

## 低周波地震と地震波速度構造から推定された岩手山の深部マグマ活動

Deep magmatic activity beneath Iwate volcano, Japan, as inferred from low-frequency earthquakes and fine S-wave velocity structure

# 中道 治久[1], 浜口 博之[2], 田中 聡[3], 植木 貞人[4], 西村 太志[1]

# Haruhisa Nakamichi[1], Hiroyuki Hamaguchi[2], Satoru Tanaka[3], Sadato Ueki[4], Takeshi Nishimura[5]

[1] 東北大・理・予知センター, [2] 東北大・理・地震噴火予知センター, [3] 東北大・理, [4] 東北大・理・予知観

[1] RCPEVE, Tohoku Univ., [2] Res. Centr. Pred. Earthq. Volc. Erupt., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ., [3] Graduate School of Sci. Tohoku Univ, [4] Research Center for Prediction, Tohoku Univ, [5] RCPEV, Science, Tohoku Univ.

岩手山の深部低周波地震は南山麓と北東山麓の深さ 32-37 km にて発生している。震源は地震波速度の低速度異常域内にある。やや深部低周波地震の震源は山頂直下の深さ 5-12 km にパイプ状に分布し、高速度異常域内にある。また、震源の深さに時間変化が見られる。これらの低周波地震の発震機構解にはダブルカップル成分と CLVD 成分が含まれている。テンサイル・クラックとチャンバー内のマグマ移動による地震発生モデルにて発震機構解の各成分が説明される。深部低周波地震から推定されるマグマ流量は、地殻変動源の体積変化量の 1/10 である。これは、深部から浅部へマグマ輸送の際に地震波を励起しない場合がほとんどであることを示唆する。

### 1. はじめに

岩手山では 1995 年 9 月から深さ 8 km のやや深部低周波地震と微動が発生した。1998 年からは浅部からモホ面付近において地震活動が活発化し、400 個以上の深部低周波地震と 140 個以上のやや深部低周波地震が観測されてきた。講演では、これらの低周波地震の震源及び発生機構と岩手山直下の S 波速度構造の概要を示し、岩手山の深部マグマ活動について述べる。

### 2. 深部低周波地震の震源と発震機構

深部低周波地震は、山頂から約 10 km 南の深さ 32 km, 山頂から約 10 km 北東の深さ 33 km, 約 7 km 北東の深さ 37 km の 3ヶ所に局在した領域で発生している。深部低周波地震の中で、卓越周波数 1 Hz で継続時間 20 秒以上の S コーダ波を持つ地震が全体の 3 分の 1 を占める。P 波と S 波のスペクトル比を用いたモーメントテンソル・インバージョン法を開発し、深部低周波地震に適用した(中道・他, 2000)。その結果、発震機構解には、21-80%のダブルカップル(DC)成分と 18-65%の CLVD 成分が含まれることが分かった。卓越周波数 1 Hz の S コーダ波の卓越した地震では、DC と CLVD に加え、約 30%の体積変化成分が存在する。

### 3. やや深部低周波地震の震源の時間変化と発震機構

やや深部低周波地震の震源は、山頂直下の深さ 5 km から 12 km にかけて直径 1.6km の筒状に分布しており、火道の存在を示唆する。震源の深さは 1998 年 1 月までは 7-9 km に分布していたが、1998 年 4 月～10 月にかけて 6-12 km の範囲に広がった。そして、1999 年 9 月までには 8-12 km と深くなり、その後、2000 年にかけて 6-11 km に浅くなった。この震源の移動は、深さ 5-12 km の火道内でのマグマの上下運動を反映したものであると考えられる。スペクトル比法により推定された発震機構解には、21-97%の DC 成分と 3-72%の CLVD 成分が卓越しており、体積変化成分は 0-7%と非常に小さい。

### 4. 低周波地震と速度構造の比較

低周波地震の発生場の性質を明らかにするために、岩手山の S 波速度構造を推定した(Nakamichi et al., 2000)。山頂直下の深さ 11-20 km と岩手山南側から山頂直下にかけての深さ 17-35 km の範囲内に、各々 10%, 10-20%の低速度異常域が存在することが分かった。また、山頂直下の深さ 5-11 km に 11%の高速度異常域が検出された。深部低周波地震の震源は S 波速度の 10-20%の低速度異常域内にあるのに対し、やや深部低周波地震の震源は高速度異常域内にあることが分かった。S 波速度が 10-20%低下する現象は 3-20%の部分溶融体の存在で説明できることから、深部低周波地震の発生には部分溶融したマグマが深く関与している可能性が高い。一方、やや深部低周波地震は、高速度異常域内にパイプ状に分布していることから、火道内部に発生していると推察される。

### 5. 低周波地震の発生モデル

低周波地震の発生機構を説明するために、テンサイル・クラックとチャンバー内のマグマ移動による地震発生モデルを考える。例えば Chouet (1996) で示されているように球状チャンバーの収縮とクラックの開口が同時に起こることで CLVD が実現できる。しかし、チャンバーが球状でない場合を考慮すると DC や体積変化成分が現れてく

る。したがって、低周波地震の発震機構解に存在する DC・CLVD・体積変化成分はチャンバーからクラック内へのマグマの注入現象で説明可能である。

Aki et al. (1977) のクラックモデルにて 1Hz の S 波コーダを持つ深部低周波地震の解釈を行ったところ、クラック内に注入したマグマの圧力を 0.1-10 MPa と仮定すると、クラックの長さは 160-750 m と推定される。

1998 年 4 月から 8 月に深部低周波地震と浅部地震が急増し、顕著な地殻変動も観測された(中道・他, 1998, 田中・他, 1999)。これらの 3 つの事象がほぼ同時に発生したことはマグマが地殻下部から火山浅部へ上昇してきたことで解釈できる。そこで、Aki and Koyanagi (1981) のソースモデルを用いて、深部低周波地震の振幅と継続時間からマグマ流量を求めたところ、1998 年 2 月～8 月の期間では  $1.3 \cdot 10^6$  立方メートルと推定された。これは、GPS 観測から推定された浅部での同時期の体積変化量(Miura et al., 2000)の約 10 分の 1 である。この相違は地殻深部から火山浅部へマグマが輸送される際に地震波を励起しないマグマの移動が大半を占めることを示唆する。