山カルデラでZABUTONやプローブによる観測が行われた。得られた温度データには約半日周期の温度変動が見られるが、これは潮汐に起因する海底下熱水の移動を反映していると考えられる。南西部沖縄トラフでは、プローブにより海底下30cmで24-27という温度が観測された。ZABUTONの下面温度が約1.5の振幅で変動していることと合わせて簡単な計算を行った結果、海底下30cmで振幅約±8もの大きな変動が半日周期で起きていることが示唆された。

海底熱水系や付加体では、地殻や堆積物中の間隙流体が大きな役割を果たしている。間隙流体の移動は、マグマなどの熱源、すなわち温度にコントロールされる場合と、沈み込みに伴う圧縮にコントロールされる場合がある。

これまでの観測船や潜水船による精力的な観測の結果、熱水活動の時間・空間的な多様性が明らかになりつつある。例えば潮汐による圧力変動や、マグマ活動などによる地震、海底下での熱水の沸騰は、熱水移動の擾乱を支配する直接の原動力として働くと同時に、その流路を規定する地下の透水率分布にも影響を与えるであろうと予想される。その結果、海水域と熱水域の境界(海水熱水フロント)は、供給される海水と放出される熱水のバランスによって微妙に位置を変えていることが期待される。特に潮汐作用により、海水熱水フロント(高温低温境界、あるいは酸化還元境界)がある幅で変動し、いわゆる潮間帯を形成することになる。

水温が潮汐変動している場合には、海底に温度プローブを突き刺して長期観測を行うことにより、正確な熱流量とその時間変化を捉えることが可能である。水深が2000mよりも浅い場所での熱構造を求めるには、このような方法が有効である。同時に、表層堆積物の熱拡散率を求めることもできる。相模湾初島沖の生物コロニーでの観測では、このような観測により、熱流量分布の局所性が明らかになると同時に、 $10^{-7} \sim 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ の熱拡散率が推定された。一方、堆積物がなく基盤岩が露出している場所や、堆積物が固くてプローブが刺さらない場所での熱流量を測定するために、座布団型熱流量計(ZABUTON=Zero-Age Basalt Unit Thermal Observation)が開発された。これは座布団型のウレタンスポンジの上下面に温度センサーを取り付け、海底面に密着させて上下間の温度差を測定することにより、下からの熱流量とその時間変動を観測する装置である。

南部東太平洋海膨の中軸部、南西部沖縄トラフ、伊豆小笠原弧の水曜海山カルデラの熱水地帯で、座布団型熱流量計による数日間の観測が行われた。全てのサイトでZABUTONの上下両センサーで約半日周期の温度変化が観測された。南部東太平洋海膨の中軸部、南西部沖縄トラフでは、下部センサー温度のほうが振幅も大きく、位相も先行していた。このことは、温度変動の原因が海底下にあることを示すものであり、熱水が潮汐に起因する圧力変動に伴って移動している様子を観測したものを考えられる。一方水曜海山カルデラでは、上部センサーの温度の方が大きい変動(スパイク状の温度低下)を示した。ZABUTONの設置場所が熱水活動域から100m程度離れていたこともあり、この変動は海水自体の移動に伴う温度変化と考えられる。海水による温度変動は、別の水温・流速計測により除去することが可能であるから、この結果より海底下の熱水の挙動を明らかにすることができると期待される。

南西部沖縄トラフのSPOT熱水地帯(仮称)では、堆積物中にある小ベント(噴出温度117)から数mのところにてZABUTONを設置した。半日周期の温度変動の振幅は下面の温度センサーでは約1.5、上面では約0.2であった。同地点でのプローブ型熱流量計による観測の結果、海底下約30cmで24-27という温度が観測されたが、その温度プロファイルは直線的であった。このことから、30cm以深での熱水が、潮汐に起因する圧力変動に伴って移動しており、その結果起こる温度変動の影響が、表層堆積物中を熱伝導的に伝わっていると考えられる。簡単な1次元熱伝導モデルによる数値計算を行った結果、観測された温度の振幅を説明するためには、30cm下での温度が±8程度変動していることが必要であることが分かった。プローブ型熱流量計での測定結果から、ZABUTONから水平にわずか1mの範囲内で温度勾配に違いがあることが分かっているが、このことも上記のような熱水の水平移動を支持していると考えられる。

ただし、ZABUTON 内部での温度勾配が大きいために、内部での小規模な対流が発生していると思われ、このために ZABUTON 下面の温度が、下部からの熱流量から予測される値よりも低い。従って、ZABUTON では観測された温度勾配と真の（下からの）熱流量の関係を実験的に決めてやる必要がある。