

陥没カルデラの形成とテクトニクス: 西南日本弧中期中新世カルデラ火山群の例

Collapse caldera and tectonic setting: Implications from middle Miocene ash-flow calderas at southwest Japan arc

三浦 大助 [1]; 和田 穰隆 [2]

Daisuke MIURA[1]; Yutaka WADA[2]

[1] 電力中央研究所; [2] 奈良教育大・地学

[1] CRIEPI; [2] Dept. Earth Sciences, Nara Univ. Education

<http://criepi.denken.or.jp/jp/civil/index.html>

1. カルデラ形成に好ましい条件とは何か

物質科学的研究を視座として、カルデラ火山の噴火プロセスをイメージすると、以下の主要ステージに区分することができる:(a) 上部マントルでマグマが発生し、地殻へ上昇する;(b) 上昇したマグマが地殻内に蓄積し、巨大マグマ溜りを形成する;(c) 溜り上面において、マグマの移動が開始される程度の過剰圧が生じる;(d) 溜りからマグマが再び上昇を始める;(e) 大量のマグマが爆発的かつ一斉に活動・噴出する;(f) 噴出の結果、地表が大きく陥没する(e)と(f)は、カルデラ噴火を他と隔てる最も重要な特徴である。これら(a)~(f)はカルデラ噴火の必要条件であり、カルデラ噴火の準備プロセスとはマグマの「蓄積」である。長期のマグマ蓄積は捕捉しにくいので、リアルタイム観測手法でカルデラ噴火を適切に予測することは難しい。他方、カルデラ噴火の切迫度をランク分けするには、上記(a)~(f)の組合せが生じる場を特定し、状態を把握することが重要と考えられる。この命題、すなわち、噴火のポテンシャル評価ならば、長期の時空間データ解析を得意とする地質学的・物質科学的研究手法が有効であると考えられる。本研究では、カルデラ噴火のポテンシャル評価を考える基礎として、マグマ溜りの形成・カルデラの地下構造について考察し、西南日本中新世カルデラ火山群の例から、カルデラ火山の形成とテクトニクス場との関係を議論した。

2. マグマ溜りの形成

十分な量のマグマが地殻内に蓄積されるには、熱的・体積的散逸を最小にすることが重要である。具体的には、マグマの冷却とマグマ溜りからの移動を抑制することである。巨大なマグマ溜りの形成に適した環境とは、上部マントルから大量のマグマ供給が存在し、他方で、地表への噴出が効果的に抑制される環境である。すなわち、供給マグマの性質が同じならば、一定以上のマグマ供給率(量/時間)が可能な場で、マグマ溜りは熱・体積的拡張を得る。さらに、定常的な造構応力=テクトニック応力と、時間と共に変化する局所応力の相互作用、それらの組合せとして生じる応力蓄積・緩和プロセスが、マグマ溜りからの噴出助長・抑制に大きく影響する。マグマ溜りによる母岩の加熱効果を取り入れた数値モデルでは、テクトニクス場と母岩の応力蓄積・緩和プロセスが、マグマ溜りの進化で大きな役割を持つとされている。

3. 陥没カルデラの地下構造

カルデラ火山の特徴は、大量マグマが一斉かつ爆発的に噴火することである。活動するマグマの体積が一定なら、陥没に要する仕事量を少なくする方が、噴火に関わるエネルギーの消費を抑制できる。陥没したカルデラ床は、マグマ溜り天井地殻の変形様式を示しており、溜りの深さと火道形状の複雑さを決める点で重要である。言い換えるならば、火道の分布・拡大を決めるプロセスとして重要である。初期のモデルでは、マグマ溜り天井部の母岩静岩圧が、噴火による減圧で溜りの内部圧を上回ることにより、陥没=変形を起こすと考えられた。実際には、陥没と火道形成は相互作用として進行し、お互いの正のフィードバックにより規模が拡大すると考えられる。

カルデラ床の変形は、断層変位量分布の累積頻度ダイアグラムを用いて表すことができる。同じサイズのカルデラならば、ダイアグラムの負の傾きが大きい方が、変形に要する仕事量が大きい。ピストン型は中・小規模断層の割合が少ない変形であり、ピースミール型やじょうご型に比べ、カルデラ床形成の仕事量が少ない。したがって、大型のカルデラ形成には、ピストン型が有利である。

4. 西南日本外帯の中期中新世カルデラ火山群

陥没カルデラとテクトニクス場の関係を議論するため、西南日本外帯に分布する中期中新世カルデラ火山群において、平均噴出率・楕円率・ルーフアスペクト比・古応力方位を推定し、以下のような結論を得た。これら陥没構造の島弧横断方向の変化は、圧縮~中間的圧縮応力場の変化と対応していると考えられる。西南日本のカルデラ火山群は、圧縮と引張の中間的性質を示す極めて大きな平均噴出率である。楕円率・規模・ルーフアスペクト比とトレンチ距離の関係では、トレンチ側で楕円率×活動規模が大きく、ピストン型カルデラが適していると考えられる。古応力方位は一部を除き NNE-SSW~NE-SW の最大圧縮応力方位 (σ_{Hmax}) と推定され、古第三紀以降の中央構造線 (MTL) の左横ずれ変位と一致する。また、中新世以降に生じた西南日本火山フロントの背弧側への後退は、マグマ供給率の低下とテクトニック応力の増加によって説明される。